

Part Code
ST1316

DANES
-PICTA
.COM

K

Y

M

C

Grey Scale #13

BL

GR

WH

B

G

R

A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19

Inches

Centimetres

Colour Chart #13

DANES
-PICTA
.COM

Blue

Cyan

Green

Yellow

Red

Magenta

White

3/Color

Black



BIBLIOTEKA „PRZEGLĄDU ARTYLERYJSKIEGO”

№ 10.

MATERIAŁY
WYBUCHOWE I STRZELNICZE
W ŚWIEŁE WSPÓŁCZESNEJ LITERATURY FACHOWEJ

OPRACOWALI

CHRZANOWSKI TADEUSZ

mjr. inż.

BRZozowski TADEUSZ

inż.

WARSZAWA — 1931.

NAKŁADEM „PRZEGLĄDU ARTYLERYJSKIEGO”

Ul. NOWOWIEJSKA 1, Pokój 406.

20.20 (19) 2430 87/1

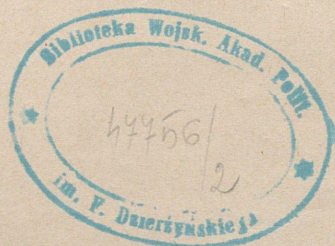
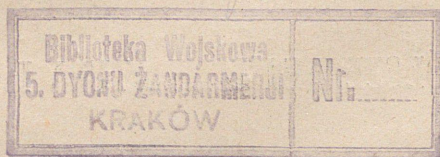


WOJSKA POLSKA

WYDAWNICTWO

320.11

867/12



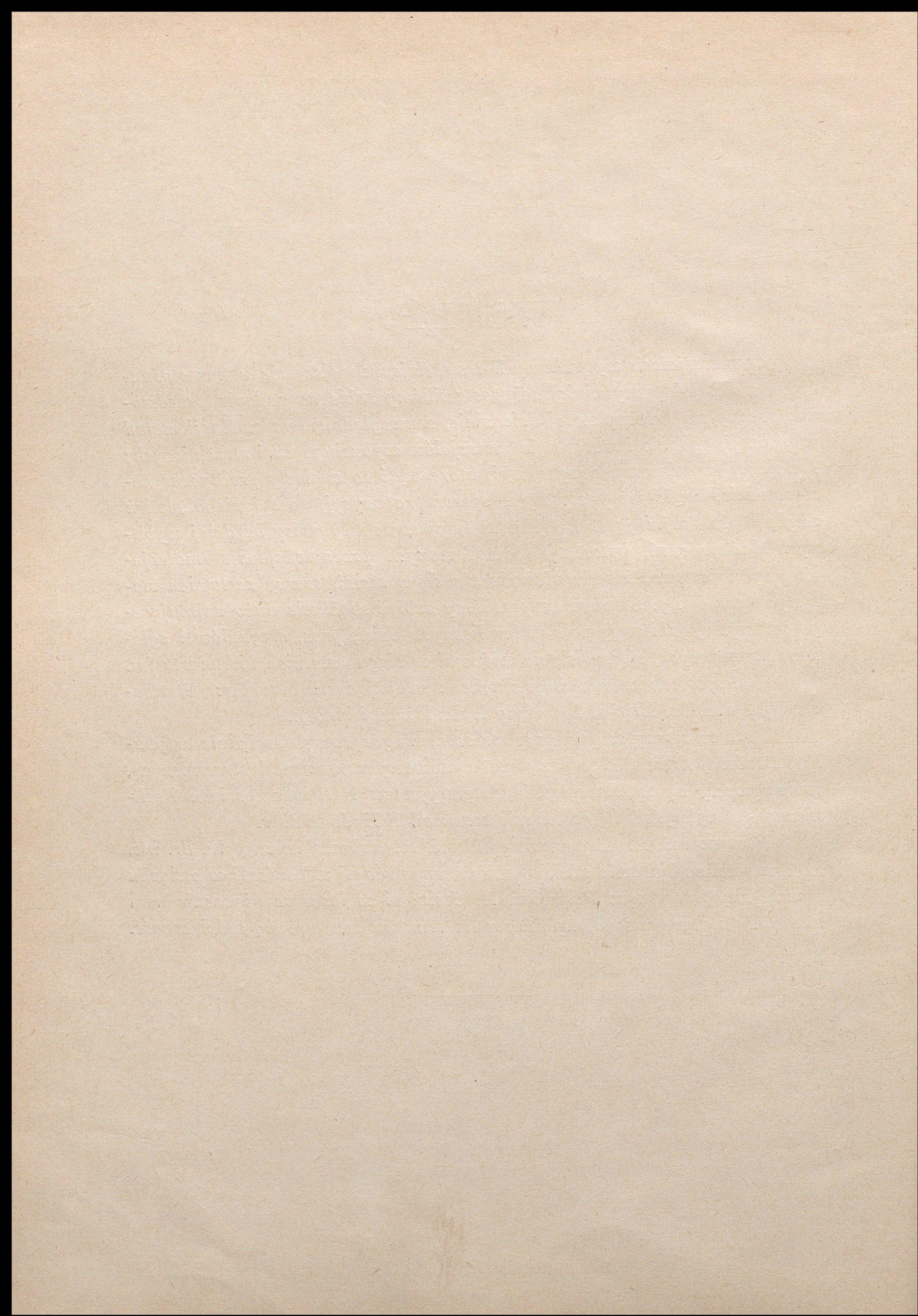
WSTĘP.

O materiałach wybuchowych i strzelniczych pisze się u nas stosunkowo mało. W pracy niniejszej postawiliśmy sobie za zadanie przedstawić obecny stan rzeczy w tej dziedzinie, z uwzględnieniem ewolucji metod fabrykacji, badania i stosowania materiałów wybuchowych i strzelniczych; podajemy również nowe wynalazki, które bądź to znalazły praktyczne zastosowanie, bądź też pozostały w sferze propozycji, a z jakiegokolwiek względu są zajmujące. Znajdą też tutaj czytelnicy opisy bardziej wybitnych doświadczeń, katastrof spowodowanych przez eksplozje materiałów wybuchowych, zasady obchodzenia się z nimi, szereg zestawień statystycznych i t. p. Słowem usiłowaliśmy zebrać możliwie dużo zajmującego materiału, jaki w formie nader licznych dzieł, prac, artykułów i zgłoszeń patentowych, ukazał się na widowni w ciągu ostatnich kilkunastu lat.

Materiał ten czerpaliśmy z prac następujących autorów: Stettbacher'a, Naoum'a, Kast'a, Brunswig'a, Sedlaczka i innych.

Poza tem przytoczyliśmy w streszczeniu rozprawy, względnie artykuły autorów polskich, z zakresu materiałów wybuchowych i strzelniczych, jakie ukazały się w „Przeglądzie Artyleryjskim“ i „Wiadomościach Techniczno - Artyleryjskich“ w okresie czasu od 1923 do 1930 r.

Panom: inż. E. Bergerowi, ppłk. inż. H. Rakowskiemu, ppłk. dr. inż. L. Bratzowi za łaskawie udzielone nam cenne rady i wskazówki w związku z niniejszą pracą, oraz Panu inż. A. Steinowi za łaskawe użyczenie nam materiału statystycznego, wyrażamy na tem miejscu głęboką wdzięczność.



Ogólny rzut oka.

Pokłosie twórcze w dziedzinie materiałów wybuchowych za ostatnie dziesięciolecie wolne jest od nadzwyczajnych sensacyj.

Główne tło stanowi żmudna, szara, codzienna praca, będąca podstawą wszelkiego rozwoju; na tem tle zarysowują się co jakiś czas przebłyśki genjuszu wynalazczego lub badawczego w postaci wybitnych prac; jak już jednak wspomniano, nie zanotowano w tym czasie wynalazków ani odkryć, wywołujących przewrót choćby tylko w jakiejś wąskiej pod-dziedzinie. Natomiast, dzięki wyteżonej, systematycznej i sumiennej pracy, zaznacza się postęp stopniowy lecz stały, będący z jednej strony funkcją współzawodnictwa przemysłowo - handlowego, z drugiej strony — funkcją wysiłków w kierunku sprostania wzmożonym wymaganiom wojskowym i technicznym. Przytem naturalny pęd ludzkości do doskonalenia się na każdym polu porywa, oczywiście, i uczonych z tej dziedziny, których umysły płodzą częstokroć idee bardzo śmiałe, niekiedy nawet może zbyt śmiałe.

Doniosłe wynalazki z doby przedwojennej jeszcze, — wytwarzanie kwasu azotowego z powietrza i wody, w których opracowaniu i technicznym wcieleniu tak czynny i wybitny udział brał i bierze profesor I. Mościcki, znalazły zastosowanie na całym świecie i umożliwiły poszczególnym państwom pokrywanie własnymi środkami zapotrzebowania azotu do celów fabrykacji prochów, materiałów wybuchowych i nawozów sztucznych.

Ze względu na niezwykle interesujące ujęcie postępów osiągniętych w dziedzinie przemysłu materiałów wybuchowych i strzelniczych, oraz w dziedzinach bezpośrednio z niemi związanych, przytaczamy tutaj prawie dosłownie uwagi Stettbacher'a, będące wstępem do jego pracy „Das Sprengstoffwesen in den Jahren 1924 — 1928“ (Zeitschrift für das ges. Schiess u. Sprengstoffwesen, 1929, Nr.Nr. od 3 do 12).

Otóż według tego autora w r. 1926/27 produkcja światowa osiągnęła 1.240.000 tonn azotu. Z tego 300.000 t. pochodziło z koksowni, 200.000 t. z saletry chilijskiej; reszta, a więc okragło 60% była pochodzenia syntetycznego. Stosunek ten przesuwa się stale na korzyść azotu z powietrza,

tak, że na najbliższe 3 lata przewiduje się wzrost produkcji światowej azotu tego pochodzenia do 900.000 t.

Dążenia do samowystarczalności w dziedzinie surowców nieorganicznych rozprzestrzeniają się dalej na chlorany i nadchlorany, które wszędzie, gdziekolwiek znajdują się złoża soli, mogą być z łatwością otrzymywane przy użyciu energii elektrycznej, tak, że nasycenie potrzeb wojskowych i gospodarczych w wielu państwach wydaje się zabezpieczone i w tym kierunku.

Tym samym wysiłkom w kierunku samowystarczalności przypisuje autor zastąpienie w niektórych krajach piorunianu rtęci przez azotek ołowiu. W ostatnich czasach usiłuje się zastąpić glicerynę, materiał wyjściowy dla produkcji dynamitów i prochów do dział ciężkich, przez glikol, aby na wszelki przypadek, uniezależnić się od przemysłu mydlanego i tłuszczowego *). Tak tedy widzimy, jak niemal wyłącznie decydujące przed wojną względy i interesy towarzystw przemysłowych podporządkowują się obecnie interesom obrony narodowej, na której usługach pracują technika i przewidująca gospodarka.

Atoli autor uważa, że ten bezosobowy idealizm przemysłowy nie powinien być przeceniany, gdyż właśnie w okresie sprawozdawczym (1924 — 1928) utworzył się europejski koncern Nobla i doszło do skutku ostateczne strustowanie amerykańskich fabryk materiałów wybuchowych, dzięki czemu wykluczona została regulująca ceny walka konkurencyjna, a ceny materiałów wybuchowych odtąd będą do pewnego stopnia dyktowane na uroczystych dorocznych posiedzeniach. Tak np. w Stanach Zjednoczonych kapsle wybuchowe, fabrykowane na dawny sposób, osiągnęły mimo to wysokie ceny; w mniejszych państwach, w których dany przemysł chce bytować bez konkurencji zagranicznej, pomaga mu, skuteczniej jeszcze od trustów — ochrona celna.

Co do nowości w dziedzinie fabrykacji materiałów wybuchowych, to autor zanotował: otrzymywanie tetrylu do napełniania b. silnych detonatorów i kapsli wybuchowych, oraz otrzymywanie azotku ołowiu zamiast piorunianu rtęci; zmiany te w wielu państwach zostały już wprowadzone bądź też są zamierzone. Z głowic torped i z min morskich znikła już ostatecznie bawełna strzelnicza; miejsce jej zajął ładunek trotylowy lub trotylowo-heksylowy. W fabrykacji dynamitów, dzięki opracowaniu taniej metody otrzymywania dwunitroglukolu, zastosowano ten ostatni jako środek

*) W tym samym celu prowadzone są wciąż badania w kierunku opracowania możliwie najbardziej ekonomicznej metody otrzymywania gliceryny drogą fermentacji cukru.

obniżający temperaturę zamarzania nitrogliceryny. Amerykańską produkcję dwunitroglikolu do tego celu w r. 1927 oceniają na 9.000.000 funtów angielskich. Użycie skroplonego powietrza (ściślej tlenu), zwanego „Oxyliquit“, jako składnika oddzielnej kategorii materiałów wybuchowych, rozpowszechnia się coraz bardziej (Niemcy, Francja); w St. Zjednoczonych zwycięża ono nawet koncerny dynamitowe i niweczy przeszkody przez nie stawiane. W poszukiwaniu szczególnie skutecznego materiału do napełniania granatów zatrzymano się na czteroazotanie pentaerytrytu, który również dzięki potanieniu surowców wyjściowych, wydaje się zupełnie odpowiednim do nadzwyczajnego wzmożenia skuteczności małokalibrowych pocisków przeciwczołgowych i przeciwlotniczych. Wymagania wojskowe w dziedzinie materiałów wybuchowych dadzą się streścić jako dążenie do możliwie całkowitego wyzyskania ich w sensie balistycznym i pirotechnicznym. W górnictwie notuje autor wprowadzenie sposobu rozsadzania złóż zapomocą „strzelania z zastosowaniem pustej przestrzeni“ („Hohlraum-schiessen“).

Ze sposobów zapalania — zapalanie elektryczne wypiera coraz bardziej zapalanie zwykłym lontem; z drugiej strony jednak zapalanie elektryczne zaczyna tracić zwolenników na korzyść zapalania zapomocą lontu detonującego.

Co się tyczy tworzyw i materiałów do budowy aparatów fabrycznych, to w tej dziedzinie wymienia autor nierdzewiejącą stal i kwasoodporne stopy żelazo - krzemowe, które umożliwiają postępowe przekształcenie i stopniową modernizację przestarzałych instalacji kwasowych i nitracyjnych. Tak np. dotychczas używane urządzenia do przetłaczania kwasów, wymagające wiele przestrzeni i siły („Montejus“) zostają obecnie wypierane przez pompy odśrodkowe i korbowe ze stali „V 2 A“ Krupp'a; materiał ten, zdaniem autora, jest tak dalece odporny na działanie nie tylko chemicznych ale i mechanicznych czynników, że żaden ze znanych materiałów nie może z nim współzawodniczyć.

Dalej omawia autor dokonane w ostatnich latach próby aktywacji i atomizacji: z wodorem, azotem i tlenem. Zapomocą specjalnych wyładowań elektrycznych udało się mianowicie połączyć N i H bezpośrednio na NH_3 , jak również i na HN_3 . Odkrycie to, wprawdzie, narazie posiada znaczenie teoretyczne, lecz bardzo możliwe, że zawiera w sobie zarodek, którego rozwój posiadać będzie w przyszłości rewelacyjne znaczenie praktyczne.

Natomiast badania nad przebiegiem eksplozji oraz nad związanymi z tem zjawiskami nie dały według autora wyników nadzwyczajnych. Godne uwagi jest zastosowanie zdjęć kinematograficznych do obserwacji zjawisk detonacji materiałów wybuchowych i dalsze ulepszenie metod pomiarowych

szybkości detonacji w zastosowaniu do długości wynoszących zaledwie 2 cm.

Wreszcie stwierdza autor, że w okresie sprawozdawczym udało się porównać ruchy skorupy ziemskiej, spowodowane przez trzęsienia ziemi z takimiż ruchami, wywołanemi zapomocą wielkich wybuchów sztucznych. W wyniku tego porównania ponownie stwierdzona została olbrzymia przewaga procesów naturalnych nad sztucznymi wyładowaniami energii.

Materiały wybuchowe do celów wojskowych.

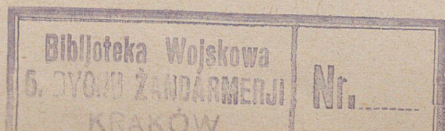
Mimo wszelkich usiłowań pacyfistów całego świata niebezpieczeństwo przyszłej wojny nie zostało, a prawdopodobnie nie zostanie też i w przyszłości nigdy zażegnane. To też oddając należny hołd krzewicielom idei wiecznego pokoju, stwierdzić należy, że hasła przez nich głoszone uznane zostały za piękne lecz nieosiągalne; wybitnym dowodem tego jest, że praca w dziedzinie mat. wybuchowych i strzelniczych do celów wojskowych wre we wszystkich niemal państwach i, oczywiście, pod auspicjami tychże państw.

W cytowanej uprzednio już pracy Stettbacher stwierdza, że technika na usługach wojny, obejmująca między innymi technikę broni palnej i amunicji, pracuje pod znakiem przyszłej wojny i rozwija się w dwóch przypuszczalnych kierunkach: ofensywnym i defensywnym.

Nie zaszło, jak to już wspomniano, nic nowego lub oryginalnego, co wstrząsnęłoby dotychczasowymi zasadami sztuki wojennej; stoimy jednak w obliczu takiego kształtowania się broni, które ewentualnym skutkiem wojny może nadać jeszcze silniejsze niż dotychczas piętno zniszczenia i okropności.

Stosownie do motoryzacji, rozpowszechnienia się czołgów i opancerzenia broni nacierającej na ziemi, morzu i w powietrzu, zdaniem autora, coraz większy nacisk musi być kładziony na zdolność przebijania i siłę wybuchową pocisków. Karabin ręczny a nawet maszynowy będzie bezsilny wobec wozów bojowych; pociski z tych broni odbijać się będą bezskutecznie nawet od lekkich płyt stalowych „jednoosobowego“ czołgu („Einmann-tank“). Do obrony przeciwko czołgom używane będą specjalne działa o płaskim torze pocisku, przeważnie kalibru 3,5 do 5,0 cm, których pociski posiadające wielką szybkość początkową (do 1000 m/sek.) odznaczać się będą niezwykłą dla takiego kalibru zdolnością przebijania.

Działanie to, mówi dalej autor, zostanie osiągnięte przez użycie wielkiego ładunku miotającego, ilości prochu, której stosunek do ciężaru pocisku jest jeszcze większy niż to ma miejsce w naboju karabinowym. Zamiast



dotychczas używanych prochów nitrocelulozowych coraz częściej wprowadza się zasobniejsze w energję prochy nitroglicerynowe. Stwarza to warunki sprzyjające przepalaniu się luf działowych i powoduje trudności w chłodzeniu tychże; poza tem stwarza to również trudniejsze warunki dla oporopowrotników; warunki te muszą zostać wyrównane, by nie ucierpiały ruchliwość i szybkość ognia. W jeszcze większej mierze odnosi się to do dział przeciwlotniczych, uwzględniając elewację, ruchliwość w kierunku pionowym. Jako wzór takiej broni uważane jest przez znawców działko 2 cm firmy Oerlikon o całkowitej wadze 150 kg, łatwo przenośne i bardzo ruchliwe; może ono jednocześnie służyć do zwalczania czołgów, Natomiast znane 47 mm działko towarzyszące piechocie firmy Bofors, noszone przez 3-ch ludzi, stanowi wyraźnie typ działka do obrony przeciwko wozom bojowym.

Następnie konstatuje autor, że zwalczanie silnie opancerzonego czołgu stanowi wogóle jedno z najtrudniejszych zadań dla techniki strzelniczej i wybuchowej. Ze względu na to, że mniejsze kalibry, do 20 mm, i o szybkości początkowej 600 — 700 m/sek., zaopatrzone nawet w najbardziej kruszące ładunki nitropentaerytrytowe są wobec pancerzy 40 — 45 mm zupełnie bezsilne, przeto niezbędne są w tym wypadku albo większe, cięższe działa, albo też nadzwyczajne szybkości początkowe, od 1000 m/sek. wzwyż. Taka broń jednak wymaga skomplikowanej budowy, bardzo umiejętnej obsługi i łatwo się zużywa. Wprawdzie, niedostateczną siłę przebijania pocisków małowadliwych powetować można przez nadanie im zdolności wnikania, stosując specjalne ładunki kruszące, jednakże powstające przy rozerwaniu odłamki są wówczas zawsze zbyt małe i mają kształt tak pokrzywiony i płaski, że nawet szybkość ich wynosząca podczas wybuchu około 2000 m/sek., nie wystarcza do spowodowania znaczniejszych uszkodzeń pancerza. Siła niszcząca daje pełny efekt tylko wówczas, gdy pocisk wybuchowy zdoła już wniknąć w pancerz. Najczęściej jednak te najbardziej kruszące ładunki wybuchają już w pierwszej chwili trafienia w cel. Podczas, gdy pociski przeciwlotnicze muszą reagować już na słabe opory (płaty), to granaty z głowicami pancernymi przeciwczołgowe, przeciwnie, wymagają niewrażliwego zapalnika, który w zwykłym terenie i warunkach nie działa, a zapala dopiero przy natrafieniu na silny opór pancerza. Aby taki pocisk pancerny uczynić widocznym przy wstrzeliwaniu, stosuje się smugę świetlną aż do kal. 10,5 cm. Autor uważa, że zwiększenie szybkości ognia, liczby strzałów w ciągu pewnego określonego czasu, winno być dążeniem każdego technika, pracującego twórczo w dziedzinie broni. W Ameryce wprowadzono nowe pistolety szybkostrzelne 6-o strzałowe dla policji; temu samemu celowi służyć mają beżłuskowe pociski E. Lu-

dorf'a, zawierające w swem odpowiednio wydrążonem wnętrzu ładunki zapalające i miotające. W przyszłej wojnie bowiem więcej będzie chodziło o możność „koszenia“ olbrzymią ilością strzałów niż o poszczególne celne strzały. Jednakże nawet najszybszy ogień ręcznej broni palnej musi być wspomagany przez, o wiele silniejsze w działaniu, granaty ręczne.

Tym, którzy interesują się zjawiskami zachodzącymi przy strzale w broni palnej ręcznej bezpośrednio po opuszczeniu lufy przez pocisk i w dalszym jego biegu, poleca Stettbacher artykuł Ph. B. Quayle „Spark Photography and its Application to some Problems in Ballistics“. (Scient. Papers of the Bureau of Standards, Nr. 508 Czerwiec 1925).

Do najbardziej finezyjnych nowości w technice amunicyjnej zalicza autor pociski przeciwlotnicze, tak ze względu na konstrukcję jak i na ładunek. Rozróżniać tu należy pociski masywne (pełne), wybuchowe i zapalające. Granaty wybuchowe posiadają przeważnie urządzenia, które w razie chybienia celu, a więc bez uderzenia, powodują wybuch pocisku po upływie pewnego czasu, przed rozpoczęciem spadania na ziemię. Prawie wszystkie te pociski zaopatrzone są w ładunek wytwarzający smugę świetlną, który zapala się w odległości paruset metrów od miejsca strzału i uwidacznia tor pocisku w biały dzień. Takie ładunki smugowe okazują się poza tem znakomitym i wygodnym środkiem pomocniczym przy określaniu szybkości pocisków o każdej porze dnia i podczas dowolnej pogody metodą fotograficzną. Silnie sprasowana masa składa się z magnezu metalicznego i nadtlenu baru lub strontu; dobry ładunek smugowy winien działać możliwie pewnie (prawie 100%) i palić się na długości 2 — 3 km. Małe ładunki smugowe w pociskach karabinów ręcznych wystarczają zaledwie na 800, a najwyżej na 1000 m. Autor podkreśla, że umieszczenie i zmontowanie tych wszystkich urządzeń w stosunkowo małym pocisku tak, aby działały one niezawodnie, wymagało długotrwałych, mozolnych prac doświadczalnych i nie dziwnego, że poświęcono wiele czasu i trudu na udoskonalenie tej amunicji.

Doniosłe ulepszenia poczynione zostały w dziedzinie artylerji ciężkiej i najcięższej. Np. amerykańskie działa nadbrzeżne, ruchome, o donośności do 32 km, lub też uzbrojenie artyleryjskie ostatnich angielskich super-dreadnought'ów „Nelson“ i „Rodney“ (wyporność à 35000 t., wielokrotne zabezpieczenie druciane przeciwko minom i torpedom; uzbrojenie: à 9 dział kal. 40.6 cm o długości luf 50 kal.; ciężar pocisków do tych dział: 1230 kg. (amerykańskich 1050, japońskich 1100 kg); donośność przy $v_0 = 800$ m/sek. — 32 km; szybkość ognia: 2 strzały na minutę). Przy torpedach i minach morskich również dąży się do tego, aby najwyższą siłę kruszącą połączyć z dostateczną celnością strzału; tak więc usiłuje się osiągnąć najwyższy skutek detonacji stosując stopione lub b. silnie sprasowane ładunki

heksylowo-trotylowe, zaopatrzone w detonatory o wielkiej mocy. Ten sam punkt widzenia obowiązuje przy bombach lotniczych. Jak powiedziano, ani przy pociskach przeciwczołgowych, przeciwlotniczych, dział ciężkich, bombach lotniczych, ani też w walce podwodnej nie chodzi o nowe zdobycze techniki amunicyjnej, lecz o możliwie celowe i logiczne zastosowanie i skombinowanie już istniejących środków wraz z wykorzystaniem wszelkich doświadczeń dla danego celu.

Autor stwierdza dalej, że w przedmiocie wojny gazowej i jej roli obok broni wybuchowej panuje pogląd, że „gaz“ jako nowa broń istnieć będzie w związku i równorzędnie z bronią kruszącą. Równowartość gazu i środków wybuchowych ma miejsce tylko w wypadku zawartości bomb zrzuconych z samolotu; we wszystkich pozostałych wypadkach gazy i trucizny będą stanowiły ładunek pocisków, wystrzeliwanych z oddali, a więc przy pomocy materiałów wybuchowych. A zatem „gaz“ wymaga ładunku miotającego, który przenosi go do linii nieprzyjacielskich, oraz ładunku kruszącego, który go tam uwalnia ze skorupy pocisku lub też rozpyła; „gaz“ okazuje się bronią bardziej bierną niż czynną, gdyż w istocie, zapomocą samego gazu nie zdoła nikt strącić samolotu ani zatopić okrętu *). Wojna cicha „bez zgiełku“ należy do dalekiej jeszcze przyszłości, do jej urzeczywistnienia bowiem niezbędne byłyby bez porównania skuteczniejsze i zupełnie innej natury trucizny niż te, które stosowane były dotychczas. Tak tedy materiały miotające i kruszące nie utrzymają może swej dotychczasowej nieograniczonej przewagi na polu bitwy, lecz rozszerzą swój zakres działania i zachowają swe decydujące znaczenie.

W związku z wymienionymi środkami bojowymi, mówi dalej Stettbacher, stoi „wojna ogniowa“ (Feuerkrieg) t. j. sztuka podpalania podczas wojny; stosowane są tu: żółty fosfor i jego roztwory, termit i sól metaliczna, przyczem amunicja zapalająca, zależnie od różnorodnego przeznaczenia, wykonywana jest w najrozmaitszych postaciach.

*) Z tym poglądem nie można się zgodzić o tyle, że jakkolwiek ataki gazowe przy użyciu butli (chlor, fosgen i mieszaniny ich ze sobą oraz z innymi składnikami) okazały się kłopotliwymi i trudnymi do przeprowadzenia, to jednak faktem jest, iż gazy i dymy napastliwe przy korzystnych warunkach atmosferycznych, mogą być przenoszone do strefy zajętej przez nieprzyjaciela, drogą wyzyskania wiatru. I jeśli prawdą jest, że zapomocą samego gazu nie zdołał nikt strącić samolotu, ani zatopić okrętu dotychczas, to jednak pozostaje jeszcze otwartą kwestją, czy w którejś z przyszłych wojen nie zdoła się właśnie zapomocą samego tylko gazu, czy dymu obezwładnić załogi samolotu lub okrętu, co byłoby niemal równoznaczne ze straceniem samolotu, a w wypadku okrętu — może być w pewnych okolicznościach korzystniejsze od zatopienia go.

Dalej wymienia autor chemję mgieł sztucznych i dymów, jako też wspomnianą wyżej pirotechnikę ładunków świetlnych, które odgrywać będą znaczną rolę w przyszłych wojnach.

O tem, jak dalece poważnie traktowane są sprawy wojenno-naukowe, świadczą, według autora, instytuty fundowane przez liczne państwa, a sprawom tym poświęcone. Słynny arsenał w Edgewood, największy zakład doświadczalny St. Zjednoczonych Ameryki Północnej i świata, zatrudniał w roku 1925 — 8000 pracowników i składał się z następujących zakładów i pracowni:

laboratorja: fizyczne, chemiczne (organiczne i analityczne), toksykologiczne, pocisków;

instalacje: kwasu pruskiego, dymowo-gazowa, przeciwgazowa, chlorowa (z komorami), iperytowa, fosgenowa, etylenowa, chloropikrynowa i dla bromocjanku benzylu; poza tem: fabryka masek przeciwgazowych, oddział nabijania pocisków fosforem i 4 zakłady nabijania pocisków innemi materiałami, hala maszyn doświadczalnych, składnica granatów, oddział medyczno-badawczy, wytwórnia materiałów dymotwórczych, zakład impregnacyjny.

Że nie chodzi tutaj jedynie o zamięrowanie do teorji lub czystej nauki, konkluduje z pewną ironją autor, świadczą liczne ćwiczenia i manewry, przeprowadzane z wielką gorliwością przez poszczególne państwa we wszystkich trzech dziedzinach zastosowania broni: pod wodą, na lądzie i w powietrzu.

Po tych ogólnych uwagach przechodzimy do rozpatrywania poszczególnych materiałów wybuchowych.

Proch czarny.

Proch czarny, który przez kilka stuleci był jedynym materiałem miotającym i kruszącym; dzięki zastosowaniu nitrocelulozy, nitrogliceryny, nitrozwiązków aromatycznych oraz całego szeregu innych ciał wybuchowych, od drugiej połowy zeszłego stulecia został powoli zepchnięty ze swego wyłącznego stanowiska.

Pomimo, że historia powstania i użycia prochu czarnego sięga w czasie początków naszej ery, a w przestrzeni—Chin, Indyj i bliskiego wschodu, stosunek składników prochu w ciągu tego rozległego okresu nie uległ zasadniczym zmianom. Prochy strzelnicze zawierają zawsze większe ilości saletry (75 — 78%), stosunek zaś pozostałych składników t. j. siarki do węgla wynosi 1 : 1. W prochach górniczych o mniejszej zawartości saletry (58 — 64%) stosunek ten wynosi niekiedy 1,3 : 1.

W fabrykacji prochu czarnego na skutek faktu, że użycie jego ograniczyło się prawie wyłącznie do specjalnych działów górnictwa, w latach ostatnich nie zaszły godne uwagi zmiany. Mieszanie składników, wziętych w ilościach zależnych od wymaganych własności prochu, odbywa się na sucho w bębnach wypełnionych kulami drewnianymi lub też na mokro przez mieszanie siarki i węgla z nasyconym roztworem saletry, a następnie suszenie otrzymanego ciasta. Następne operacje, jak ugniatanie, prasowanie, ziarnowanie, polerowanie i sortowanie wykonywane są na aparatach stosowanych bez zmian od wielu lat, jak to: gniotowniki obiegowe, prasy, śrutowniki i bębny do polerowania.

Do celów wojskowych na większą skalę używany był proch czarny w początkach wojny światowej przez Stany Zjednoczone A. P., Rosję i Belgię. Obecnie, stosowany jest jedynie w szrapnelach, lontach, w niektórych częściach zapalników artyleryjskich oraz ładunkach przenoszących ogień, co nie jest pomysłem najszcześniejszym, gdyż wyługowanie saletry z prochu pod wpływem wilgoci w tych właśnie najczulszych mechanizmach czyni je często zawodnymi lub wręcz nieużytecznymi.

Zasługuje na uwagę użycie w czasie wojny światowej prochu czarnego w granatach przeciwpancernych dużych kalibrów ze względu na jego niewrażliwość na uderzenie. Jako materiał miotający proch czarny znajduje obecnie zastosowanie w broni gładkiej (śrutowej).

Ponieważ Stany Zjednoczone A. P. w czasie wojny produkowały i dziś jeszcze produkują znaczne ilości prochu czarnego, w latach ostatnich zgłoszono tam cały szereg patentów na ulepszenie urządzeń maszynowych, służących do produkcji. Ulepszenia te dotyczą ziarnowania, zabezpieczania przed eksplozją i t. p. Pewien francuski patent zastrzega metodę wyrobu prochu czarnego na jednej maszynie, zaopatrzonej w kilka par walców, które wywierają na proch stopniowo zwiększające się ciśnienie, nadając mu żądaną gęstość.

Zalety myśliwskiego prochu czarnego są to: praktyczna niehygroskopijność, niższe i równomierne ciśnienie, łatwa zapalność, wygodne odmierzanie ładunku przez mierzenie objętości, mniejsze niszczenie lufy, jednak przy większem jej zanieczyszczaniu.

Zwiększenie gęstości ładowania prochu czarnego Amerykanie osiągnęli przez zastosowanie mieszanin 7 — 10 wymiarów ziaren, wtedy małe ziarna wypełniają przestrzeń między większemi. Stany Zjednoczone A. P. zużywają wielkie ilości prochu czarnego do robót ziemnych i górniczych. Obok zwykłego prochu czarnego, zawierającego saletrę potasową, wyrabiany jest w wielkich ilościach tańszy lecz wrażliwszy na wilgoć proch, zawierający saletrę sodową, t. zw. w Niemczech „saletra wybuchowa“ (Sprengsalpeter). Prochy „bezpieczne“, nie zapalające gazów kopalnianych, zawierają prócz normalnych składników prochu czarnego 5 — 35% węglowodanów i 1 — 15% chlorku amonu.

Poza tem wyrabiane są różnego rodzaju gatunki prochu czarnego do ogni sztucznych, gdzie przeważnie stosowany jest pył prochu czarnego.

Kopalnie saletry w Chili stosują wyłącznie czarny proch, wyrabiany w olbrzymich ilościach na miejscu. Przygotowują go w sposób dość prymitywny, susząc otrzymany produkt wprost na słońcu. Proch ładowany jest do otworów strzelniczych, na dnie których znajdują się ładunki dynamitowe w celu zapewnienia wybuchu. Wielkie miny również ładowane są prochem czarnym z dodatkiem dynamitu.

Amerykańska metoda t. zw. „Hercoblasting“¹⁾ polega na tem, że przez otwór strzelniczy ładowany prochem czarnym przechodzi lont detonujący. Działanie kruszące tego rodzaju ładunku zbliżone jest do działania trotylu.

Jedna z większych amerykańskich wytwórni prochu czarnego Hercules Powder Co. wyrabia t. zw. „Hercoal“ o małej gęstości ładunku. Dzia-

łanie jego zbliżone jest do efektów „strzelania z pustą przestrzenią“ (Hohlraumschiessen).

Amerykańskie źródła (Mining Congress Journal 1927 str. 356) podają szybkość spalania się prochu czarnego 450 — 500 m/sek.

Jakkolwiek znany jedynie jako materiał „spalający się“, na zasadzie wypadków dawnych i w czasach ostatnich, proch czarny wymaga obchodzenia się bardzo starannego narówni z materiałami kruszącymi.

¹⁾ Allen, Hercoblasting reduces costs in gravel pits. Explosive Engineer 1925 str. 411.

W tej samej sprawie: Das Herco-Sprengen. Ztsch. Schiess u. Sprengstoffwesen 1924 str. 69.

Literatura dotycząca prochu czarnego.

Don Carlos Briceno. Modern methods of mining Caliche. Explosive Engineer 1924 str. 181—184.

Sedlaczek. Ztsch. Schiess u. Sprengstoffw. 1924 str. 50. (o amerykańskich patentach odnośnie fabrykacji prochu czarnego).

Rauch. Hohlraumschiessen in den Kaliwerken. Ztschr. Schiess u. Sprengstoffw. 1927 str. 318.

J. Barab. Hercoblasting, Hercules Powder Co. Delaware 1924 (Opis specjalnych amerykańskich metod strzelniczych).

51 sprawozdanie roczne „His Majesty's Inspectors of Explosives“, London 1927.

Start. I problema attuale della polvere nera per l'esercito. Rivista di Artiglieria e Genio 1927 str. 553.

R. Pique. La poudre noire et le service des poudres. Paris 1927.

Louis Desvergnés. What are the oldest military powders. Army Ordnance 1929 (listopad — grudzień).

Divis R. Différents sortes des poudres noires. Vojensko-Technické Zprawy 1926 str. 138.



Nitroceluloza.

Nitroceluloza (azotan celulozy) narówni z nitrogliceryną (trójazotanem gliceryny) jest podstawowym materiałem techniki wybuchowej wojskowej, zwłaszcza w dziedzinie materiałów miotających. Prace Schönbeina (1846), Lenk'a (1860), wreszcie praca nad stabilizacją nitrocelulozy dokonana przez Abel'a pozwoliły na otrzymanie produktu, operowanie którym nie narażało na jawne niebezpieczeństwo.

Własności i wydajność produktu w dużym stopniu zależą od użytego surowca. Najlepszym surowcem jest bawełna (zawierająca 87 — 91% celulozy). Bawełna w celu oczyszczenia od domieszek utrudniających nitrację, głównie zaś stabilizację, poddawana jest odtłuszczeniu, bieleniu, wreszcie rozdrobnieniu i suszeniu. Dokładny opis odnośnych urządzeń podaje J. Eckelt i O. Gassner w monografii: *Projektierungen und Apparaturen für die chemische Industrie. Nitrocellulose, synthetischer Campher, Pulver.*

Podczas procesu oczyszczania część celulozy zamienia się na hydrocelulozę, hydratocelulozę i oksycelulozę, co do składu chemicznego których obecnie toczy się spór. Podczas, gdy jedni, jak A. M. Nastukoff ²⁾ uważają oksycelulozę za indywidualium chemiczne, inni, jak K. Hess ³⁾ traktują ją jako mieszaninę celulozy z produktami jej utlenienia i hydrolizy. R. O. Herzog ⁴⁾ uważa zaś hydratocelulozę za celulozę o mechanicznie zniekształconych włóknach. W celu ustalenia własności celulozy odpowiedniej dla danej produkcji C. Schwalbe ⁵⁾ proponuje wprowadzenie celulozy wzorcowej, o ściśle dającej się określić ilości zanieczyszczeń.

Przedwojenne badania nad zastosowaniem celulozy drzewnej do otrzymania nitrocelulozy zostały wyzyskane na skalę techniczną w czasie wojny w krajach pozbawionych bawełny. Celuloza drzewna (znajdująca się w ilości 45 — 58% w drewnie surowym) przerabiana była na papier podobny do bibułki i w postaci strzępków poddawana nitracji. Stosowano również mieszaninę: 50% tego papieru + 50% odpadków bawełnianych (linters).

Były również czynione próby nitrowania innych włókien roślinnych, jak pokrzywa, włókna z drzewa małpiego chleba, włókna hibiscusa i inne.

H. Rakowski (Przegl. Artyl. 1925 str. 129) podał zaczerpnięte ze źródeł amerykańskich szczegóły co do ewolucji wyrobu nitrocelulozy z miazgi drzewnej w St. Zjednoczonych A. P. Przytaczając krótki zarys historyczny opisuje nitrację celulozy drzewnej, porównanie tejże z celulozą bawełnianą, charakteryzuje 3 klasy celulozy: α , β i γ , nadmienia o znaczeniu długości włókien celulozy przeznaczonej do wyrobu nitrocelulozy; dalej przedstawia wyniki dotychczasowych badań i doświadczeń z zakresu stosowania celulozy drzewnej do fabrykacji nitrocelulozy: możliwe jest używanie do celów nitracji celulozy siarczynowej, przygotowanej z jodły, lub też łagodnie odbielanej celulozy sodowej, przygotowanej z sosny, lecz nie z jednorocznych drzew, gdyż celuloza z tych ostatnich mniej nadaje się do nitracji; zwłaszcza dodanie wyczeszek bawełnianych („linters”) w ilościach około 50% do celulozy drzewnej czyni przebieg fabrykacji nitrocelulozy, a następnie prochu bezdymnego prostym i nienastępującym żadnym specjalnych trudności; próby balistyczne prochu bezdymnego, otrzymanego z takiej nitrocelulozy, dały wyniki zupełnie zadowalające. Wkońcu autor stwierdza, że w Ameryce ograniczono się prawie wyłącznie do drzew iglastych, jako źródła celulozy przeznaczonej na nitrację; wreszcie omawia użycie celulozy drzewnej do nitracji podczas pokoju.

Jakkolwiek w technice nadal stosowana jest do nitracji bawełny mieszanina kwasów azotowego i siarkowego, przed paru laty C. Kranz i Blechta⁶⁾ przypomnieli podaną w 1915 r. metodę Hoffman'a i Josephy'ego. Nitracja zapomocą bezwodnej mieszaniny H_3PO_4 i HNO_3 daje nitrocelulozę o zawartości azotu około 13% i całkowicie stabilizowaną po jednorazowym wypłókanui. Ujemnymi stronami tego procesu są: mieszanina absolutnie bezwodna, dłuższy czas nitracji oraz wysoka cena H_3PO_4 . Techniczne stosowanie tej metody jest nieaktualne ze względu na cenę H_3PO_4 . Tymczasem jest to świetna metoda laboratoryjna.

Rzadko już dzisiaj spotykany sposób nitracji w garnkach zastąpiły trzy zasadnicze typy nitracji: wirówkowy, wprowadzony przez zastosowanie wirówki nitracyjnej Sellwig i Lange, system panwi Thomson'a, wprowadzony głównie w Anglii, częściowo we Francji i Włoszech, wreszcie system amerykański Du Pont Co. W tym ostatnim procesie nitracja odbywa się w nitratorach zaopatrzonych w mieszadła, oddzielanie zaś kwasu od bawełny znitrowanej dokonywuje się w wirówkach.

Poglądy co do wartości każdego z tych systemów są podzielone, tem bardziej, że trudno znaleźć fachowca, któryby doskonale znał je wszystkie z własnego doświadczenia. Według opinii niemieckich inżynierów, dobry

jest system Du Pont'a, gdzie nitracja odbywa się w nitratorach zaopatrzonych w mieszadła i chłodzonych. W tych warunkach bawełna prędzej i równomierniej jest zwilżana przez kwasy. W wirówce możliwe jest „wypalenie” się nitrocelulozy, jeśli powietrze otaczające jest dość gorące i wilgotne, niemożliwe to jest w nitratorze Du Pont'a, gdzie kwasy równomiernie przykrywają bawełnę. Pomimo to w niemieckich fabrykach obok nowych instalacyj nitratorów amerykańskich pracują wirówki nitracyjne. Według zdania pewnej wielkiej fabryki bawełny strzelniczej system amerykański przy równych kosztach instalacji daje większą produkcję niż system wirówkowy.

Wirówka zbudowana przez firmę Sellwig i Lange mieści 20 kg bawełny oraz 800 kg kwasów. Wirówka taka zużywa czterokrotnie więcej siły przy rozruchu niż przy pracy.

System panwi Thomson'a według opinii niemieckiej nie jest dobry, ponieważ nie daje produktu jednolitego, o określonym składzie, zatem stosowany być może do nitroceluloz, dla których nie stawia się wąskich tolerancyj. Zaś D. L. Allan ⁷⁾ podnosi uproszczenie obsługi, brak gazów nitrowych i małe zużywanie się aparatury. Bawełna nitrowana w panwiach Thomson'a musi być lepszego gatunku. Obecność zanieczyszczeń w bawełnie może powodować niepożądane procesy przy wypieraniu kwasów zapomocą wody. Metody stabilizacji bawełny strzelniczej w ostatnich czasach nie uległy zmianie.

Niektóre szczegóły, dotyczące odnośnej aparatury, podają Eckelt i Gassner (l. c.), specjalnie o pompach brązowych do transportowania gęstwy nitrocelulozowej, łapaczach węzłów („knotów”) i obszernych zbiornikach do ujednostajnienia partij bawełny, wykonanych z betonu natryskiwanego.

W związku z zastosowaniem nitrocelulozy do wyrobu lakierów nitrocelulozowych podjęto szerokie badania nad lepkością roztworów nitrocelulozy. Kovache⁸⁾ znalazł, że gotowanie z wodą zawierającą sole alkaliczne, a zwłaszcza amonjak, powoduje zmniejszenie lepkości. Zawartość azotu przytem nie spada, wzrasta natomiast rozpuszczalność w alkoholu, nie zmienia się również stałość chemiczna. I. Bałaczyński (Przegl. Artyl. 1927 str. 469) w artykule „O roli lepkości roztworów piroksylinowych przy fabrykacji prochu”, podniósł zasadnicze znaczenie, jakie posiada lepkość roztworów bawełny strzelniczej przy przeróbce tej ostatniej na proch bezdymny. Opisuje więc trudności, z jakimi porały się rosyjskie wytwórnie prochów, wywołane zbyt dużą lepkością wspomnianych roztworów, wielokrotne bowiem późniejsze

doświadczenia wykazały, że tylko, o ile stopień lepkości nie przekracza 80 (według przyrządu Ostwald'a) — przebieg produkcji jest normalny; przy lepkości ponad 350 — otrzymanie zdatnego do użytku prochu jest niemożliwe. Następnie przytacza czynniki, wpływające na otrzymywanie roztworów o znacznych lepkościach, a więc: jakość surowców, temperatura kąpieli, stężenie kwasów i czas nitrowania, stopień znitrowania, poczem podaje wyniki badania surowców i wpływ, jaki wywierają na nie pewne mechaniczne działania. W konkluzji autor stawia hipotezę, że w roztworach piroksylinowych znajduje się pewna ilość nitroceluloz rozpuszczalnych nie w całkowitem tego słowa znaczeniu, lecz jedynie silnie pęczniejących, dzięki czemu roztwory te posiadają tak wysoki stopień lepkości.

Stałość chemiczną nitrocelulozy bada się w sposób podobny jak i prochów bezdymnych.

Tissot⁹⁾ podaje sposób badania nitrocelulozy w świetle spolaryzowanym. Przez porównanie ze skalą przy 60 — 80-krotnem powiększeniu ustalić można zawartość NO₂. Obecność nieznitrowanych włókien bawełny zmienia obraz optyczny na niejednorodny.

Brunswig¹⁰⁾ na zasadzie doświadczeń praktycznych i rozważań teoretycznych, kategorycznie odrzuca twierdzenie, jakoby nitroceluloza miała być mieszaniną nieznitrowanej celulozy z nitrocelulozą o najwyższej zawartości azotu, co rzekomo miały stwierdzić badania roentgenograficzne. Parę ciekawych uwag o nitrocelulozie daje F. Olsen (Army Ordnance 1929 str. 248).

Loriette i Jovinet¹¹⁾, proponują do analizy mieszanki nitrującej zastosowanie metody Devard'a.

²⁾ Bericht. d. Chem. Ges. 1927 str. 2591—2594.

³⁾ Liebigs Ann. Chem. 1927, str. 214.

⁴⁾ Bericht d. Chem. Ges. 1927 str. 601.

⁵⁾ Chem. Ztg. 1927 str. 191.

⁶⁾ Chemicky Obzor tom 2 str. 1—6.

⁷⁾ Journal South Africa Chem. Inst. 1927 str. 16.

⁸⁾ Mém. des Poudres et Salpêtres 1926 str. 159—173.

⁹⁾ Mém. des Poudres et Salpêtres 1926 str. 31—56.

¹⁰⁾ Ztschr. Schiess. u. Sprengstoffw. 1928 str. 337—384.

¹¹⁾ Mém. des Poudres et Salpêtres 1926 str. 174—179.

Literatura dotycząca nitrocelulozy.

Carrière E. Considérations sur la nitration de la cellulose. Bulletin de la Société Chimique de France 1926 str. 438—443.

Morin G. Etudes sur la nitration des celluloses diverses. Mémorial des Poudres 1926 str. 57—68.

Duclaux J. Sur la stabilité des nitrocelluloses. *Révue Générale des Colloïdes* 1925 str. 257—263.

Divis R. Le coton et la cellulose de bois pour la fabrication du coton-poudre, (po czesku) *Vojensko-Technické Zprávy* 1927, str. 108 — 112.

Ravelli E. Nitrocellulose. *Rivista di Artiglieria e Genio* 1928 str. 1591—1626.

Nitrocellulose (miesięcznik, wychodzi od marca 1930 r.).

Pšenica. Die nitrierte Nesselfaser (książka).

Berl E. i Berkenfeld E. Nitrocellulosefabrikation. *Ztschr. angew. Chemie* 1928 str. 130—132.

Olsen F. Condition de recette de la cellulose utilisée à la fabrication des poudres sans fumée. *Industrial and Engineering Chemistry* 1929, str. 354.

Blechta F. Ueber salpetrigsaureestern der cellulose. *Ztschr. Sch. Sprengstoffw.* 1926 str. 38—41.

Lemire. Epreuves de stabilité des cotons-poudres à la chaleur. *Bull. Soc. Ind. Rouen* 1925 str. 292—296. *Chimie et Industrie* 1926 str. 92.

Schwalbe C. G. Lange W. La cellulose de Guignet produite à partir de cellulose de bois et du bois. *Ztschr. angew. Chemie* 1926 str. 606 — 608.

Vieille P. Cztery artykuły dotyczące stabilizacji bawełny strzelniczej. *Mémorial des Poudres* 1926 str. 307—319.

Herzog R. O. et Naray-Szabo. Etude röntgenographique de la nitrocellulose. *Journal de physique* 1928 str. 168.

Jupeau. Essais sur le pilage du coton-poudre. *Mémorial des Poudres* 1928 str. 183—197.

Olsen F. Nitrocellulose et poudres sans fumée. *Chemical Abstracts* 1929 str. 2572.

Pascal P. Recherches sur l'inflammabilité des cotons-poudres. *Mémorial des Poudres* 1926 str. 285 i 299.

Prochy bezdymne.

Od czasu, gdy Vieille otrzymał z nitrocelulozy materiał miotający przez żelatynizowanie jej zapomocą etero-alkoholu, a prawie współcześnie Nobel w tym samym celu użył nitrogliceryny, niewiele zmieniły się zasadnicze materiały i metody fabrykacji prochów bezdymnych.

Usiłowania zastąpienia nitrocelulozy przez nitroskrobię, dokonywane w czasie wojny w Ameryce lub też nitrogliceryny przez nitroglykol, nitrocukier lub ich mieszaniny z nitrogliceryną w Niemczech, nie zostały uwieńczone pomyślnym skutkiem. Pewne zadawalające rezultaty dały próby zastosowania nitrocelulozy z celulozy drzewnej i w tej dziedzinie należy oczekiwać jeszcze pomysłów, które pozwolą uniezależnić się od użycia bawełny jako materiału zasadniczego do wyrobu prochu. Należy wymienić próbę stosowania dwu i trójnitrotoluenu oraz ich mieszanin zamiast nitrogliceryny, przyczem obecność dwunitrotoluenu podwyższa zdolność żelatynowania nitrocelulozy przez trotyl. Cały szereg innych nitrowiązków tłuszczowych lub aromatycznych proponowanych jako domieszki zasadnicze (miotające) do prochów nie przyjęły się ze względu bądź to na ich niestałość chemiczną, bądź też zbyt wysokie koszty ich wytwarzania.

O flegmatyzacji prochów bezdymnych pisze J. Bałaczyński w Wiadomościach Techniczno-Artyleryjskich 1930, str. 730, poruszając zagadnienie wpływu lepkości bawełny na proces flegmatyzacji.

Po wyjaśnieniu celu i istoty flegmatyzacji autor przystępuje do szczegółowego omówienia flegmatyzacji prochu bezdymnego zapomocą kamfory. Grubość warstwy kamfory wynosi $\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{6}$ grubości ziarna prochu. Otrzymanie odpowiedniej grubości warstwy sflegmatyzowanej, decydującej o własnościach balistycznych prochu zależy: 1^o) od lepkości roztworu bawełny strzelniczej, 2^o) od sposobu kamforyzacji, i 3^o) od moczenia gotowego prochu. Szybkość dyfuzji

kamfory w głąb ziarna prochu zmniejsza się ze zwiększeniem lepkości roztworu bawełny strzelniczej. Z tego względu należy używać do wyrobu prochu bawełny strzelniczej o niezbyt wielkiej lepkości. Do kamforyzacji prochów z bawełny strzelniczej o dużej lepkości więcej nadają się rozcieńczone roztwory kamfory w alkoholu, natomiast do prochów z bawełny o małej lepkości, odwrotnie, roztwory stężone: wtedy daje się łatwiej regulować głębokość przenikania kamfory. Operacją bardzo trudną i niezawsze prowadzącą do celu jest flegmatyzacja i następne moczenie prochu, powtarzane naprzemian aż do uzyskania odpowiednich cech balistycznych prochu. Operację tę specjalnie trudno wykonywać z prochami z bawełny o dużej lepkości. Przenikanie kamfory w głąb ziaren prochu zachodzi nawet po ostatecznem wykończeniu prochu. Zbyt głębokie przenikanie kamfory psuje proch, ma to zwykle miejsce wtedy, gdy w prochu pozostały zbyt duże ilości rozpuszczalnika.

Prochy nitrocelulozowe, stosowane przeważnie do dział lekkich i broni małokalibrowej, wymagają przy wykończeniu partii uciążliwego moczenia i suszenia naprzemian, w celu nadania żądanych własności balistycznych. Prochy nitroglicerynowe (do 40% nitrogliceryny) używane obecnie specjalnie do dział ciężkich, lądowych i morskich posiadają tę zaletę, że przy tem samym ciśnieniu dają większą szybkość pocisków — zaś produkcja ich jest o wiele prostsza, niż nitrocelulozowych. Szwecja, przodująca pod względem wyrobu prochów, stosuje obecnie proch nitroglicerynowy o zawartości do 50% nitrogliceryny do broni małokalibrowej. W związku z różnemi metodami fabrykacji prochów we Francji i w Niemczech, należy zauważyć, że warunki odbiorcze na bawełnę strzelniczą są o wiele surowsze w Niemczech ($\pm 0,05\%$ N) niż we Francji ($\pm 0,31\%$ N) przyczem przy fabrykacji prochu w Niemczech jednorazowo przygotowuje się wielkie partje (do 50 t.) bawełny strzelniczej o ściśle określonej zawartości azotu.

Według doświadczeń niemieckich proch nitrocelulozowy o stałych własnościach balistycznych daje się osiągnąć jedynie przez żelatinizację alkoholo-eterem. Stałość balistyczna prochu zależy również w dużej mierze od zdolności pochłaniania wilgoci przez ziarna prochu, co jest znowu zależne od charakteru ich powierzchni. Niemiecka fabryka Walsrode podaje zawartość wilgoci dla prochu karabinowego polerowanego normalnie 1,2 — 1,3%, dopuszczalnie 1,0 — 1,5%, dla prochu myśliwskiego (nitrocelulozowego) porowatego 1,4 — 1,7% normalnie a 1,1 — 1,9% dopuszczalne. Du Pont, stosując się do warunków atmosferycznych Ameryki, podaje wartości 0,7 — 1,4% wilgoci. E. Benesch ¹²⁾ opublikował

sposób oznaczania wilgoci w prochach nitrocelulozowych w obecności pozostałych od żelatynizacji alkoholu i acetonu. W. Molenda zamieścił w „Przeglądzie Aryleryjskim” (Nr. 1 t. VII, 1928 str. 71) artykuł p. t. „Hygroskopijność prochu bezdymnego” (na podstawie danych, ogłoszonych przez R. Divis’a). Według tych danych przyczyną hygroskopijności prochu jest sama nitroceluloza. Wilgotność prochu zmienia się zależnie od wilgotności powietrza. Balistyczne własności prochu ulegają znacznym odchyleniom pod wpływem wilgotności. Zależnie od stopnia hygroskopijności prochy bezdymne można podzielić na 3 grupy. R. Divis usiłuje obalić twierdzenie H. Brunswig’a, jakoby współczynnik hygroskopijności był dla każdego rodzaju prochu stały. Kształt, wielkość i gęstość ziaren prochu mają wpływ na szybkość absorpcji wilgoci. Prochy nitrocelulozowe winny być przed elaboracją przechowywane w hermetycznych skrzyniach.

Proch nitroglicerynowy, podczas ulatniania się zeń wilgoci, może tracić jednocześnie i część nitrogliceryny. Wysoka wilgotność prochu obniża jego stałość, przyspieszając rozkład, który może się skończyć nawet samozapaleniem się prochu. Autor kończy swe rozważania stwierdzeniem, że procesy fizyczne i chemiczne, zachodzące w prochach bezdymnych, nie są jeszcze dostatecznie zbadane, trzeba zatem narazie traktować każdy rodzaj prochu indywidualnie i opierać się na wynikach długoletnich doświadczeń.

Nowe opisy fabrykacji prochów bezdymnych podają: „Nobels Explosives” Co. Ltd.¹³⁾, oraz wspomniane już dzieło Eckelt’a i Gassner’a, jak również C. Krauz¹⁴⁾.

Jednym z interesujących powszechnie procesów przy fabrykacji prochu jest odzyskiwanie rozpuszczalników (głównie etero-alkoholu) w takich fazach fabrykacji jak: ugniatanie, prasowanie, polerowanie i suszenie. Sposób Bayer’a, polegający na użyciu węgla czynnego znalazł zastosowanie w niektórych fabrykach prochu bezdymnego. Według Stettbacher’a przyczyną katastrofy w fabryce prochu w Hasloch (1926 r.) był fakt, że przy odzyskiwaniu zaabsorbowanych rozpuszczalników z węgla czynnego wywiązuje się znaczna ilość ciepła, które może spowodować samozapalenie lub nawet wybuch. Jednak I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft w Leverkusen, będąc właścicielem patentu Bayer’a zaprzecza temu twierdzeniu. Na poparcie swych słów I. G. przytacza fotografie aparatów regeneracyjnych, które były tak mało uszkodzone, że nieprawdopodobieństwem jest, aby w nich nastąpił wybuch. Pary rozpuszczalników w aparaturze są mieszane ze znaczną ilością powietrza (3 — 5 g na 1 m³) tak, że niebezpieczeństwo wybuchu jest wykluczone. Ponadto sieć rur, przez które przechodzi powyższa mieszanka, wyposażona jest w urządzenia zabezpieczające

przeciwko pożarowi, wybuchom i rozchodzeniu się pożaru. Bodewig¹⁵⁾, jak również Eckelt i Gassner szczegółowo opisują system Bregeat'a, polegający na tem, że lotne rozpuszczalniki są absorbowane przez pewną frakcję olei krezolowych, następnie oddestylowane w temp. 130° i poddawane rektyfikacji.

T. Urbański (Przegląd Artyleryjski Nr. 5 t. VII, 1928, str. 444) ogłosił „Kilka uwag o rekuperacji rozpuszczalnika przy wyrobie prochu bezdymnego“. Omawiając niebezpieczeństwo, grożące zawsze w mniejszym lub większym stopniu fabrykom ze strony urządzeń rekuperacyjnych, podaje szereg sposobów rekuperacji, a więc: 1) drogą kondensacji przez chłodzenie, 2) drogą kondensacji przez sprężenie izotermiczne, 3) przez absorbcję kwasem siarkowym, 4) przez absorbcję olejem krezolowym (sposób Bregeat'a), 5) przez absorbcję węglem aktywowanym (sposób Bayer'a) i 6) przez absorbcję krzemionką aktywowaną. Autor objaśnia warunki, w jakich sposób Bayer'a może być niebezpiecznym i konstatuje, że jakkolwiek geneza katastrofy w Hasloch nie została całkowicie wyjaśniona, to jednak pewnem jest, że spowodowana była charakterystycznymi właściwościami rekuperacji zapomocą węgla czynnego w/g systemu Bayer'a. W zakładach Du Pont'a w St. Zjednoczonych A. P. wprowadzona została rekuperacja zapomocą węgla czynnego, lecz jako dodatkowa obok rekuperacji głównej przez kondensację zimnem. Autor sądzi, że dopiero z chwilą, gdy zostanie rozstrzygnięta pomyślnie kwestja bezpieczeństwa — stosowanie węgla czynnego do rekuperacji uzyska prawo obywatelstwa.

Wkońcu autor stwierdza, że żaden ze sposobów rekuperacji nie daje wyników zupełnie zadowalających i zaznacza, że dlatego w pewnych, nawet nowocześnie urządzonych fabrykach, nie stosuje się wogóle rekuperacji.

J. Bałaczyński w artykule p. t. „O rozpuszczalnikach przy wyrobie prochu bezdymnego“ (Przegląd Artyleryjski 1924 r. str. 55) porusza sprawę wpływu rozpuszczalników na własności prochu. Omówiwszy pokrótce różnice pomiędzy prochami nitrocelulozowymi a nitroglicerynowymi, autor stwierdza, że zalety i wady obydwu rodzajów prochów występują najwyraźniej przy dużych kalibrach dział; balistyczną niższość prochów nitrocelulozowych tłumaczy autor nierównomiernością rozmieszczenia rozpuszczalnika; szybsze zaś niszczenie luf działowych przez prochy nitroglicerynowe objaśnia nie wyższą temperaturą spalania się tego prochu, (jak to dawniej tłumaczono) lecz tem, że spalanie się nitrogliceryny cokolwiek wyprzedza spalanie się bawełny strzelniczej. Wymienione wady skłaniają do poszukiwania innych rozpuszczalników; poszukiwania takie czynione są oddawna (proch piroksylinowo-nitrobenzolowy, próby przeprowadzane w Niemczech w r. 1912). Przytoczywszy 5 warunków, jakim winien od-

powiadać idealny rozpuszczalnik, autor podaje rezultaty własnych doświadczeń, zebrane w tabelkę, z których wynika, że rozpuszczalników należy poszukiwać wśród węglowodorów nitrowanych, o niskim punkcie topliwości (np. ortonitrofenylnitrometan). Wreszcie autor opisuje sposób, w jaki przygotował proch z nitrocelulozy i ortonitrofenylnitrometanu, oraz wyniki uzyskané przy strzelaniu tym prochem.

Rozkład samoczynny prochów według poglądów współczesnych jest reakcją autokatalityczną, w której czynnikiem wybitnie przyśpieszającym rozkład są powstające z rozkładu nitrocelulozy tlenki azotu. Reakcja rozkładu przy warunkach sprzyjających prowadzi do samozapalenia. Dodatek ciał, posiadających zdolność reagowania z tlenkami azotu i wiązania ich, znakomicie zmniejsza szybkie tempo rozkładu. Badano wiele związków celem zastosowania ich jako utrwalaczy (stabilizatorów) prochu bezdymnego: mocznik i jego pochodne, karbamid, dwufenylamina, nitrozodwufenylamina, nitroguanidyna, trójnitronaftalen, wazelina, kamfora, olej rycynowy, fenantren, rosanilina — oto szereg ewentualnych stabilizatorów. Z pośród nich jednak brane są pod uwagę obecnie tylko dwufenyloamina, pochodne mocznika („centrality“) i wazelina.

Ze studjum H. Muraour'a¹⁶⁾ dowiadujemy się, że dwufenyloamina nie jest idealnym stabilizatorem, gdyż w pewnych warunkach wodór grupy imidowej, wskutek swych własności redukujących, może redukować nitrocelulozę. O przemianach dwufenyloaminy w mniej lub więcej stałych prochach piszą Divis i Ashodown¹⁷⁾. Działania redukującego nie wywiera dwufenyldwuetylomocznik (centralit), zatem jest on zupełnie pewnym i skutecznym stabilizatorem. Według H. Muraour'a rozkład prochu jest to powolna hydroliza estrów azotowych celulozy w obecności HNO_2 , przy czem w przeciwieństwie do rozkładu przy silnem ogrzewaniu produkty gazowe nie są wydzielane nazewnątrz z masy prochu.

H. Rakowski w artykule: „Zabarwienie prochów bezdymnych“ (Przegl. Art. Nr. 6 t. VIII, 1929, str. 579) podaje za A. J. Philipsem, który badał sprawę zmian zabarwienia prochów bezdymnych w Pícatinny Arsenal w St. Zjednoczonych A. P., kilka ciekawych szczegółów. Nitroceluloza żelatynizowana sama przez się posiada zabarwienie żółtawe do brązowego. Zabarwienie ziaren prochu występuje i staje się coraz intensywniejsze w miarę suszenia prochu, jednocześnie ziarna tracą przezroczystość. Zmiana zabarwienia zachodzi wskutek utleniania dwufenyloaminy do fenazyny. Ciemnienie zachodzi szybko w temperaturze podwyższonej i wobec światła. Wyciągi eterowo - alkoholowe z ciemno zabarwionych ziaren prochu posiadają zabarwienie ciemno-niebieskie, wskazujące na obecność „błękitu dwufenyloaminowego“. Zmiany, jakim ulega

dwufenyloamina w ziarnach zabarwionych, nie wpływają ujemnie na stałość prochu. Produkty działania tlenków azotu, pochodzących z rozkładu nitrocelulozy, na dwufenyloaminę mają zabarwienie od pomarańczowego do żółto-cytrynowego i występują jako plamy lub smugi na ziarnach prochowych. Ziarna, w których rozkład nitrocelulozy jest posunięty daleko, są kruche i posiadają jaskrawo-żółte zabarwienie. Partje prochu zawierające takie ziarna winny być poddane badaniu i ewentualnie niszczone. Bardzo pożyteczną byłaby domieszka do prochu wskaźnika, któryby ulegał widocznej zmianie, w chwili gdy rozkład prochu zaczyna szybko postępować. Stosowana w tym celu w Japonji rozanilina daje pewne wskazówki, lecz nie jest wskaźnikiem idealnym.

Z prac analitycznych nad określaniem stabilizatorów w prochach wymienić należy pracę Turka¹⁸⁾ nad oznaczeniem centralitu i dwufenyloaminy w prochach metodą bromowania; Giua i Gastalla¹⁹⁾ określają centralit w prochach nitroglicerynowych pośrednio. Aparad²⁰⁾ jakościowo, szybko wykrywa centrality, otrzymując ich nitropochodne (dwu, cztero- i sześciinitrozwiązki), które następnie utożsamia zapomocą reakcji barwnych.

Badanie stałości prochów bezdymnych.

Nawet zupełnie dobrze stabilizowane produkty wyjściowe, t. j. nitroceluloza i nitrogliceryna na skutek wpływów, jakim podlegają przy przeróbce na proch bezdymny, w produkcie gotowym zwykle ulegają powolnemu rozkładowi. Powolny rozkład prochów, który w okolicznościach sprzyjających nagromadzeniu się ciepła rozkładu może przybierać tempo coraz żywsze, prowadząc do samozapalania lub wybuchu, jest zjawiskiem pilnie badanym przez uczonych i techników. Z licznych prac w tej dziedzinie niektóre tylko zostały zastosowane praktycznie, jakkolwiek i te wybrane metody nie są zadawalające. Idealna metoda badania stałości powinna być szybka, łatwo wykonalna i powinna charakteryzować cały przebieg rozkładu prochu, nie tylko pewne jego stadia.

E. Berger (Wiadomości Techniczno-Artyleryjskie rok 1929 Nr. 1 — kwiecień) zamieścił zestawienie i krytykę „Metod badania stałości chemicznej bawełny strzelniczej i prochów bezdymnych“. Na wstępie autor omawia znaczenie badań nad stałością, naturę chemiczną, własności, przyczyny rozkładu bawełny strzelniczej oraz sposoby zapobiegania rozkładowi, a właściwie zmniejszanie szybkości tego procesu (stabilizacja i przechowanie w odpowiednich warunkach). Streściwszy prace Brunswig'a, Robertson'a i Will'a nad szybkością rozkładu stabilizowanej nitrocelulozy, przechodzi autor do prochów bezdymnych nitrocelulozowych, porównując ich własności i stałość chemiczną z nitrocelulozą. Następnie rozpatrzone jest rozkład prochu bezdymnego (przyczyny i procesy chemiczne). Powyższe rozważania nasuwają wniosek o konieczności kontroli chemicznej stałości bawełny strzelniczej (podczas produkcji) i prochu bezdymnego (świeżo wyprodukowanego oraz w czasie magazynowania). Nadmieniwszy, że omawiając poszczególne metody badania stałości, łączyć je będzie w grupy o pewnych wspólnych własnościach, autor przystępuje do opisu najstarszej próby Abel'a. Poza Anglią (gdzie dotąd jest próbą oficjalną) odgrywa ona rolę podrzędną. Niemiecka modyfikacja próby Abel'a posiada

wszystkie wady tej ostatniej. Próba Guttman'a jest mniej czuła niż próba Abel'a, lecz na wyniki jej nie wpływają domieszki w bawelnie strzelniczej, przytem przy próbie tej używa się papierków dwufenyloaminowych, łatwiejszych do przygotowania niż papierki jodoskrobiowe, stosowane przy próbie Abel'a. Próba Hoitsemy za miernik stałości ma temperaturę, w której zaczyna się rozkład. Powyższe metody nie czynią zadość wymaganiom. Metoda Hess'a jest pierwowzorem szeregu jakościowych metod badania stałości, w których produkty rozkładu są usuwane w miarę powstawania. Innemi metodami tego typu są: próba niemiecka (w 135° C), próba Vieill'a, próba Simona Thomas'a, próba ogrzewania w 100°, „neue Warmlagermethode“ (w 75° C), próba Patterson'a w 65,5° C (Surveillance Test). Dalej przystępuje autor do rozpatrywania metod ilościowych badania stałości. Historycznie pierwszą metodą jest próba Will'a; służy ona właściwie do oznaczania stałości bawelny strzelniczej (lecz nie prochów bezdymnych stabilizowanych lub nitroglicerynowych), a przytem odbywa się ona w warunkach odmiennych od tych, w jakich ma miejsce rozkład magazynowanego materiału (usuwanie produktów rozkładu). Najbardziej rozpowszechnioną ilościową metodą oznaczania stałości bawelny strzelniczej i prochów bezdymnych jest niewątpliwie próba Bergmann'a i Junk'a, która odbywa się w warunkach zbliżonych do normalnego przechowywania (o ile chodzi o produkty rozkładu) i nie wymaga dłuższego czasu; wady jej stanowią: zbyt wysoka temperatura, niezbyt dokładne a dość skomplikowane oznaczanie tlenków azotu i wreszcie dowolnie obrany czas trwania próby. Mayrhofer zmodyfikował tę metodę, zastępując wodę w rurkach Bergmann'a 2%-owym roztworem KJ i oznaczając tlenki azotu drogą odmiareczkowania wydzielonego jodu; stykanie się jednak jodu z badanym materiałem wybuchowym może być źródłem błędu. Natomiast celową wydaje się metoda Mayrhofer'a badania stałości prochów nitroglicerynowych drogą równoległego badania suchej i zwilżonej próbek danego prochu (przyspieszony rozkład próbki zwilżonej dzięki zmydlającemu działaniu wody). Metoda Obermüller'a daje szybsze wyniki, niż metoda Bergmann'a i Junk'a, oraz umożliwia śledzenie przebiegu rozkładu badanego materiału. W próbie Sy'a oznacza się całkowitą stratę na wadze badanego materiału, ogrzewanego w 115° C; niezawsze daje ona wyniki jednoznaczne, a przytem wymaga zbyt wiele czasu. Miernikiem stałości chemicznej badanego materiału w metodzie M. Taliani'ego jest czas, w ciągu którego prężność produktów rozkładu osiąga wartość 300 mm; metoda ta ulepszona została we Francji. T. zw. „Próba holenderska“ odznacza się prostotą, jest lepszą od próby Sy'a, lecz ustępuje w dokładności próbie Taliani'ego. Metoda Hansen'a oparta jest na pomiarach stężeń jo-

nów wodorowych w roztworach otrzymanych drogą ługowania wodą prochów bezdymnych i nitroceluloz, uprzednio ogrzewanych w temperaturze 110° C. Inną metodę elektrochemiczną podał de Bruin, surowy krytyk metody Hansen'a. Obydwie te metody wymagają jednak jeszcze szeregu uzupełniających badań zanim będzie można wydać wyrok co do ich istotnej wartości. Szereg ilościowych metod oznaczania stałości w temperaturze stałej zamyka metoda D. Berthelot'a i H. Gaudechon'a, posiadająca swoisty charakter ze względu na zastosowanie promieni pozafioletowych, jeszcze niedostatecznie zbadana i opracowana. Następną kategorię stanowią próby stałości materiałów wybuchowych przeprowadzane w temperaturze niestałej. Zwraca się tutaj uwagę nie na uzyskane produkty rozkładu i ich ilość, lecz na ciepło, wywiązujące się w czasie rozkładu. Do kategorii tej należą: „Waltham Abbey Silvered Vessel Test“, stosowana wyłącznie do prochów nitroglicerynowych, próba Taylor'a (Temperature Rise Test) — do prochów nitrocelulozowych i bawełny strzelniczej, wreszcie „Metoda oznaczania temperatury pobudzenia materiału wybuchowego“ (Verpuffungsprobe). Dwie pierwsze próby wymagają jeszcze dokładnego opracowania; trzecia jest próbą jakościową, różniącą się od poprzednio rozpatrzonych jakościowych prób tem, że w niej rozpatrywany jest końcowy okres rozkładu badanego materiału wybuchowego, a nie jak zwykle pierwszy; nie przedstawia ona specjalnych zalet (prócz krótkiego czasu jej trwania), jest jednak często stosowana w celach orjentacyjnych. Ostatnią kategorią prób stałości są: próby w temperaturze zwykłej lub do niej zbliżonej; należą tutaj próby, ograniczające się do stwierdzenia, czy badany proch zawiera wolny kwas-produkt rozkładu, a więc „próba lakmusowa“ (nie dająca zupełnie pewnych wyników), dalej „próba z n/10 papierkiem metylofioletowym“ (dająca lepsze od poprzedniej wyniki), wreszcie „próba Angeli'ego“ (dla prochów nitroglicerynowych); wskaźnikiem w tej ostatniej jest roztwór dwumetyloamino-azobenzolu. Pozostają jeszcze dwie metody o znaczeniu wyłącznie naukowym, będące wynikiem usiłowań opracowania prób ilościowych badania stałości materiałów wybuchowych, przeprowadzanych w zwykłej temperaturze. Są to: metoda Chiaraviglio i Corbino oraz próba Pollard'a, będąca w zasadzie ulepszoną próbą Hess'a. Idealnej próby stałości — do tychczas nie opracowano. Mimo to badanie stałości chemicznej już obecnie stoi na tak wysokim poziomie, że w razie fachowej kontroli prochów, katastrofa spowodowana przez samorzutny ich rozkład jest niemal wyłączona.

E. Kniażykowski (Przegląd Artyleryjski 1926 r. str. 741) rozważa, „Czy próba na stałość przy temperaturze 134,5 ± 0,5° daje bezwzględnie

pewne wyniki przy badaniu prochów bezdymnych zawierających centralit?“. Prochy takie niekiedy wybuchają podczas wymienionej próby nie będąc bynajmniej istotnie niestałymi; zjawisko to tłumaczy prof. Brunswig tem, że centralit, wiążąc produkty rozkładu podczas próby, sam rozkłada się na kwas węglowy, nitroanilinę i nitrocentralit, przyczem w wysokiej temperaturze rozkład ten następuje tak gwałtownie, że w zamkniętych rurkach ma wszelkie pozory wybuchu. Wobec tego autor artykułu wzywa do ogólnego wyciągania wniosków z wyników, jakie otrzymuje się przy omawianej próbie cieplnej.

Stettbacher podkreśla zalety próby Bergmann'a i Junk'a, stosowanej od wielu lat w Niemczech. Jednak według opinii pewnej fabryki prochu nie należy przeceniać wyników tej metody specjalnie dla kontroli przebiegu fabrykacji, prócz tego stwierdzono, że nawet bardzo małe wahania temperatury znacznie wpływają na ilość odszczepionego NO. Wzorowo prowadzone prace nad stałością prochów wykonywuje w Niemczech Państwowy Instytut Chemiczno-Techniczny w Berlinie, który przejął kompetencję w tej dziedzinie od dawnego Wojskowego Instytutu Badawczego (Militärversuchtsamt). Między innemi w powyższym Instytucie była wykonana praca Lenz'a i Metz'a, poddająca surowej krytyce metody, stosujące papierki odczynnikowe (metylfioletowe, jodoskrobiowe) przez porównanie ich z metodami ścisłymi (np. Hansen'a).

H. Rakowski w Wiadomościach Techniczno - Artyleryjskich (Nr. 2, 1929, str. 240) przytacza artykuł Storm'a z „Army Ordnance“ (1929 styczeń — luty Nr. 52) „Rozkład prochu bezdymnego“. Na wstępie omawiana jest stałość prochów, zależność jej od warunków w jakich proch się znajduje oraz rola i działanie stabilizatora (dwufenyloaminy). Dobry proch dostatecznie stabilizowany, przechowywany w znośnych warunkach, po 20 latach jest jeszcze zupełnie zdalny do użytku. Otóż właśnie odpowiednie przechowywanie, które zapewnia prochom zachowanie pewnych określonych ilości rozpuszczalnika i wilgoci, polega na hermetycznie szczelnem opakowaniu, w dobrze wentylowanych, suchych magazynach, nie wykazujących większych wahań temperatury; szczegółowe badania bowiem wykazały, że ciepło i wilgoć są największymi wrogami stałości prochu. Utrata rozpuszczalnika czyni proch bardziej porowatym i wrażliwym na wilgoć, przyczem alkohol etylowy odgrywa do pewnego stopnia rolę stabilizatora, łącząc się z tlenkami azotu. Dalej omawiane są procesy cieplne przy rozkładzie prochu: wytwarzające się ciepło podnosi temperaturę prochu. Gdy proch znajduje się w większych masach, zjawisko to może się skończyć samozapaleniem prochu, małym ilościom prochu, na skutek łatwego rozpraszania się ciepła,

ewentualność taka nie grozi. Własności fizyczne i wygląd zewnętrzny prochu nitrocelulozowego również ulegają zmianom pod wpływem rozkładu. Ciekawym zjawiskiem są t. zw. ziarnka plamiste, z którymi dokonano w St. Zjednoczonych szeregu prób ich wpływu na proch normalny (samozapalenie się prochu). Następnie przytoczone są wyniki prób, przeprowadzonych w Niemczech, nad możliwością samozapalenia się prochu nitrocelulozowego. Rosyjski znawca prochu. N. Żukowski, który doniedawna twierdził, że przy przechowywaniu prochów nie luzem, lecz w sposób normalnie przyjęty, samozapalenia można się nie obawiać, obecnie zmienił zdanie w tym sensie, iż nawet jedna skrzynka prochu w złych warunkach może spowodować pożar magazynu. Dla uniknięcia takich wypadków niezbędne jest rozsegregowanie zapasów prochu na partje i stała kontrola chemiczna. Wkońcu autor porusza sprawę prochów małopłomiennych i niehygroskopijnych FNH, wprowadzonych niedawno w St. Zjednoczonych A. P.

H. Rakowski na podstawie źródeł rosyjskich, amerykańskich i francuskich omawia sprawę „Przechowywania prochów bezdymnych w wodzie“ (Przegląd Artyleryjski 1925, str. 242). Przechowywanie takie zapobiegłoby możliwości samozapalenia się prochu, nie wpływając w widoczny sposób na własności balistyczne i stałość. Próby przechowywania prochu bezdymnego w wodzie dokonane zostały w Rosji, St. Zjednoczonych A. P. i Francji, przyczem stwierdzono, że nawet niepewne pod względem stałości prochy bardzo dobrze przechowują się w ten sposób i po kilku latach mogą być użyte do strzelania. Sposób ten jednak stosować można jedynie do prochów ściśle nitrocelulozowych; prochom nitrocelulozowym progresywnym, flegmatyzowanym powierzchownie oraz prochom nitroglicerynowym przechowywanie w wodzie mogłoby grozić wyługowaniem flegmatyzatora, względnie nitrogliceryny.

E. Kaczmarkiewicz (Przegląd Artyleryjski 1927, str. 251) podał opis ciekawego zjawiska. Mianowicie znalazł on w dwóch próbkach prochu armatniego US_3 drobną ilość ziaren prochu, które podczas próby stałości w $135^{\circ}C$ już po kilku, a najwyżej kilkunastu minutach wydzielają tlenki azotu, przyczem na powierzchni ziaren powstają wzdęcia często w kształcie stożków z otworami na wierzchu, przypominające kratery wulkanów; z tej racji autor nazywa ziarna takie „wulkanicznymi“, a jako ewentualne przyczyny tego zjawiska przytacza: inkluzję kwasu azotowego; powstałą przy fabrykacji lub skutek lokalnego rozkładu celulozy w ziarnach, przypadkową obecność soli azotowych lub jakiejś substancji, działającej katalitycznie na rozkład nitrocelulozy, wreszcie wytworzenie wskutek działania mikroorganizmów łatwo rozkładających się nitrozwiązków. Co do bezpieczeństwa takiego prochu autor uważa, że jakkolwiek żadna z próbek

podczas ogrzewania nie wybuchła, wskazana jest jednak ostrożność w sensie izolowania takiego prochu i poddania go dalszej obserwacji.

Należy podkreślić fakt, że źródła amerykańskie wspominają o ziarnach „plamistych“ dopiero w r. 1929 (Army Ordnance 1929 — styczeń).

S. Markiewicz i T. Śmiśniewicz w artykule „O wykorzystaniu praktycznym starych prochów nitroglicerynowych“ (Wiadomości Techniczno-Artyleryjskie 1930, str. 754) rozpatrują sprawę racjonalnego zużycia pozostałych po wielkiej wojnie zapasów. Początkowo starano się zużyć te zapasy do wyrobu materiałów kruszących, dotyczyło to szczególnie prochów nitroglicerynowych. W Niemczech wzięto cały szereg patentów na materiały zawierające prochy mielone z dodatkiem: azotanu wapnia, sodu lub potasu, gipsu i nitrozwiązków aromatycznych.

Badania prowadzone przez autorów dotyczyły starych prochów nitroglicerynowych o zawartości od 40,6 — 50,2% nitrogliceryny. Mielenie prochów wykonywano na młynku tarczowym przy ciągłym dopływie zimnej wody do leja młynka. Badania stałości zmielonych prochów wykazały mały wpływ rozdrobnienia na obniżenie stałości, jedynie b. drobno zmielony proch wykazał niższą stałość. Wzrost wilgotności prochu wpływa ujemnie na jego stałość. Proch moczony w roztworach sody i wodzie wapiennej wykazał zmniejszenie stałości.

Próba Trauzla wykazała większe rozdęcie dla prochów drobno-mielonych i naogół przekracza rozdęcie dla trotylu. Szybkość detonacji również wzrasta dla prochów zmielonych i wogóle jest nieco mniejsza od szybkości trotylu. Również czułość na spłonkę i przenoszenie detonacji wzrasta dla prochów drobno mielonych. Próby wrażliwości na tarcie i uderzenie prochu kilkakrotnie zamrażanego i odmrażanego nie dały wyników ujemnych. Elaboracja granatów ręcznych prochami zmielonemi nie przedstawia trudności większych niż ładowanie innemi materjami. Efekt dźwiękowy i efekt rozprysku granatów ładowanych prochami zmielonemi nie ustępuje, a czasem przewyższa odnośne efekty granatów ładowanych szedytem.

H. Rakowski (Wiadomości Techniczno - Artyleryjskie, 1930, str. 601), w art. „Przepisy o urządzaniu i prowadzeniu wytwórni prochów bezdymnych w Niemczech“, podaje przekład przepisów wydanych ostatnio w Niemczech.

Na początku autor daje historję powstania odnośnych przepisów w Rosji, Austrii i Niemczech. Przepisy niemieckie odznaczają się staraniem opracowaniem i wielkiem zróżniczkowaniem dla różnych rodzajów materiałów wybuchowych. Przepisy urzędowe są wydane przez niemieckie Ministerstwo Handlu i Przemysłu, poza tem istnieją przepisy prowadzenia pracy, wydane przez Związek Zawodowy Przemysłu Chemicznego w Niem-

cech, oraz wskazówki (Merkblätter), wydane przez Centralny Urząd Nadzorczy Ministerstwa Wojny — te ostatnie wydane są jako poufne.

Następnie autor podaje ogólną charakterystykę oraz przekład nowych przepisów dla wytwórni prochów bezdymnych. Przepisy te zostały opracowane przez Centralny Urząd Nadzorczy nad wytwórniami materiałów wybuchowych (Zentralaufsichtsstelle für Sprengstoff und Munitionsfabriken) i wydane dnia 15 marca 1929 przez Ministerstwo Pracy w jego urzędowym wydawnictwie (Reichsarbeitsblatt).

W rozdziale pierwszym podane są własności prochów bezdymnych i surowców służących do ich wyrobu.

Rozdział drugi traktuje o fabrykacji prochów nitrocelulozowych i nitroglicerynowych. Wyliczone są kolejno operacje przy fabrykacji odnośnych gatunków prochu. Zaznaczone jest niebezpieczeństwo, występujące przy fabrykacji prochów nitroglicerynowych, zwłaszcza bez rozpuszczalnika.

W rozdziale trzecim znajdujemy przepisy dotyczące budynków wytwórni. Rozdział ten podzielony jest na przepisy ogólne i specjalne (dla prochów myśliwskich i nitroglicerynowych). Przepisy ogólne podają odległości poszczególnych budynków, materiał budowlany, konstrukcje bezpieczne, odpowiednie instalacje elektryczne (siły i światła), ogrzewanie. Ze względu na większe niebezpieczeństwo przy fabrykacji prochów porowatych (myśliwskich i ćwiczebnych) oraz nitroglicerynowych, przepisy zawierają specjalne uzupełnienia dla instalacji fabryk produkujących te gatunki prochu.

Następny rozdział: Przepisy ruchu fabrycznego, — zawiera szczegółowe uwagi dotyczące poszczególnych czynności przy fabrykacji, z wymienieniem, czego należy unikać przy danej czynności, aby nie spowodować katastrofy. Rozpatrzone są: fabrykacja prochów oraz rekuperacja eteru i alkoholu.

Wreszcie w ogólnych przepisach bezpieczeństwa podane są: sposoby utrzymania czystości i porządku w pomieszczeniach fabrycznych, bezpieczeństwo pożarowe i inne.

¹²⁾ Chem. Ztg. 1927, str. 578.

¹³⁾ Ind. Chem. 1927, str. 305 — 307.

¹⁴⁾ Chemický Obzor 1926, str. 2 — 9, 52 — 59, 127 — 131, 237 — 242, 267 — 270, 298 — 302.

¹⁵⁾ Ztsch. f. d. Schiess u. Sprengstoffw. 1927, str. 166 — 169.
Chem. Ztg. 1927, str. 101 — 103.

¹⁶⁾ Chimie et Industrie 1928 vol. 20/Nr. 4.

¹⁷⁾ Ind. Eng. Chem. 1925, str. 674.

¹⁸⁾ Chemický Obzor 1926, str. 295 — 298.

¹⁹⁾ Atti R. Accad. Soc. di Torino 1925, str. 73 — 80.

²⁰⁾ Mém. des. Poudres 1926, str. 180 — 190.

Literatura dotycząca prochu bezdymnego.

Guastalla G. Les poudres sans fumée contenant de la centralite. *Annali di Chimica Applicada* 1925, str. 35 — 40.

Philipps A. J. Variations in the color of smokeless powder grains. *Army Ordnance* 1926, str. 384 — 386.

Vieille P. Etude de l'élimination des produits volatils dans les poudres colloïdales. *Mémorial des Poudres* 1926, str. 107 i 125.

Seifert J. Hodnocent stability bezdymného prachu podle zjištěného průběhu rozkladu při teplotní zkoušce. *Vojensko-Technické Zpravy* 1927, str. 42 i 67.

Webster G. E. Inspection of smokeless powder. *Army Ordnance* 1927, str. 45.

Muraour H. Sur les lois de combustion des poudres colloïdales. *Bulletin de la Soc. Chim. de France* 1926, str. 981 i 1115.

Desmaroux J. Recherches sur la structure microscopique des poudres B. *Mém. des poudres* 1926, str. 259.

Desmaroux J. Etude de la fixation du camphre par la nitrocellulose. *Mém. des Poudres* 1928, str. 54.

Desmaroux J. Dosage de camphre dans la poudre. *Mém. des Poudres* 1928, str. 43.

Desmaroux J. Repartition de la diphenylamine dans les brins de poudre B. *Mém. des Poudres* 1928, str. 33.

Nielubin J. Lepkość jako kryterjum stałości prochu (ros.). *Wojna i Technika* 1927, str. 46.

Nielubin J. Określenie stałości prochów bezdymnych (ros.). *Wojna i Technika* 1928, str. 65.

Van Gelder A. P. i Schlatter H. Smokeless powder in the United States Army. *Army Ordnance* 1928, str. 246, 318 i 393.

Muraour H. La décomposition des poudres et explosifs et la theorie des stabilisants. *Chimie et Industrie* 1928, str. 610.

Marqueyrol M. Etude de divers stabilisants. *Mém. des Poudres* 1928, str. 158.

Ruggeri A. Sur l'application des theories physiques modernes à l'étude de la constitution des poudres colloïdales. *Rivista d'Artiglieria e Genio* 1928, str. 221—244.

Tibbits G. C. Propellant powder. *Army Ordnance* 1929, str. 271.

Storm G. C. Decomposition of smokeless powder. *Army Ordnance* 1929, str. 230.

Krauss J. Poudre colloïdale. *Vojensko-Technické Zpravy*, 1929, str. 80.

De Bruin G. Etude sur la décomposition spontanée de la poudre sans fumée. *Nederlandsche Sprengstoffenfabrieken*, 1929, Nr. 1, 2, 3, 4. *Ztschr. f. d. Schiess und Sprengstoffw.* 1929, str. 184 — 185.

Nitrogliceryna, nitroglikol i pentryt.

Obok nitrocelulozy, nitrogliceryna jest drugim podstawowym materiałem, wchodzącym w skład całego szeregu materiałów kruszących i miotających. Dwa pomysły Nobla: żelatynizowanie bawełny strzelniczej zapomocą nitrogliceryny i napajanie nitrogliceryną ciał obojętnych stworzyły zasadnicze typy materiałów wybuchowych, w skład których wchodzi nitrogliceryna.

Wielki zapas energii przy wielkiej gęstości (1,6) nitrogliceryny w połączeniu z wielką szybkością detonacji daje potężny efekt kruszący tego materiału.

Metody otrzymywania nitrogliceryny nie są zbyt skomplikowane, jakkolwiek wymagają dużo ostrożności i uwagi od kierowników produkcji i personelu robotniczego. Jak widać z powyższego, zalety wybuchowe i łatwość otrzymywania nitrogliceryny powinny ją uczynić najbardziej używanym materiałem wybuchowym. Dopiero wojna światowa uwydatniła ujemną stronę produkcji nitrogliceryny, a mianowicie brak surowca podstawowego — gliceryny. Częściowo wprowadzono jako materiał zastępczy — glikol, który utrzymał się szczególnie w Ameryce, gdzie produkcja jego wzrasta szybko, bo siedmiokrotnie w ciągu jednego roku (r. 1927). Wartość produkcji dwunitroglikolu oceniana jest na 9 milionów funtów angielskich.

Do połowy 1927 r. Bureau of Mines dopuściło do użytku w kopalniach węgla 25 rodzajów materiałów wybuchowych zawierających dwunitroglolikol.

Drugim konkurentem gliceryny tłuszczowej jest gliceryna fermentacyjna, otrzymana drogą fermentacji cukru (niemiecki wojenny Fermentol i Protol). Amerykańska firma Du Pont de Nemours ogłasza, że w dziedzinie produkcji gliceryny potrafi uniezależnić się od przemysłu tłuszczowego, cenę zaś gliceryny fermentacyjnej określa na niewielką część (5%!!) ceny

zwykłej gliceryny. Jednak wydajność, stopień czystości i procentowość gliceryny (92 — 98%) otrzymanej drogą fermentacji nie są zadowalające. Według H. Stadlinger'a ²¹⁾ z 10 — 12 kg cukru można otrzymać zaledwie 1 kg gliceryny dynamitowej. Natomiast „Vereinigte chemische Werke A. G.” twierdzi, że 1 kg gliceryny czystej można otrzymać z 4 kg cukru. Do oznaczania zawartości wody w glicerynie F. Barth ²²⁾ stosuje metodę destylacji z czterochloroetanem i oznaczenie przedestylowanej wody w miarowej kapilarze. Metoda ta, nieporównanie szybsza od stosowanej dotychczas, daje wyniki prawie teoretyczne. Riesener i Kessen ²³⁾ stosują tę metodę bez dodawania Ag NO_3 , używanego przez Barth'a.

Dotychczas istniały dwie metody otrzymywania nitrogliceryny. Według metody niemieckiej nitracja odbywała się w nitratorach, zaś rozdzielanie kwasów ponitracyjnych i nitrogliceryny w specjalnych rozdzielaczach. Metoda angielska Nathan'a polega na tem, że specjalnie skonstruowany nitrator po ukończonej nitracji służy jako rozdzielacz, przez co unika się najniebezpieczniejszej operacji, a mianowicie przesyłania nitrogliceryny rurami. Poza tem metoda Nathan'a stosuje kwasy więcej stężone niż metoda niemiecka, daje większe wydajności i mniej kwasów ponitracyjnych. Zasadnicze zmiany i ulepszenia w produkcji nitrogliceryny zostały dokonane w początkach bieżącego stulecia. Zastosowanie oleum oraz silne chłodzenie podczas nitracji znacznie zwiększyło wydajność produktu. Przyspieszenie rozdzielania nitrogliceryny i kwasów ponitracyjnych przez stosowanie pewnych odczynników oraz rozdzielanie przez „wypieranie“ nitrogliceryny (w metodzie Nathan'a) zwiększyło wykorzystanie instalacji i bezpieczeństwo pracy. Ostatnie lata przynoszą nowości w rozmiarach instalacji oraz nowy sposób nitracji ciągłej. Dotychczasowe nitratory ołowiane dające jednorazowo do 140 kg nitrogliceryny ustąpiły w Ameryce miejsca stalowym kwasoodpornym aparatom o takiej pojemności, że jednorazowa nitracja daje 1500 kg nitrogliceryny. Wydajności obecnie dochodzą do 235% wobec 246,7% wydajności teoretycznej Mashkin ²⁴⁾ ustala najlepsze warunki nitracji przy stosunku: 5,6 części mieszanki nitrującej (56,6% H_2SO_4 i 43,4% HNO_3) na 1 cz. gliceryny.

A. Schmid ²⁵⁾ podaje opis ciągłej nitracji gliceryny. Gliceryna oraz mieszanina nitrująca przechodzą przez naczynie pojemności 30 l. zaopatrzone w szybkie mieszadło. Aparat ten daje 250 kg nitrogliceryny w ciągu 1 godziny przy temperaturze nitracji 16—17°C. Jeśli nitrować w 10°C to wskutek małej rozpuszczalności nitrogliceryny w kwasach, rozdzielanie może odbywać się w tym samym aparacie, przyczem dzięki zastosowaniu wysokich warstw płynów oraz specjalnej konstrukcji aparatu po 3 godzinach rozdzielanie jest ukończone. Dotychczas w celu przyspieszenia

wydzielania nitrogliceryny z kwasów stosowano niewielki dodatek różnych substancji jak: fluorek sodu z krzemionką, mocznik, acetamid, dwucjanodwuamid oraz płynne węglowodory, jak parafina lub wazelina. Jednak tym ostatnim przypisują wydarzenie się kilku katastrof.

Następnie Schmid podaje, że można zmniejszyć straty nitrogliceryny do 0,2% (dawniej 1%) przy wymywaniu od kwasów, stosując wymywanie alkaliczne, t. j. z dodatkiem sody. Proces wymywania bardzo przyspiesza dodatek chlorowodoru aniliny, który z resztkami HNO_3 tworzy rozpuszczalną w wodzie sól, zobojętnianą przez sodę. W razie niestosowania chlorowodoru aniliny nierozpuszczalność sody w nitroglicerynie utrudnia zobojętnianie resztek HNO_3 . Stosując chlorowodorek aniliny w bardzo krótkim czasie (5 — 7 minut) otrzymuje się nitroglicerynę pozbawioną kwasu azotowego i wytrzymującą próbę Abel'a ponad 1 godz. (w 720°C). Stosując tę metodę można stabilizować wielkie ilości nitrogliceryny w aparatach o niewielkich rozmiarach. W stosunku do dawnych metod jest to wielki postęp, gdyż dawniej nawet po 5 — 8 krotnem przemycaniu nie można było ręczyć za dobry wynik próby Abel'a.

Denitrację kwasów odpadkowych Schmid przeprowadza pod zmniejszonym ciśnieniem, stosując ogrzewanie przeponowe (nie wprowadzając pary żywej). Otrzymuje się w ten sposób kwas azotowy dość czysty oraz kwas siarkowy o około 15% większej zawartości H_2SO_4 niż przy denitracji zwykłej. Instalacja denitracji zbudowana jest z „Thermosilidu“ Krupp'a.

Próbna instalacja doświadczalna, pracująca według wyżej podanych zasad Schmid'a, znajduje się w Brieg (Szwajcaria). Jest ona przez specjalistów uważana za wielki postęp w dziedzinie fabrykacji nitrogliceryny.

W celu otrzymania najwyższej szybkości detonacji (ok. 8000 m/sek.), jaką otrzymał A. M. Comey przez detonację nitrogliceryny zapomocą spłonki Nr. 7 (1,6 g picrunianu rtęci), należy mieszać ją z 1 — 10% mąki korkowej. Wiadomość tę pochodzącą ze źródeł szwedzkich i norweskich potwierdza doświadczenie Stettbacher'a, w którym użył on mieszaniny nitrogliceryny z 1,4% mąki korkowej.

Stalność nitrogliceryny w Anglii i Szwecji badana jest zapomocą próby Abel'a, przyczem szczególnie wysokie wymagania stawiane są dla nitrogliceryny przeznaczonej do wyrobu prochu bezdymnego (minimum 20 minut w temp. 820°C). W Ameryce nie stosuje się do badania nitrogliceryny próby Abel'a od roku 1911. Niedostateczne odmycie od kwasów stwierdza się zapomocą papierka lakmusowego.

Poza Ameryką, gdzie nitrogliceryna jako taka jest stosowana w górnictwie naftowym, wszędzie stosowana jest jedynie jako składnik materiałów kruszących lub miotających. W Ameryce w celu bezpiecznego przewo-

zu mieszana jest z acetonem. Na miejsce przeznaczenia nitroglicerynę wytrąca się przez dodanie wody, przemywa wodą i po odsączeniu przez azbest używa bezpośrednio.

Dawniej znana własność nitrogliceryny obniżania ciśnienia krwi została ilościowo zbadana przez Döllken'a²⁶⁾. 2 — 3 mg. nitrogliceryny w ciągu 2 — 5 minut obniża ciśnienie krwi ze 130 do 100 mm Hg. W ciągu następnych 15 minut ciśnienie zaczyna wzrastać, zaś po 2 — 4 godzinach osiąga swą pierwotną wartość. Znacznie silniejsze skutki, połączone jak i przy nitroglicerynie z migrenicznym bólem głowy, wywołuje łatwiej lotny nitroglikol.

Dwunitroglikol (dwuazotan glikolu). W latach ostatnich w Ameryce i Anglii prawie wyłącznie zaczęto używać do nitracji mieszaniny gliceryny z glikolem, otrzymując produkt niewrażliwy na niskie temperatury (niezamarzający). Dwunitroglikol wyparł z użycia stosowaną dawniej w celu obniżenia temperatury zamarzania nitrogliceryny — dwunitrochlorohydrynę. W Stanach Zjednoczonych A. P. produkcja dwunitroglikolu i nitrogliceryny przedstawia się jak następuje:

dwunitroglikol		nitrogliceryna dynamitowa
r. 1926	2.000 t.	22.320 t.
r. 1927	15.000 t.	22.305 t.

Znaczny wzrost produkcji dwunitroglikolu objaśnia się taniejącym źródłem glikolu jakim jest amerykański gaz ziemny. Przez oziębienie i sprężenie gazu ziemnego wydziela się etylen, który poddany chlorowaniu, a potem zmydleniu daje glikol i chlorohydrynę etylenu. Poza innymi metodami syntezy glikolu ważną jest synteza z acetylenem przez uwodornienie wobec niklu w temp. 180° i utlenienie otrzymanego etylenu. Prócz glikolu amerykańscy fachowcy uważają dwuetylenoglikol ($\text{CH}_2\text{O.OH.CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$) za materiał mogący znaleźć zastosowanie w produkcji materiałów wybuchowych. Nitracja glikolu na dwunitroglikol zapomocą mieszaniny 50% H_2SO_4 i 50% HNO_3 , przebiega dobrze z wydajnością 230%. Oddzielanie dwunitroglikolu od kwasów ponitracyjnych i wymywanie gotowego produktu jest łatwiejsze i prędsze niż analogiczne operacje przy otrzymywaniu nitrogliceryny. W. N. Rinkenbach²⁷⁾ podaje w swych pracach wyczerpujące dane, dotyczące otrzymywania, własności i zastosowania dwunitroglikolu.

Własności balistyczne:

	dwunitroglikolu	nitrogliceryny
f	= 9676 kg	10.084
v_0	= 734 l	712 l
t	= 3196 ^o	3470 ^o
α	= 0,73	0,712
P	= 672 t/m	670 t/m

Dwunitroglikol w mieszaninie z nitrogliceryną używany jest do wyrobu dynamitów. Zmieszany z bawełną strzelniczą żelatynizuje ją szybciej niż nitrogliceryna, dając żelatynę mało sztywną i kleistą. Ze względu na większą lotność dwunitroglikolu, ugniatanie i patronowanie dynamitów musi odbywać się w temperaturze niższej niż normalnie przy zastosowaniu nitrogliceryny, a mianowicie w temperaturze od 0^o do 15^oC. Większa lotność dwunitroglikolu wpływa na niższą wytrzymałość przy próbie cieplnej, prócz tego powoduje silne bóle głowy (u osób nieprzyzwyczajonych). Jednak, jak wykazało doświadczenie, lotność dwunitroglikolu nie wpływa ujemnie na odpowiednio przygotowane i opakowane dynamity. Tak więc żelatyna wybuchowa, zawierająca około 90% dwunitroglikolu i patronowana, w ciągu 30 dni w temperaturze 35 — 38^o traci na wadze około 0,6%, podczas gdy żelatyna zawierająca 90% nitrogliceryny w tych samych warunkach traci — 0,2%. Natomiast taka sama żelatyna z dwunitroglikolem niepatronowana traci 34,5% — zawierająca nitroglicerynę — 0,5%. W Anglii i Ameryce trudno zamarzające dynamity są wyrabiane wyłącznie z produktów nitracji mieszaniny gliceryny i glikolu.

We francuskich dynamitach trudno zamarzających stosunek dwunitroglikolu do nitrogliceryny wynosi około 1:4. Temperatura krzepnięcia dwunitroglikolu — 22,3^o. Gęstość dwunitroglikolu wynosi 1,49.

Przenoszenie detonacji dla materiałów wybuchowych zawierających dwunitroglikol jest lepsze niż dla równorzędnych materiałów zawierających nitroglicerynę, również manipulacja z temi materiałami jest bezpieczniejsza. Według doświadczeń A. Stettbacher'a należy uważać dwunitroglikol za najsilniejszy związek wybuchowy pomimo jego małej gęstości.

Stosowane dawniej dynamity zawierające ziemię okrzemkową i żelatyny wybuchowe obecnie ustąpiły miejsca żelatynodynamitom, zawierającym poza zmienną ilością (35 — 90%) żelatyny wybuchowej, saletrę (potasową, sodową, lub amonową), mąkę drzewną i inne domieszki. W celu obniżenia temperatury zamarzania dodaje się jedno i dwunitropochodne toluolu lub benzolu (głównie w Szwecji, Szwajcarji i Francji), jedno

i dwunitrogliceryny, zwłaszcza zaś dwunitroglikol (w Ameryce). W produkcji żelatynodynamitów wielkie znaczenie mają odpowiednie maszyny do mieszania i patronowania. Muszą one szybko i dokładnie mieszać całą masę przerabianą oraz dawać zupełną gwarancję bezpieczeństwa. Z ostatnio zastosowanych maszyn należy wspomnieć ugniataarkę słupową zakładów „Draiswerke“ oraz amerykańską patroniarke „Hall“.

Czteroazotan pentaerytrytu. (Pentryt).

Pentryt jest materiałem, który w latach ostatnich zdobył jako materiał kruszący i inicjujący powszechne uznanie. Trudność otrzymania surowca pentaerytrytu została pokonana dzięki syntezie aldehydu octowego i formaldehydu, oraz opracowanym metodom kondensacji tych aldehydów do pentaerytrytu. Otrzymywanie i zastosowanie pentrytu zostało wielostronnie opracowane przez A. Stettbacher'a. Literatura przedmiotu oraz próby zastosowania pentrytu do spłonek detonujących podane są przez M. Głowacką (Wiadomości Techniczno-Artyleryjskie 1930 str. 740) — tamże podane są metody otrzymywania pentaerytrytu przez kondensację formaldehydu i aldehydu octowego. Techniczny pentaerytryt wyrabiany przez Gesellschaft für elektrochemische Industrie Turgi (Szwajcaria) posiada p. topl. 244 — 248° C.

Pentaerytryt nitruje się dymiącym HNO_3 (c. wł. 1.50) bez dodatku kw. siarkowego. Czteroazotan pentaerytrytu ma postać więcej lub mniej długich białych kryształów zależnie od rozpuszczalnika, z jakiego był krystalizowany. Niebezpieczne, gdyż łatwo wybuchają przy prasowaniu, są delikatne długie igły otrzymane przez wlanie roztworu acetonowego czteroazotanu do 90%-ego alkoholu. Punkt topl. czteroazotanu wynosi 140—141°. Pentryt jest produktem zupełnie stałym w odróżnieniu np. od analogicznego nitromannitu oraz mało wrażliwym. Wrażliwość pentrytu zmniejsza się po zaprasowaniu. Zaprasowany pod ciśn. 6000 atm. jako ładunek pocisku jest bezpieczny nawet przy 820 m/sek. szybkości początkowej. O zastosowaniu balistycznym pentrytu zdecydowały powyżej wymienione jego zalety oraz wielka siła krusząca.

	Gęstość ładunku	Szybkość detonacji	Wybrzuszenie bloku Trauzl'a
Trotyl	1,59	6.700	285
Nitrogliceryna	1,60	7.450	515
Pentryt	1,62	∞ 8.400	470

Pentryt zastosowano jako napełnienie spłonek detonujących, detonatorów, małokalibrowych pocisków przeciwpancernych i lontów detonują-

cych o szybkości 7000—8000 m/sek. A. Stettbacher opatentował pod nazwą pentrynit materiał wybuchowy, zawierający 80% pentrytu i 20% nitrogliceryny (Ztsch. für d. Schiess. und Sprengstoffw. 1928, str. 345). Materiał ten można zaprasować do gęstości 1,69 — 1,70 ciśnieniem 600 atm., podczas gdy do doprowadzenia do tej gęstości samego pentrytu trzeba 2500 atm. Pentrynit posiada większą energję niż pentryt i również jak ten ostatni może być użyty do napełniania pocisków. Szwedzka firma Nobelkrut Bofors dostarcza pentrytu pod nazwą pentyłu po 15 koron szwedzkich za 1 kg. Rheinisch-Westfälische Sprengstoff A. G. Köln wyrabia lonty, detonujące pentrytowe.

Azotan skrobi (nitroskrobi).

W czasie wojny Stany Zjednoczone A. P. zdecydowały zastosować do granatów ręcznych, karabinowych i moździerzy Stokes'a materiały zawierające nitroskrobię.

Jako surowca używano skrobi Cassara i Tapioca. Nitrowano ją jak celulozę mieszaniną kwasu azotowego i siarkowego. Najniebezpieczniejszą operacją było suszenie gotowego produktu, ze względu na łatwą zapalność i wybuchowe palenie się suchej nitroskrobi. Sucha nitroskrobi jest czulsza od trotylu, lecz mniej czuła od suchej bawełny strzelniczej lub nitrogliceryny. Stałość nitroskrobi wyrabianej w czasie wojny w Ameryce uznana była przez władze wojskowe za dostateczną przy zachowaniu odpowiednich warunków przechowania (suche pomieszczenia i odpowiednio niska temperatura). Szybkość detonacji czystej nitroskrobi wynosi 6.000 m/sek.

Materiał używany do granatów ręcznych, karabinowych i moździerzy Stokes'a nosił nazwę Trojan i zawierał:

nitroskrobi	23 — 27%,
NH_4NO_3	31 — 35%,
NaNO_3	35 — 40%,
węgla	1,5 — 2,5%,
ciężk. węglowodor.	0,5 — 1,5%,
dwufenyloaminy	0,2 — 0,4%,
„Antacid“ (?)	0,5 — 1,5 (Na_2CO_3),
wilgoci	1,2%.

Materiał pod nazwą Grenite stosowany był ze względu na swą większą czułość, jedynie do granatów ręcznych, skład jego:

nitroskrobi	95,5 — 98,25%,
nafty	0,75 — 2,00%,
gumy arabskiej	0,75 — 2,00%,
wilgoci	do 1,00%.

-
- 21) Chem. Ztg. 1928, str. 700 — 701.
22) Chem. Ztg. 1927, str. 975.
23) Chem. Ztg. 1928, str. 243.
24) Journal Chim. Ukrain., 1928, str. 59 — 113.
25) Ztsch. f. d. Schiess. u. Sprengstoffw. 1927, str. 169, 201, 308, 354.
26) Münch. Med. Wochenschrift 1928, str. 294.
27) Ind. Eng. Chem. 1926, str. 1195 — 1197.

Literatura dotycząca nitrogliceryny, nitroglikolu, pentrytu.

Schmid A. Neue Möglichkeiten für die Nitroglyzerinerzeugung. Ztschr. f. d. ges. Schiess. u. Sprengstoffw. 1927, str. 169, 201.

Schmid A. Studien über den Nitroglyzerinwaschprozess. Ztsch. f. d. ges. Schiess. u. Sprengstoffw. 1927, str. 308 — 311.

Neubner R. Das neue Nitrierverfahren von dr. A. Schmid. Ztschr. f. d. ges. Schiess. u. Sprengstoffw. 1928, str. 44 — 46.

Schmid A. Glykoldinitrat als Basis gelatinöser Sprengstoffe. Ztschr. f. d. ges. Schiess. u. Sprengstoffw. 1927, str. 273 — 276.

Naoum Ph., Meyer K. F. Der Dampfdruck des Nitroglyzerins und des Nitroglykols. Ztschr. f. d. ges. Schiess. u. Sprengstoffw. 1929, str. 88 — 90.

Marschall A. Der Dampfdruck des Nitroglyzerins. Ztschr. f. d. ges. Schiess. und Sprengstoffw. 1929, str. 177.

Kast. H. Untersuchung über den Ersatz des Nitroglyzerins in Ammonsalpetersprengstoffe durch andere Zusätze. Ztschr. f. d. ges. Schiess. u. Sprengstoffw. 1927, str. 208, 243, 279.

Stettbacher A. Verwendung des pentaerytryltetranitrats als Militärsprengstoff. Ztschr. angew. Chemie 1928, str. 716 — 718.

Nitrozwiązki aromatyczne.

Różniące się charakterem chemicznym od estrów kwasu azotowego, jakimi są nitroceluloza i nitrogliceryna, nitrozwiązki aromatyczne ze względu na swe zalety prędko zdobyły zaufanie i zostały wprowadzone w technice wybuchowej cywilnej i wojskowej. Zaletami tej klasy materiałów wybuchowych są: duża energia wybuchowa, wielka stałość chemiczna, niewielka wrażliwość na tarcie i uderzenie oraz względnie niskie punkty topliwości, pozwalające osiągać znaczną gęstość ładowania przy „zalewaniu“ pocisków.

Materiałami wyjściowymi do otrzymywania nitrozwiązków aromatycznych są produkty suchej destylacji węgla, ewentualnie składniki niektórych gatunków rop naftowych. Surowce te: węglowodory, fenole, czy też aminy można otrzymać w wysokim gatunku chemicznej czystości, co ma znaczenie pierwszorzędne przy fabrykacji. Jakość ostatecznego produktu oraz wydajność procesów nitracji w dużym stopniu zależy od czystości produktu wyjściowego.

W metodach nitracji w latach ostatnich nie zaszły żadne poważne zmiany. Metody jedno czy też wielostopniowej nitracji, jak np. przy otrzymywaniu trotylu, trzymane dotychczas w tajemnicy przez poszczególne wytwórnie, są przeważnie uwarunkowane pewnymi metodami gospodarki kwasowej, metod denitracji i t. p. Wydane przez angielskie Ministry of Munitions, Technical Records of Explosives Supply 1915—1918 (London 1920) zawierają szczegółowe opisy fabrykacji trotylu, kwasu pikrynowego i denitracji kwasów odpadkowych. Są to jedyne tego rodzaju monografie, podające w najdrobniejszych szczegółach aparaturę i metody produkcji wytwórni angielskich.

Wznowione zostały próby laboratoryjne stosowania rtęci jako katalizatora nitracji. Jednak z przyspieszeniem nitracji w tym wypadku

wzrasta niepożądane utlenianie pierścienia aromatycznego. Blechta i Patek, którzy ostatnio przeprowadzali te próby, przypuszczają, że stosowanie rtęci może mieć praktyczne znaczenie.

W dziedzinie nitropochodnych benzolu, od czasów wojny, gdy dwunitrobenzol znalazł zastosowanie do napełniania granatów, a dwunitrochlorobenzol do fabrykacji heksylu, nie zaszły żadne zmiany. Nie został również dotychczas opracowany łatwy sposób otrzymywania trójnitrobenzolu, materiału silniejszego od trotylu, a co do czułości leżącego pomiędzy kwasem pikrynowym i trotylem. Dwunitrotoluol — produkt przejściowy do trotylu, znalazł zastosowanie w materiałach górniczych, stosowany jest, również jako dodatek do prochów bezdymnych, ostatnio nawet w poważnych ilościach do amerykańskich prochów niehygroskopijnych.

2.4.6 Trójnitrotoluol (Trotyl).

Bezwzględnie najpoważniejszym materiałem kruszącym stał się ostatnio trotyl. Wprowadzony w Niemczech do napełniania pocisków w r. 1902, dopiero na podstawie doświadczeń wielkiej wojny został zastosowany w innych krajach. Szczegóły fabrykacji trotylu zaczęto ujawniać dopiero po wojnie. Poza zwykłymi nitratorami do nitracji ciągłej stosowano aparat Neumana „Turbo“. Nitracja odbywała się w cienkiej warstwie płynów przepływających pomiędzy dwiema powierzchniami, w miarę potrzeby chłodzonymi, lub ogrzewanymi. Aparat ten posiada dzienną wydajność ∞ 9000 kg dwunitrotoluolu. Pojemność aparatu (płyny stale przepływają, nie zatrzymując się) wynosi 1200 kg, podczas gdy w nitratorze zwykłym ładunek jednorazowy wynosi 3000 kg.

R. Giovetti²⁹⁾ opisuje metody otrzymywania i własności nitro, dwunitro i trójnitrotoluolu, wreszcie podaje własności produktu wyrabianego przez Societa Italiana Prodotti Esplosivi. Według patentu R. Gärtner'a³⁰⁾ usuwanie czteronitrometanu, powstającego przy nitracji trotylu odbywa się przez wdmuchiwanie do płynnego trotylu gorącego powietrza lub pary przegrzanej i rozpylenie trotylu przez specjalną dyszę. Czteronitrometan usuwa się wraz z parą, trotyl zaś ostudzony strumieniem zimnego powietrza opada w postaci stałej. Oczyszczanie trotylu zapomocą roztworu siarczynu sodowego opisuje H. Muraour³¹⁾ według źródeł amerykańskich. 3 — 5%-y roztwór siarczynu sodu rozpuszcza niesymetryczne trójnitrotoluole, czteronitrometan i produkty utlenienia powstałe przy nitracji, natomiast nie działa na dwunitrotoluole, dwunitrobenzol i trójnitrometaksylol. Angielskie zakłady w Ardeer — stosując metodę siarczynową, otrzymują z produktu o p. krzepnięcia 78° produkt krzepnący w 80,5°. Sedla-

czek (Ztschr. f. d. Schiess. u. Sprengstoffwesen 1924, Nr. 10) podaje amerykański patent na oczyszczanie trotylu zapomocą H_2SO_4 . Stosuje się kwas 93%-wy w ilości dwukrotnej na wagę surowego trotylu. Przemywanie kwasem stosuje się dwukrotnie, resztki kwasu usuwa się wodą lub alkalinami. Do regeneracji resztek trotylu rozpuszczonego w kwasach ponitracyjnych Büsching³²⁾ zaprojektował kwasoodporną aparaturę termosilidową, z której oddestylowuje reszta HNO_3 .

Co dotyczy własności trotylu, nie podlega kwestji jego większa stałość i bezpieczeństwo użycia w porównaniu z kwasem pikrynowym. Jednak badania C. Krauz'a i Turek'a³³⁾ prowadzą do wniosku, że trotyl pod wpływem światła utlenia się do kwasu pikrynowego i trójnitrobenzoesowego i wskutek zaszłych w nim zmian staje się bardziej wrażliwy i niebezpieczny. Wichert i Donath³⁴⁾ zwalczają wywody powyższych badaczy, powątpiewając, czy w warunkach zwykłych mogą w trotylu zaistnieć takie zmiany pod wpływem światła.

Naoum³⁵⁾ na zasadzie doświadczeń twierdzi, że z trotylu w pewnych warunkach tworzy się nierozpuszczalny w benzolu i w wodzie brunatny produkt o dużej wrażliwości na uderzenie. Jednocześnie z powstawaniem tego związku zachodzi strata azotu i występuje reakcja kwaśna, papierek jodokrobiowy zabarwia się (NO_2). Giua i Reggiani³⁶⁾ znaleźli, że czerwono zabarwione produkty powstałe wskutek działania alkaliów na trotyl są prawdopodobnie pochodniami dwubenzylu i są silnie wybuchowe.

A. Pomaski (Przemysł chemiczny 1922, str. 330) podaje dość szczegółowy opis fabrykacji ksylilu (trójnitrometaksylolu), jaka była prowadzona w r. 1916 i 1917 w fabryce chemicznej Krotte w Piotrogradzie. Ksylil stosowany był do napełniania pocisków w mieszaninie z kwasem pikrynowym.

2. 4. 6. *Trójnitrofenol (kwas pikrynowy).*

Z chwilą zastosowania do wojskowej techniki wybuchowej trotylu, kwas pikrynowy utracił swe wyłączne stanowisko niezastąpionego materiału kruszącego. Zamiana ta była bardzo korzystna ze względu na kwasowe własności kwasu pikrynowego, które wymagały specjalnych ostrożności przy fabrykacji, jak również przy ładowaniu nim pocisków. Jednak w czasie wielkiej wojny, kiedy zużytkowywało się wszelkie materiały dostępne, fabrykacja kwasu pikrynowego prowadzona była na szeroką skalę.

Zapotrzebowanie fenolu było tak wielkie, że poza fenolem otrzymywanym ze smoły pogazowej, używano duże ilości fenolu syntetycznego. W St. Zjednoczonych A. P. rozwinął się w związku z zapotrzebowaniem

wojennem przemysł fenolu syntetycznego, który po wojnie został zrekonstruowany i dostarcza go nadal dla przemysłu mas sztucznych (bakelitów). Poza zwykłym sposobem otrzymywania kwasu pikrynowego przez nitrację fenolu oraz syntezę z chlorobenzolu przez dwunitrochlorobenzol, usiłowano otrzymać kwas pikrynowy przez nitrację benzolu wobec azotanu rtęci jako katalizatora. Otrzymanie kwasu pikrynowego w jednej operacji w powyższy sposób, zresztą z małemi wydajnościami (140%) nie wyszło z fazy doświadczeń laboratoryjnych. Udoskonalenia metod nitracji fenolu zdążają do uzyskania większych wydajności. Według patentu niemieckiego D. R. P. 298021 stosuje się oleum i nitrację prowadzi się w kotłach żelaznych; wydajność w tej metodzie dochodzi do 205% wobec 243.5% teoret. i 196% otrzymanych staremi metodami. Fred. Olsen i J. C. Goldstein³⁷⁾ opisują metodę o wydajności 220—235%. H. S. Reed³⁸⁾ jest zwolennikiem nitracji fenolu w małych naczyniach kamionkowych, nitrację zaś w wielkich aparatach uważa za stosowną do syntezy kwasu pikrynowego z chlorobenzolu. J. W. Percy podaje metodę nitracji w garnkach, wydajność tej metody 220%.

Niestosowany już obecnie do napełniania granatów kwas pikrynowy używany jest do napełniania detonatorów dla trotylu. Również lont detonujący z kwasem pikrynowym w otocze cynowej ustąpił miejsca lontowi trotylowemu w tańszej otoczce ołowianej.

Stany Zjednoczone A. P. stosowały pikrynian amonu, t. zw. „explosive D“, specjalnie do napełniania granatów przeciwpancernych, ponieważ nie jest on zbyt czuły na uderzenie. Pikrynian amonu występuje w dwóch chromoizomerycznych postaciach, z których żółta posiada o 15% mniejszą siłę kruszącą, niż czerwona.

Czteronitrometyloanilina (Tetryl).

Tetryl jest materiałem silniejszym od trotylu i kwasu pikrynowego.

	szybkość detonacji	t ⁰ wybuchu	wybrzuszenie w bloku Trauzl'a
trotyl	6800 m/sek.	2217 ⁰	280 cm ³
kw. pikrynowy	7290 m/sek.	2600 ⁰	300 cm ³
tetryl	7200 m/sek.	3126 ⁰	320 cm ³
czteronitroanilina	7500—8000 m/sek.	3238 ⁰	380 cm ³

Tetryl stosowany jest do napełniania spłonek detonujących, detonatorów i w mieszaninie z trotylem (60/40) do napełniania pocisków.

W. Lee Tanner³⁹⁾ podaje dokładny przepis otrzymywania tetrylu. Dwumetyloanilinę sulfonuje się 98%-ym kwasem siarkowym w stosunku 1 cz. dwumetyloaniliny na 8 cz. kwasu siarkowego. Otrzymany kwas sulfonowy wlewa się do 85%-ego kwasu azotowego w stosunku 9 cz. kwasu sulfonowego na 6 cz. kwasu azotowego w temp. 50°, doprowadza się temperaturę do 85° i utrzymuje ją przez 3 godziny. Po oziębieniu do 25° odsącza się tetryl, przemywa gorącą wodą, odwirowuje i suszy w 80°. Jeżeli produkty użyte były czyste, otrzymany tetryl nie wymaga oczyszczania przez krystalizację. Tetryl wyrabiany przez Nobels Explosives Co. w Ardeer nie oczyszczany przez krystalizację topi się w 128° — 129°. Szwedzki krystalizowany tetryl topi się w 130°. C. J. Bain⁴⁰⁾ podaje amerykańską metodę otrzymywania tetrylu. Dwumetyloanilinę sulfonuje się 97%-ym H_2SO_4 (1 cz. dwumetyloaniliny na 14,4 cz. H_2SO_4). Otrzymany kwas sulfonowy wlewa się do 9,6 cz. mieszaniny nitrującej (66,7% HNO_3 , 15,8% H_2SO_4 i 17,5% wody) utrzymując temperaturę 68° — 73°. Po wlewniu całej ilości sulfokwasu miesza się 20 minut, następnie chłodzi do 50° i wylewa mieszaninę do zimnej wody. Wydzielony tetryl przemywa się dwukrotnie wrzącą wodą. Odwirowany i wysuszony produkt posiada kwasowość 0,15%, p. topl. 128,5°. Oczyszcza się przez rozpuszczenie w benzenie i wymywanie gorącą wodą. Ostatecznie oczyszczony tetryl posiada p. topl. 129,2°, kwasowość 0,005%. Ze względu na to, że tetryl używany jest w mieszaninie z trotylem, ważną rzeczą jest ilościowe oznaczanie tetrylu w tych mieszaninach. W tej dziedzinie istnieją prace Taylor'a i Rinkenbach'a. (Journal Ind. Eng. Chem. 1923) oraz Lehmedt'a⁴¹⁾. Ten ostatni rozkłada tetryl zapomocą H_2SO_4 w nitrometrze, trotyl w tych warunkach rozkładowi nie ulega. Metodę tę krytykuje L. Desvergues⁴²⁾, utrzymując, że wobec rtęci część tetrylu redukuje się do trójnitrofenylometyloaminy, zatem, zostaje uwolniona nie cała ilość NO.

Związek zawierający o jedną grupę nitro więcej od tetrylu — 2, 3, 4, 6 czteronitrofenylometylonitroamina jest związkiem o wielkiej sile kruszącej, lecz nietrwałym. C. F. Van Dün⁴³⁾ wykazał, że wszystkie nitrozwiązki mające grupę nitro w położeniu 3 są nietrwałe.

Z pomiędzy wielu nitrozwiązków praktyczne znaczenie posiada sześciinitrodwufenyloamina (heksyl), stosowana w mieszaninie z trotylem (80/20 i 60/40) do napełniania min, torped i bomb lotniczych. W Szwecji mieszanina ta znana jest pod nazwą Novit. Tetryl i heksyl dopuszczane są do transportu kolejowego jedynie z 25% zawartością wody. Czteronitroanilina była stosowana w czasie wojny przez St. Zjednoczone A. P. Oznacza się ona znaczną siłą detonacji. Stosowana była jako napełnienie spłoniek detonujących. Jednak jest zbyt czuła na uderzenie i rozkłada się

pod wpływem wody nawet w niskich temperaturach. Wyżej nitrowane pochodne aniliny nie mają znaczenia praktycznego.

S. Micewicz i K. Majkowski w artykule: „Badania nad temperaturą pobudzenia kilku aromatycznych nitrozwiązków wybuchowych“ (Przemysł Chemiczny 1928, str. 197 — 214) podają metodę i wyniki swych badań. Temperaturę pobudzenia oznaczano, mierząc opór drucika platyniorydowego, zanurzonego w ogrzewanym nitrozwiązku. Zbadano w ten sposób temperaturę pobudzenia trotylu, kwasu pikrynowego i tetrylu. W obszernym artykule A. Hirszowskiego: „O zatruciach zawodowych przy fabrykacji barwników smołowych i produktów przejściowych“ (Przemysł Chemiczny 1928, str. 370, 419, 481, 535, 587) znajdujemy szereg cennych uwag odnośnie trujących własności nitrozwiązków aromatycznych, stosowanych również w technice wybuchowej.

Sedlaczek ⁴⁴⁾ podaje szereg patentów amerykańskich, angielskich i francuskich na nowe materiały wybuchowe.

Tak więc:

Sześciornitrodwufenyl w stanie krystalicznym, lub też prasowany razem z innymi nitrozwiązkami i t. p., ma nadawać się doskonale do napełniania granatów, torped, spłoniek i t. p. Jest on zupełnie obojętny i nie tworzy soli wybuchowych.

Do otrzymywania materiałów wybuchowych nadają się sole kwasów jedno i wielo-sulfonowych, np. sól sodowa kwasu naftaleno-jedno-sulfonowego lub nitronaftalenosulfonowego, które miesza się z NaNO_3 i następnie suszy. Podobnie można stosować sole nitrowanych kwasów fenolosulfonowych.

Cjanamidy lub ich bogate w azot pochodne, zmieszane z utleniaczami, jak NH_4NO_3 , nadchlorany i t. p. mogą być stosowane jako materiały wybuchowe do celów wojskowych.

Trotyl, kwas pikrynowy i t. p. zmieszane w zwykły sposób z utleniaczami (azotany, chlorany i nadchlorany) wykazują stosunkowo słabe własności wybuchowe i małą szybkość detonacji. Utleniacze natomiast, dodane do nitrozwiązków w formie twardych ziaren lub kanciastych kawałków, — nie obniżają ich zdolności wybuchowych.

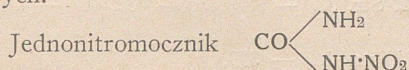
Do otrzymywania materiałów wybuchowych posługiwać się można również takimi związkami, które obok grup nitrowych posiadają jeszcze resztę kwasową kwasu azotowego, np. dwuazotan dwunitrotoluenu.

Bardzo silne materiały wybuchowe sporządzać można z 4,6-dwunitro-2-dwuazofenolu, który do celów tych okazał się nadszodkownie trwałym. Dodany do mieszanin wybuchowych wzmacnia ich siłę wybucho-

wą. Używać go można np. z azotanami, chloranami, nadchloranami, jak również z tetrylem i z innymi nitrozwiazkami.

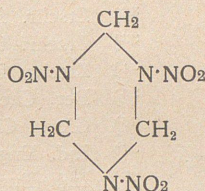
Jako materiały wybuchowe służyć mogą takie związki, które oprócz grup nitrowych i reszty kwasowej kwasu azotowego, zawierają jeszcze grupy wodorotlenowe. np. $C_6(OH)_2, CH_3, CH_2, NO_3(NO_2)_2$.

Materiał wybuchowy, nadający się szczególnie do celów wojskowych, otrzymuje się w pewnych warunkach drogą nitrowania mieszaniny izomerycznych dwuchlorobenzenów (o — i p —). Produkt nitracji stopiony z trójnitropochodnemi daje stałe roztwory, odpowiednie do celów wybuchowych.

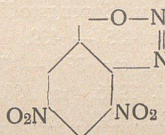


również może służyć jako ma-

teriał wybuchowy. Znalezione, że cyklotrójmetylenotrój-nitroamina wykazuje własności estrów kwasu azotowego i związków nitrowych aromatycznych. Jest to białe kry-
staliczne ciało, bez smaku i zapachu, odporne na dzia-
łanie kwasów i zasad, i posiadające niezwykle wysoką siłę
wybuchową i kruszącą.



Dwuazodwunitrofenol
nia i wielką siłą wybuchową.



odznacza się zdolnością zapala-
Używany być może w mie-

szaninie z innymi materiałami wybuchowemi.

Materiały wybuchowe otrzymać można również tworząc mieszaniny z azotanów i nitroproduktów dwuguanidyny lub guanidyny z NH_4NO_3 , do których dodane być mogą chlorany lub nadchlorany tychże zasad.

Pięcionitronaftole, zawierające 18,18% N, same lub w mieszaninie z innymi materiałami wybuchowemi mogą być używane do napełniania pocisków wybuchowych. Odznaczają się wielką siłą kruszącą.

H. Rakowski⁴⁵⁾ podał przyczyny i skutki: „Wypacania się materiałów wybuchowych w amunicji“. Rozpatrywana jest amunicja eläborowana trotylem, amatołem i kwasem pikrynowym. Powstawanie wy-cieków (eksudacja) czyli wypacanie się płynu oleistego z amunicji jest zjawiskiem fizycznym, spowodowanym przez działanie podwyższonej tem-
peratury na drobne cząstki materiału wybuchowego, zawierające
zanieczyszczenia (obniżające punkt topliwości). Niebezpieczeństwo wypa-
cania się polega na zmniejszeniu gęstości ładunku wybuchowego oraz na
tworzeniu się pomiędzy gwintami otworu głowicowego kryształów trotylu.
Jedno i drugie może w rezultacie spowodować przedwczesny wybuch

pocisku. Jakkolwiek wypacanie się amunicji elaborowanej wspomnianymi materiałami wybuchowymi nie przedstawia podczas magazynowania specjalnego niebezpieczeństwa, to jednak amunicja taka, jak wspomniano, może być niebezpieczną podczas strzelania i dlatego winna być skierowywana do warsztatów amunicyjnych celem doprowadzenia jej do stanu używalnego; przy rozbrajaniu i wogóle manipulowaniu z tego rodzaju amunicją zaleca się należyta ostrożność, zwłaszcza, gdy elaborowana jest kwasem pikrynowym.

-
- 28) Ztschr. f. d. ges. Schiess u. Sprengstoffwes. 1927, str. 314 — 317.
 - 29) Notiziario Chim. Ind. Vol. 2. Str. 377 — 380, 430 — 432, 417 — 478.
 - 30) D. R. P. 416905.
 - 31) Bull. Chim. de France. 1924, str. 367 — 379.
 - 32) Ztschr. f. d. ges. Schiess. u. Sprengstoffw. 1924, str. 81 — 83.
 - 33) Ztschr. f. d. ges. Schiess. u. Sprengstoffw. 1925, str. 49 — 58.
 - 34) Ztschr. f. d. ges. Schiess. u. Sprengstoffw. 1925, str. 69 — 70.
 - 35) Ber. Chem. Ges. 1925, str. 702 — 708.
 - 36) Giorn. Chim. Ind. Appl. 1925, str. 572.
 - 37) Ind. Eng. Chem. 1924, str. 66 — 71.
 - 38) Ind. Eng. Chem. 1924, str. 72 — 74.
 - 39) Ztschr. f. d. ges. Schiess u. Sprengstoffw. 1924, str. 26 — 27.
 - 40) Army Ordnance. 1926, str. 435 — 439.
 - 41) Ztschr. angew. Chem. 1926, str. 379 — 380.
 - 42) Ann. Chimie Analit. appl. 1926, str. 353 — 357.
 - 43) Rec. Trav. Chim. Pays-Bas. 1927, str. 380.
 - 44) Ztschr. f. d. ges. Schiess u. Sprengstoffw. 1924, Nr. 10 i 11; 1925, Nr. 2.
 - 45) Przegląd Artyl., r. 1925, str. 381.

Literatura dotycząca nitrozwiązków aromatycznych.

Bain C. J. Tetryl. Development of a Manufacturing Process of Picatinny Arsenal. Army Ordnance 1926, str. 448.

Matussewitsch J. Über die Wirkung der Pikrinsäure (Melinit) auf den Organismus. Ztschr. f. d. ges. Schiess. u. Sprengstoffw. 1927, str. 258.

Hale G. C. Das gelbe und rote Ammoniumpikrat. Ztschr. f. d. ges. Schiess u. Sprengstoffwes. 1926, str. 87.

Desvergues L. Etude du procédé Wolfenstein et Boters pour la préparation de l'acide picrique à partir du benzène. Chimie et Industrie 1929, str. 451 — 461.

Hale G. C. Fundamental Properties of Military High Explosives. Army Ordnance 1927, str. 115.

Bain G. J. High explosives. Army Ordnance 1929, str. 269.

Kolomažnik J. Tritol comprimé. Vojensko-Technické Zpravy 1929, str. 121—131.

Lodati D. L'influence de la lumière solaire sur le trinitrotoluène. Giorn. Chim. Applicata 1925, str. 572.

Guia M. Reggiani G. Über die Einwirkung der Alkalien auf T. N. T. Ztschr. f. d. ges. Schiess u. Sprengstoffwesen 1927, str. 257.

Jovinet. Note sur la fusibilité des melanges d'acide picrique et de mononitro-naphtaline. Mémorial des Poudres 1928, str. 36 — 42.

Micewicz S. Majkowski K. Badania nad temperaturą pobudzenia kilku aromatycznych nitrozwiązków wybuchowych. Przemysł chemiczny, 1928, str. 197—214.

Henkel H. Über das Sprengverfahren mit Konischen Patronen. Ztschr. f. d. ges. Schiess u. Sprengstoffw., 1928, str. 431.

Rauch P. Über das Sprengverfahren mit Konischen Patronen. Ztschr. f. d. g. Schiess u. Sprengstoffw. 1929, str. 49 — 51.

J. Bałaczyński. Matematyczna analiza działania naboju wydrążonych. Przegląd Artyleryjski, 1924, str. 30.

Friedemann F. Die Chromsäureverbrennung von organischen Verbindungen, von Nitro — und Amidokörpern, Ztschr. f. d. g. Schiess. u. Sprengstoffw., 1929, str. 208 — 210.

Materiały wybuchowe z NH_4NO_3 **(Materiały wybuchowe „bezpieczne”).**

Saletra amonowa jest produktem nader odpowiednim do wyrobu materiałów wybuchowych: odznaczają się one zdolnością do reakcyj egzotermicznych, dających w wyniku produkty gazowe bez reszty stałej, dalej trwałością chemiczną w niskich temperaturach, bezpieczeństwem podczas obchodzenia się z nimi i bezpieczeństwem w stosunku do gazów kopalnianych.

Zdawna znanym był charakter wybuchowy rozkładu NH_4NO_3 według równania $2\text{NH}_4\text{NO}_3 = 2\text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$. Wiedzano również, że jest to jeden z najmniej wrażliwych materiałów wybuchowych, który detonować może jedynie pod wpływem bardzo silnych impulsów. Doniedawna dane te jednak były dość nieokreślone, zwłaszcza w zakresie warunków i możliwości oraz szybkości detonacji.

Dopiero, gdy w r. 1921, wyrządzając wielkie szkody, eksplodowały na Górnym Śląsku dwa wagony naładowane zbitą masą NH_4NO_3 , którą usiłowano rozdrobnić zapomocą rozsadzania patronami wybuchowymi, oraz gdy w kilka miesięcy potem, w podobnych warunkach nastąpiła straszliwa katastrofa w Oppau ⁴⁶⁾, postanowiono ustalić własności wybuchowe NH_4NO_3 we wszystkich kierunkach. Przedewszystkiem oznaczono nieznaną dotychczas szybkość detonacji samej saletry amonowej, tudzież jej mieszanin z innymi solami. Według Aufschläger'a ⁴⁷⁾, w szczelnie zamkniętej przestrzeni, z ładunkiem inicjującym pod postacią sprasowanego kwasu pikrynowego, szybkość detonacji NH_4NO_3 wynosi 2450 m/sek. Znalezione, że t. zw. „saletra siarczano-amonowa“ a więc używana jako nawóz sztuczny, mieszanina równych części NH_4NO_3 i $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ —detonuje jedynie w mocnym żelaznym zamknięciu, a i w tych warunkach bardzo trudno. Równie trudno detonują zmieszane z sobą w stosunku 1 : 1 NH_4NO_3 i KCl; ta mieszanina jednak, w rurach żelaznych z kwasem pikrynowym jako inicjatorem, daje poważną szybkość detonacji 1480 m/sek.

Stwierdzono dalej fakt, że sama saletra amonowa, nawet nie w zamkniętej przestrzeni, pod wpływem np. wybuchającego w niej naboju górniczego, może eksplodować, przyczem rozkład idzie częściowo w kierunku: $2\text{NH}_4\text{NO}_3 = 2\text{NO} + \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$.

Szybkość rozkładu NH_4NO_3 zależy prawdopodobnie nie tylko od temperatury, lecz, bodaj bardziej jeszcze, od warunków techniczno-wybuchowych.

Domieszki, jak ciała organiczne, Al, KMnO_4 zwiększają zdolność detonowania NH_4NO_3 . Dodatek węgla lub innych materiałów palnych zwiększa jej zapalność. Katalityczne działanie pewnych warunków zewnętrznych spowodowało wybuch paruset kilogramów NH_4NO_3 , odparowywanych w żeliwnym kotle (ogrzewanym parą) w pewnym amerykańskim zakładzie krystalizacyjnym ⁴⁸).

Wybrzuszenia w bloku ołowianym Trauzl'a, spowodowane przez NH_4NO_3 , wynoszą według Naoum'a ⁴⁹), zależnie od czystości, formy kryształów i gęstości, 180 — 220 ccm netto.

Poważną wadę NH_4NO_3 stanowi jej hygroskopijność i skłonność kryształów do zbijania się w grudki. Specjalnie prowadzona krystalizacja i natłuszczanie polerowanych ziaren mają, rzekomo, częściowo zapobiegać tym przykrym właściwościom ⁵⁰).

Do mielenia NH_4NO_3 , zależnie od zawartości wilgoci, używa się młynów kulowych, młynów tłukących i bębnow-łamaczy.

W ostatnich czasach rozpowszechniła się na wielką skalę produkcja NH_4NO_3 z azotu powietrza. Są dane jakoby tylko same zakłady Kuhlmann'a we Francji, po ukończeniu budowy, miały wytwarzać rocznie okragło 800000 (?) tonn saletry ⁵¹) (liczbę tę należy brać z zastrzeżeniem).

Mimo swe wady saletra amonowa używana była podczas wojny światowej w olbrzymich ilościach do wyrobu materiałów wybuchowych (amunicja saperska i okopowa). Materiałem takim był Perdit. Mocarstwa centralne stosowały ją również w formie t. zw. prochu amonowego (Ammonpolver: 85% NH_4NO_3 + 15% pyłu węglowego), który dodawano do prochu bezdymnego ($\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ prochu amonowego — $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ prochu nitrocelulozowego). Wielkie ilości NH_4NO_3 służyły wreszcie podczas wojny światowej do częściowego zastąpienia nitrozwiązków aromatycznych, w mieszaninie z którymi (40 — 80 NH_4NO_3 — 60-20 nitrozwiązków) stosowano ją do napełniania pocisków.

Niemiecka produkcja NH_4NO_3 wynosiła ⁵²):

w roku	tonn
1910	3632
1915	35000
1918	140000

Metody fabrykacji materiałów wybuchowych z saletrą amonową, polegające na suszeniu NH_4NO_3 , mieleniu jej, mieszaniu ze stopionymi nitrozwiazkami, patronowaniu i parafinowaniu gotowych patronów, pozostały w gruncie rzeczy niezmienione, jakkolwiek proste te czynności były wykonywane w rozmaity sposób. Obok ogrzewanych aparatów talerzowych (do mieszania) posługiwano się chętnie, w razie dodawania nitrogliceryny, ogrzewanymi i oziębianymi ugniatarkami, w których masa ogrzewana jest aż do stopienia i zupełnego wymieszania nitrozwiazków. Nitrogliceryna, jak również, dodawany dla lepszego detonowania, KClO_4 , wymagają obwałowanych ziemią budynków.

Materiały wybuchowe z saletrą amonową składały się, jak wiadomo, od czasu ich wprowadzenia zasadniczo z 70 — 90% NH_4NO_3 i 10 — 30% nitrozwiazków aromatycznych; drobną jednak część drogich nitrozwiazków zastępowano zazwyczaj dodatkiem mąki drzewnej lub zbożowej, które spulchniały masę i zmniejszały jej skłonność do skupiania się w grudki. Dla materiałów wybuchowych górniczych na zasadzie NH_4NO_3 w większości państw przepisany jest minimum 4%-owy dodatek nitrogliceryny. Jednak nitrogliceryna jest, bądź co bądź, składnikiem nieprzyjemnym; to też propozycja Kast'a, aby zastąpić ją przez 10% KClO_4 znalazła początkowo uznanie.

Oto 3 typy materiałów z saletrą amonową, zestawione w kolejności chronologicznej ich wprowadzenia.

	NH_4NO_3	Trójnitro- toluen	Mąka	Nitroglic.	KClO_4	Mieszanina eutektyczna dwu-i trój-ni- troluenu
Aldorfit	81%	17%	2%			
Donaryt lub						
Astralit	80%	12%	4%	4%		
Perdit	72%		3%		10%	15%
			(drzewna)			

W przedmiocie wpływu KClO_4 lub NH_4ClO_4 na siłę detonacji żelatyno-dynamitów, koła przemysłowe, na podstawie nowszych doświadczeń, wyrażają pogląd, że skuteczność zastąpienia nitrogliceryny przez KClO_4 budzi poważne wątpliwości⁵³).

Materiały wybuchowe z NH_4NO_3 dopuszczone do użytku w Polsce i Niemczech nazywają się amonitami (Ammonit) i wyrabiane są według kilku recept, w których zawartości składników wahają się w małych granicach. Np.

Amonit 1.

- 77 — 85% NH_4NO_3 , który może zawierać do 10% KNO_3 ,
1 — 6% mączki roślinnej i — lub — stałych węglowodorów,
10 — 18% nitropochodnych toluenu i — lub — naftalenu i — lub —
dwufenyloaminy,
3 — 4% nitrogliceryny.

Amonit 2.

- 77 — 87% NH_4NO_3 , który może zawierać do 10% KNO_3 ,
1 — 6% mączki roślinnej i — lub — stałych węglowodorów,
12 — 20% nitropochodnych toluenu i — lub — naftalenu i — lub —
dwufenyloaminy, które do 4% można zastąpić nitrocelulozą.

Amonit 3.

- 72 — 76% NH_4NO_3 , który może zawierać do 10% KNO_3 ,
3 — 5% KClO_4 ,
1 — 4% mączki roślinnej i — lub — stałych węglowodorów,
11 — 15% nitropochodnych toluenu i — lub — dwufenyloaminy,
3 — 4% nitrogliceryny.

W ostatnich latach szczególnem wzięciem cieszy się amonit 5, który obok mieszaniny nitrozwiązków zawiera 2 — 12% pyłu Al. Niezwykle jest, że amonalowe te materiały przy całej swej niewrażliwości na uderzenie — nie są bezpieczne przy strzale.

Poza tem, dla wielu mat. wyb. z NH_4NO_3 znamienne jest, że na wolnem powietrzu dają dobre wyniki, w otworze strzelniczym zaś dają niewypały⁵⁴⁾. Pod tym względem mat. wyb. chloranowe i nadchloranowe są daleko lepsze w działaniu.

⁴⁶⁾ Die Explosion in Oppau. Sonderdruck Ztschr. Schiess u. Sprengstoffw. 1926, str. 40.

⁴⁷⁾ Ztschr. Schiess u. Sprengs. 1923, str. 117 i 1924, str. 106, 121.

⁴⁸⁾ Ind. Eng. Chem. 1925, str. 819 (Munroe).

⁴⁹⁾ Naoum. „Schiess u. Sprengstoffe“. 1927, str. 115.

⁵⁰⁾ Krase, See and Braham. How to prevent the caking of crystals. Chem. Met. Eng. 1925, Nr. 6.

⁵¹⁾ Stettbacher. Chem. Ztg. 1929 Nr. 11 (Fortschrittsberichte), str. 17.

⁵²⁾ Kast. Spreng-u. Zündstoffe. 1921. str. 319.

⁵³⁾ Stettbacher. j. o. str. 18.*).

⁵⁴⁾ Urbański. Einiges über das Verhalten der Sprengstoffe im Bohrloch. Ztschr. Oberschl. Berg. u. Hüttenmännischen Vereins Z. Z. in Katowice.

*) j. o. (jak ostatnio) oznaczać będą w odsyłaczach to samo źródło, co i w odsyłaczu poprzednim, w którym wymieniony jest tenże autor.

Literatura dotycząca mat. wyb. z NH_4NO_3 .

Escales. Ammonsalpetersprengstoffe.

Kast. Über explosible Ammonsalze. Ztschr. Schiess u. Sprengstoffw. 1926, str. 20 i 1927 Nr. Nr. 1 — 6.

Materiały wybuchowe chloranowe i nadchloranowe.

Wszędzie, gdziekolwiek znajdują się złoża soli i tania energja elektryczna, materiały chloranowe i nadchloranowe mogą być z korzyścią wytwarzane i używane. Obecnie materiały te wytwarzane są głównie w Niemczech, Francji, Włoszech, Szwajcarji i Polsce; w Anglii i Ameryce zupełnie nie są wyrabiane. Inaczej jednak prawdopodobnie, ukształtowałyby się stosunki podczas wojny, gdyby wysunął się problem jak najdalej posuniętej oszczędności w stosowaniu związanego azotu do wszelkich innych celów, prócz potrzeb wojska.

Materiały chloranowe „Chloratyty“ (Niemcy i Polska) i „Cheddyty“ (inne kraje) fabrykowane są obecnie w ten sam sposób co dawniej; skład ich natomiast uległ ewolucji, nowe badania bowiem wykazały, że dotychczas używane mieszaniny daleko odbiegają od ideału.

Prócz tego dowiedziono, że przy eksplozjach chloranów, stosunki stechiometryczne odgrywają podrzędną rolę. Badania te doprowadziły do kombinacji następujących mieszanin wybuchowych ⁵⁵⁾:

Skład mieszaniny	Amaltit potasowy KClO_3 88%	Amaltit sodowy NaClO_3 90%	Amaltit amonowy NH_4ClO_4 89%
	Wazelina 5% Parafina 35% Kalafonia 60% Domieszki organiczne 12%	Wazelina 5% Parafina 92,5% Kalafonia 2,5% Domieszki organiczne 10%	Wazelina 8% Parafina 27% Kalafonia 65% Domieszki organiczne 11%
Gęstość naturalna	0,94	1,10	0,89
Słabe sprasowanie	1,04	1,26	1,03
Bardzo silne sprasowanie porcjami	1,25	1,40	1,17

Zbadane zostały własności wybuchowe NH_4ClO_3 i NH_4ClO_4 . NH_4ClO_3 okazał się wysoce wrażliwym, kruszącym materiałem wybuchowym, rozkładającym się samoczynnie; należy wobec tego starannie unikać przypadkowego zmieszania chloranów z solami amonowemi, gdyż w pewnych warunkach może się on wówczas wytworzyć. NH_4ClO_4 natomiast jest związkiem zupełnie trwałym i chociaż sam jako materiał wybuchowy nie nadaje się, to jednak może służyć jako cenny składnik dla materiałów wybuchowych.

Z pośród soli analogicznych kwasów innych chlorowców, szczególnie niebezpiecznym okazał się bromian ołowiu $\text{Pb}(\text{BrO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, który, będąc rozcieranym w móżdzierzu porcelanowym w pewnej pracowni niemieckiej eksplodował, zabijając jedną i raniąc drugą osobę⁵⁶⁾. Według nowszych danych⁵⁷⁾ czysty $\text{Pb}(\text{BrO}_3)_2$ jest stosunkowo niewrażliwy, lecz podczas otrzymywania go z octanu ołowiu i KBrO_3 , tworzy się łatwo podwójne połączenie octanu i bromianu Pb ; połączenie to jest b. wrażliwe na tarcie i prawdopodobnie ono spowodowało wypadek.

Materiały wybuchowe chloranowe używane są najchętniej w kopalniach soli i rud; zużycie ich jednak w porównaniu z pozostałymi materiałami wybuchowymi jest nieznaczne. Oto typy wyrabianych i dopuszczonych do użytku w Polsce i w Niemczech „Chloratytów“:

Chloratyt 1 (Chloratit 1)

70 — 80% KClO_3 i — lub — NaClO_3 , które do 20% można zastąpić przez KClO_4 i — lub — KNO_3

12 — 20% nitropochodnych toluenu i — lub — naftalenu i — lub — dwufenyloaminy

1 — 5% mączki roślinnej

3 — 5% stałych węglowodorów i — lub — olejów.

2 — 6% nitrogliceryny.

Chloratyt 2 (Chloratit 2)

70 — 85% KClO_3 i — lub — NaClO_3 , które do 20% można zastąpić przez KClO_4

10 — 20% nitropochodnych toluenu i — lub — naftalenu i — lub — dwufenyloaminy

1 — 5% mączki roślinnej

3 — 5% stałych węglowodorów i — lub — olejów.

Chloratyt 3 (Chloratit 3)

88 — 91% KClO_3 lub NaClO_3

12 — 9% węglowodorów ciekłych (o temperaturze zapłnienia nie niższej od 30°C).

— Ten ostatni zresztą jest niczem innym jak Miedziankitem, który dzięki swej niskiej cenie, tak rozpowszechniony był w Polsce.

„Cheddyty“, wyrabiane i używane we Francji, Włoszech i Szwajcarii w 3 typach:

	Typ 41	Typ 60	Typ 60 N
KClO_3	79	79	—
NaClO_3	—	—	75
Dwunitrotoluen	—	15	19
Nitronaftalen	15	1	1
Olej rycynowy	6	5	5

W ostatnich czasach wypierane są coraz bardziej przez Cheddyty żelatynowane o składzie np. 75% NaClO_3 , 23.75% płynnego dwunitrotoluenu i 1,25% bawełny kolodjonowej. Cheddyty te są dogodne w użyciu i często są przekładane nad proszkowate, mniej skupione mat. wyb. z NH_4NO_3 , jakkolwiek częste wypadki nieszczęśliwe podczas ładowania otworów strzelniczych świadczą o niebezpieczeństwie manipulowania z tą klasą materiałów wybuchowych.

We Włoszech istnieją dwie fabryki Cheddytów; jedna z nich wyrabia Cheddyt używany do rozsadzania marmurów, dający biały dym i białą pozostałość⁵⁸⁾.

W przeciwieństwie do materiałów wybuchowych chloranowych, które do celów wojskowych w ograniczonej tylko mierze były używane (w niektórych państwach do napełniania granatów ręcznych), nadchlorany i w technice wojennej zajęły poczesne miejsce (w największej bodaj ilości KClO_4 używany był jako domieszka zwiększająca zdolność detonowania „Perdit“u).

Oto typy materiałów wybuchowych nadchloranowych:

35% KClO_4 , 43% NH_4NO_3 , 8% metadwunitrotoluenu,

8% dwunitronaftalenu, 4% mąki drzewnej i 2% nitrogliceryny

(materiał ten używany był w górnictwie podczas wojny światowej pod nazwą „Persalit“). Wytwarzane i dopuszczone do użytku w Polsce i w Niemczech Nadchloratyty (Perchloratit) mają następujący skład:

Nadchloratyt 1 (Perchloratit 1)

60 — 75% KClO_4 (częściowo — do 10% — może być zastąpiony przez NH_4NO_3 lub KNO_3)

1 — 5% mąki roślinnej

20 — 30% nitropochodnych toluenu i — lub — naftalenu i — lub — dwufenyloaminy

3 — 6% nitrogliceryny.

Nadchloratyt 2 (Perchloratit 2)

30 — 40% KClO_4 lub NH_4ClO_4

35 — 45% NH_4NO_3 w razie gdy jest obecny NH_4ClO_4 , to musi być użyty KNO_3)

15 — 20% nitropochodnych jak w 1 (z czego do 4% można zastąpić przez nitrocelulozę)

3 — 8% mąki roślinnej lub stałych węglowodorów.

Znaczne ilości materiałów wybuchowych z NH_4ClO_4 używano podczas wojny we Francji, Anglii i Włoszech (do napełniania amunicji okopowej i bomb lotniczych). Używany dawniej jako jeden ze składników olej rycynowy został obecnie zastąpiony przez parafinę (Mieszanina np. 90% NH_4ClO_4 i 10% parafiny służyła do napełniania bomb lotniczych).

Materiał wybuchowy o składzie: 74,5% NH_4ClO_4 , 17% parafiny i 8,5% Al (pył) również używany był z dobrym skutkiem do napełniania bomb.

Jak w Cheddyt'ach, tak w materiałach wybuchowych nadchloranowych zauważono cofanie się zdolności kruszących i przenoszenia detonacji. Vanoni⁵⁹⁾ przekonał się na przechowywanych patronach „Explosif P“, składających się z 61,5% NH_4ClO_4 , 30% NaNO_3 i 8,5% parafiny, że to cofanie się nie jest wynikiem reakcji podwójnej wymiany pomiędzy obu solami. Raczej podczas przechowywania, na skutek pochłaniania wilgoci, zachodzi tu, jak to można było stwierdzić mikroskopowo, rekrytalizacja miążkich soli, która w rezultacie powoduje utworzenie się większych kryształów. Vanoni przytacza parę przykładów wpływu wielkości kryształów użytych nadchloranu i azotanu na własności kruszące.

Sedlaczek⁶⁰⁾ przytacza szereg patentów angielskich, francuskich i amerykańskich na materiały wybuchowe chloranowe i nadchloranowe do celów wojskowych.

Tak np. silnie sprasowana mieszanina 80% NH_4ClO_4 , 10% krzemku żelaza i 10% nitrowanej żywicy ma stanowić materiał wybuchowy, na-

dający się do napełniania granatów, min i torped, i mniej wrażliwy na wstrząs przy strzale niż trotyl, kwas pikrynowy i sprasowana bawełna strzelnicza.

Odpowiednio przygotowana mieszanina pokostu lnianego, żywicy, NH_4ClO_4 , siarki i węglowodanów (cukier lub t. p.) wysuszona przy 90° i następnie granulowana — daje, rzekomo, używać się jako proch bezdymny.

Zasadowy chloran ołowiu, rozpuszcza się na gorąco w glicerynie, poczem wydzielają się drobne białe kryształki o jedwabistym połysku. Ciało to, oczyszczone, posiadać ma własności piorunianu rtęci lub soli dwuazobenzenu. W stanie wilgotnym może być bezpiecznie mieszany z parafiną, trotylem i t. p. W kombinacji z nitrocelulozą i eterem otrzymać zeń można pastę nadającą się do napełniania spłonków do ładunków karabinowych. Nadawać się ma również do wyrobu detonatorów i lontów detonujących.

Inne zgłoszenie patentowe zaleca do napełniania bomb i t. p. następującą mieszaninę: 82% NH_4ClO_4 , 10% pyłu cynkowego, 5% wazeliny, 3% oleju asfaltowego.

Mieszanina zaś: KClO_3 — 49%, rozpuszczalnych w wodzie substancyj organicznych (cukier, glukoza i t. p.) — 49%, ropy naftowej — 1% i wody — 1%, odpowiednio spreparowana, ma dawać materiał miotający do ręcznej broni palnej.

Jak widać z powyższego zestawienia mieszaniny takie służyć mogą jako środki zastępcze istotnie wartościowych materiałów wybuchowych, przyczem mogą budzić pewne zastrzeżenia co do swej wartości.

⁵⁵⁾ Stettbacher j. o. str. 19.

⁵⁶⁾ Chem. Ztg. 1927, str. 503.

⁵⁷⁾ Langhans. „Explosionen, die man nicht erwartet“, Ztschr. f. Schiess u. Sprengstoffw. (Sonderbeilage zur. Ztschr.) 1930, Nr. 2 str. 14.

⁵⁸⁾ Annuario della Societa associate. 1927, str. 306 — 311.

⁵⁹⁾ Memorial des Poudres et Salpetres. 1926, T. 22. str. 149 — 158.

⁶⁰⁾ Ztschr. Schiess u. Sprengstoffw. 1925, Nr. 2.

Literatura dotycząca materiałów wybuchowych chloranowych i nadchloranowych.

Escales. Chloratsprengstoffe.

Kast. Über explosible Ammonsalze. Ztschr. Schiess u. Sprengstoffw. 1926, Nr. 12 i 1927, Nr. 1 — 6. Chem. Met. Eng. 1927, Nr. 6.

Spitalski u. Krause. Ztschr. Schiess u. Sprengstoffw. 1925, str. 103 — 107, 119 — 123, 133 — 135.

Materiały wybuchowe bezpieczne w stosunku do gazów kopalnianych i pyłu węglowego.

[T. zw. materiały wybuchowe „powietrzne” (Wettersprengstoffe)].

Dzięki różnorodnym warunkom, w jakich zmuszony był pracować przemysł materiałów wybuchowych podczas wielkiej wojny, jak również dzięki olbrzymiej ilości eksperymentów, wykonanych celem zbadania możliwości użycia najrozmaitszych kombinacji materiałów wybuchowych, znaleziono, że przez dobranie odpowiedniego składu (recepty), a zwłaszcza przez silne zmniejszenie zdolności kruszących, z każdej kategorii materiałów wybuchowych otrzymać można mieszaniny w dostatecznym niemal stopniu zapewniające bezpieczeństwo w stosunku do gazów kopalnianych i pyłu węglowego; tyczy się to obecnie i materiałów chloranowych i nadchloranowych, które przedtem uważane były za specjalnie niebezpieczne w górnictwie węgla. Charakterystycznymi dla materiałów wybuchowych bezpiecznych w stosunku do gazów i pyłu węglowego są: silnie zmniejszone zdolności kruszące i robocze, wynikające z gaszących płomień dodatków (chlorków metali alkalicznych), dalej stosunkowo małe ciepło wybuchu i niska temperatura wybuchu (w Niemczech wymagana poniżej 2000° C, we Francji 1500° C), wreszcie krótki czas trwania płomieni celem uniknięcia niepożądanych reakcyj wtórnych, wywołanych późniejszym spalaniem się gazowych produktów wybuchu w powietrzu.

Z uwagi na nadzwyczajną wagę problemu bezpieczeństwa przy pracy z materiałami wybuchowymi w górnictwie węgla, we wszystkich krajach zainteresowanych czynne są specjalne stacje doświadczalne, mające za zadanie badania materiałów wybuchowych na bezpieczeństwo w sto-

sunku do gazów kopalnianych i pyłu węglowego. W Polsce stacja taka znajduje się przy kopalni „Barbara” na Górnym Śląsku, w Niemczech: w Derne, w Beuthen i we Freiburgu; we Francji: w Montluçon; w Anglii: w Buxton; w Belgii: we Frameries; w Austrii: w Rossitz.

W stacjach tych materiały wybuchowe badane są w warunkach najbardziej niekorzystnych, jakie tylko mogą zajść w praktyce. Pomimo to istnieje duża rozbieżność w poglądach na bezpieczeństwo materiałów wybuchowych. W tym względzie dają się zauważyć mniej surowe wymagania we Francji i Belgii, a bardziej surowe w Niemczech, Anglii i Ameryce. W sferach naukowych panuje niezgodność poglądów co do tego, czy stosowane obecnie metody badania materiałów wybuchowych dostatecznie ściśle odtwarzają stosunki w praktyce, a więc czy pomyślny wynik nawet b. surowej próby gwarantuje istotnie bezpieczeństwo materiału wybuchowego. Za pesymizmem w tej materji przemawia fakt, że, pomimo wszelkich zaostreżeń metod badania, nieszczęśliwe wypadki wciąż się wydarzają w kopalniach, i że tylko drogą dokładnego przewietrzania miejsc pracy, zwilżania pyłu węglowego, tudzież rozpylania pyłu kamiennego, można zażegnać niebezpieczeństwo wybuchu; istnieją prócz tego jeszcze specjalne środki ochronne przed płomieniami wytworzonymi przez wybuch; przyjęły się proponowane przez Kruskopf’a, Watteyne’a i Lemaire’a zewnętrzne i wewnętrzne zabezpieczenia zapomocą pyłu kamiennego.

Wciąż, pomimo wszystko, zdarzające się wypadki wybuchów w górnictwie węgla, pobudzają do coraz to nowych prac badawczych. Określono, między innemi, wpływ ciśnienia na granice wybuchu mieszanin powietrza i gazów palnych (H_2 , CH_4 i CO). Wysunięto nowe propozycje zabezpieczania przeciwko eksplozji (np. zapomocą płytek z porowatego szkła lub kwarcu o 35 — 200 μ średnicy porów). W Ameryce ⁶¹⁾ dokonano niezliczonej ilości prób zdolności wybuchowej pyłu węglowego w najrozmaitszych mieszaninach i w najrozmaitszych warunkach; tamże studjowano wpływ pyłu kamiennego i zawartości wody w pyłe węglowym na zapobieganie powstawaniu i rozprzestrzenianiu się takich wybuchów. Oznaczono dalej temperatury zapalności i czas palenia się pyłów: torfowego, węgla brunatnego i węgla kamiennego z uwzględnieniem części lotnych, zawartości wody i t. p. ⁶²⁾.

Badania porównawcze doprowadziły do wniosku, że materiały wybuchowe zawierające, obok $NH_4 NO_3$, saletrę potasową wykazują osobliwą skłonność do powodowania wybuchów pyłu węglowego. Już zawartość zaledwie 2% KNO_3 wywiera niekorzystny wpływ na bezpieczeństwo materiałów wybuchowych w stosunku do pyłu węglowego.

Wiele uwagi i pracy poświęcono kwestji wybuchów innych pyłów, jak: zboża, cukru, siarki, glinu metalicznego; do badań nad przyczyną i naturą takich wybuchów dały impuls ciężkie wypadki w przemyśle; tak np. w St. Zjednoczonych A. P. liczono 22.000 fabryk przerabiających pyły grożące wybuchem⁶³); w r. 1924 na skutek wybuchów poniosło śmierć 25 ludzi, szkody zaś materialne wyniosły około 3.000.000 dolarów. Przyczyną takich wybuchów ma być, rzekomo, głównie nagromadzanie się elektryczności statycznej⁶⁴), przyczem, aby nastąpiło zapalenie, nie jest koniecznem wytworzenie się iskry, lecz cząsteczki pyłu, dzięki odpychającym siłom elektrostatycznym, uzyskują energję, która z kolei, na skutek uderzania cząsteczek o ściany naczynia (np. maszyny rozdrabniającej) zamienia się w ciepło⁶⁵).

Są to, oczywiście, dotychczas tylko hipotezy.

Z pośród używanych w ostatnich czasach materiałów wybuchowych bezpiecznych w stosunku do gazów kopalnianych i pyłu węglowego przytaczamy:

Polskie:

I. Mat. wybuchowe „amono-saetrzane”.

	„Lignozyty powietrzne”			
	B.	D.	E.	I.
NH ₄ NO ₃	61,5%	81,0%	53,0%	70,0%
Ba(NO ₃) ₂	3,0%	—	—	—
NaNO ₃	—	—	—	5,0%
Dwunitrotoluen	5,0%	—	—	—
Trójnrotoluen	—	—	3,0%	—
Mononitronaftalen	—	4,0%	—	4,0%
Mąka drzewna	4,0%	2,0%	2,0%	4,0%
Węgiel drzewny	—	—	1,0%	—
NH ₄ Cl	—	—	—	3,0%
KClO ₄	—	—	—	5,0%
NaCl	22,5%	9,0%	35,0%	5,0%
Nitrogliceryna	4,0%	4,0%	6,0%	4,0%

II. Półżelatynowane materiały wybuchowe.

	„Balduryty powietrzne”	
	A.	B.
Nitrogliceryna	11,8%	11,8%
Bawełna kolodjonowa	0,2%	0,2%
Dwunitrotoluen	2,0%	—
NH ₄ NO ₃	50,0%	50,0%
Mąka drzewna	2,0%	2,0%
Węgiel (pył)	0,5%	1,0%
NaCl	33,5%	35,0%

III. Żelatynowane materiały wybuchowe.

	„Barbaryty powietrzne”		
	A.	B.	C.
Nitrogliceryna	30,0%	29,5%	29,5%
Bawełna kolodjonowa	0,5%	0,5%	0,5%
NH ₄ NO ₃	25,0%	24,0%	32,5%
Ba(NO ₃) ₂	3,0%	2,5%	—
NaNO ₃	—	—	1,0%
Dwunitrotoluen	0,5%	—	—
Gliceryna	—	1,0%	0,5%
Naftalen	—	—	1,5%
Talk	1,0%	1,0%	—
KCl	40,0%	—	34,5%
NaCl	—	41,5%	—

Niemieckie:

I. Materiały wybuchowe z NH_4NO_3 .

	Wetterdetonit A.	Wetterdetonit B.	Wetterdetonit E.
NH_4NO_3	82,0%	64,5%	70%
KCl	10,5%	—	21%
NaCl	—	23,0%	—
Trójnitrotoluen	—	7,0%	2%
Nitronaftalen	1,0%	—	—
Mąka drzewna	2,0%	1,5%	2%
Węgiel	0,5%	—	1%
Nitrogliceryna	4,0%	4,0%	4%

II. Półżelatynowane materiały wybuchowe.

	Wetterastralit A.	Wetterastralit B.
Nitrogliceryna (żelatynowana)	12%	12%
NH_4NO_3	57%	57%
Mąka drzewna	2%	2%
Węgiel	2%	1,5%
NaCl	27%	—
KCl	—	27,5%

III. Żelatynowane materiały wybuchowe.

	Wetternobelit A.	Wetterwasagit C.	Wetterarit C.
Nitrogliceryna (żelatynowana)	26,0%	31,0%	30,0%
Dwunitrotoluen	2,0%	—	—
Trójnitrotoluen	—	—	2,0%
50%-owy roztwór $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	2,5%	—	—
Gelosa	—	0,5%	—
Mąka drzewna	1,0%	—	—
NH_4NO_3	32,0%	29,5%	29,0%
NaCl	36,5%	—	39,0%
KCl	—	39,0%	—

Francuskie:

Trudnozamarzające dynamity górnicze.

	Grisou-dynamite couche	Grisou-dynamite roche
Nitrogliceryna	10	23
Dwunitroglukol	2	6
Bawełna kolodjonowa	0,5	1
Celuloza	1,5	2,5
NH ₄ NO ₃	86	67,5

Przez mały dodatek celulozy, której niema w zwykłych typach dynamitów górniczych, osiąga się rzekomo lepsze przenoszenie się detonacji, a w drugim wypadku — mniejsze stwardnienie przy przechowywaniu.

Nowy materiał wybuchowy „Tetrylite” o składzie: 7% tetrylu, 88%NH₄NO₃ i 5%KNO₃ jest silnie krytykowany.

Angielskie:

„Samsonite 3” o składzie: nitrogliceryny 52,15%, bawełny kolodjonowej 2,70%, dwufenyloaminy 0,15%, boraksu krystalicznego 25,00%,NaNO₃ 10,00%,NaCl 10,00%.

Amerykańskie:

Standardowy skład dozwolonych w St. Zjednoczonych „Permissible explosives” jest następujący: 80%NH₄NO₃,10% nitrogliceryny i 10% spalającego się materiału porowatego (materiał chłonny dla nitrogliceryny). Skład mieszanin w przeciwieństwie do Europy jest trzymany w tajemnicy nawet przed urzędowymi instytucjami badawczymi, konkurencja bowiem jest b. silna i każdy fabrykant usiłuje wyprzedzić swoich współzawodników tak pod względem wartości, jak i ceny towaru. Nowym materiałem jest „Hercoal”, składem zbliżony do prochu czarnego, który, obok małej gęstości ładowania i łatwości w manipulowaniu, odznacza się niską ceną, bezpieczeństwem, oraz ma dawać w wyniku grube odłamy węgla.

⁶¹⁾ Coal-dust Explosion Tests in the experimental Mine, Bureau of Mines, Bull, 268. 1927.

- ⁶²⁾ Steinbrecher. Zur Kenntnis der Kohlenstaubexplosionen, Braunkohlenarchiv, 1927.
⁶³⁾ Dust Explosions in industrial Plants. Ind. Eng. Chem. 1925.
⁶⁴⁾ Beyersdorfer. Staubexplosionen 1925.
⁶⁵⁾ Jaëckel. Ztschr. techn. Phys. 1925, str. 71.

**Literatura dotycząca materiałów wybuchowych bezpiecznych w stosunku do gazów
kopalnianych i pyłu węglowego.**

Naoum. Die Wettersprengstoffe. (Ztschr. angew. Chemie. 1927, str. 1351 — 1357).

Naoum. „Schiess u. Sprengstoffe“ (Techn. Fortschrittsberichte, T. XVI, str. 137 — 157. Drezno. 1927)

Audibert et Delmas. Les recherches anglaises sur les inflammations des poussières. Annales de Mines. 1926, str. 5 — 57.

Schrimpf. Schlagende Wetter, ihre Entstehung u. ihre Gefahren bei der Schiessarbeit im Kohlenbergbau. Sicherheitsmassnahmen bei der Sprengarbeit u. Untersuchung der Wettersprengstoffe. Ztschr. f. Schiess u. Sprengstoff. 1929, str. 285, 329, 379.

Naoum Ph. Berthmann Ad. Die Flammendauer der Gesteinssprengstoffe u. der Wettersprengstoffe. Ztschr. f. Schiess u. Sprengstoffw. 1930, str. 193.

Materiały wybuchowe zawierające skroplone powietrze. („Oxyliquit”).

Zastosowanie skroplonego powietrza (ściślej: skroplonego tlenu z mniejszą lub większą domieszką azotu) zaproponowanem zostało po raz pierwszy przez prof. Linde'go; ówczesny jego patent głosił, że mieszanina ciekłego powietrza z ciałami utleniającymi się, zapalona zwyczajnie — spala się, lecz pod działaniem inicjatora — detonuje tak, jak materiał wybuchowy kruszący. Pierwotnie używano płóciennych woreczków, napełnionych np. ziemią okrzemkową, zaprawioną naftą; takie patроны bezpośrednio przed użyciem zanurzano w ciekłym powietrzu. Z biegiem czasu zamiast woreczków płóciennych zaczęto stosować papier klejowany, perforowany lub podziurawiony, lecz i to okazało się nieodpowiedniem; ostatecznie zatrzymano się na przepuszczalnym papierze (bibuła filtracyjna). Jako ciał utleniających się używano następnie: węgla, siarki, mąki karkowej; jako domieszki zwiększające energję wybuchu zalecane były metale i inne materiały palne w formie proszku ⁶⁶⁾: glin, magnez, krzem, krzemek wapnia, krzemek żelaza i t. p. Najbardziej nadaje się do tego celu glin, który, prócz wspomnianej roli, ma utrudniać tworzenie się CO. Chemicznie biorąc, mogłoby się здаwać, że Al, działając redukująco, sprzyja tworzeniu się CO; prawdopodobnie czynniki praktyczne odgrywają tutaj rolę trudną do teoretycznego uzasadnienia, zresztą cały wogóle sposób użycia ciekłego tlenu, jako składnika materiału wybuchowego, opiera się w pierwszym rzędzie na zasadach empirycznych ⁶⁷⁾. Za najbardziej energiczny składnik patronów do ciekłego powietrza uważano w ciągu pewnego czasu Carben ⁶⁸⁾; jest to produkt kondensacji acetylenu nad miedzią w temperaturze 200 — 280°, jasno-brunatny, pulchny proszek. Obecnie jednak wychodzi on z użycia, bowiem sadza, będąc od niego znacznie tańszą, posiada dwa razy większą zdolność wchłaniania ciekłego

powietrza, która to właściwość, w praktyce, jest bardziej od innych decydująca.

Dzielność materiału wybuchowego z ciekłym tlenem zależy od szeregu czynników. Tak więc przy sporządzaniu patronów należy baczyć na utrzymanie odpowiedniej gęstości ładowania; gęstość ta jest dla każdego poszczególnego celu inna; dalej zasadnicze znaczenie posiada czystość skroplonego tlenu, wahająca się, dzięki obecnym udoskonalonym aparatom, między 97 a 99%. Podczas bowiem, gdy np. dla patronów z sadzą i 99,5%-owym tlenem, szybkość detonacji równa się 5380 m/sek., to dla takichże patronów i mieszaniny 67% tlenu + 33% azotu — szybkość ta wynosi tylko 4340 m/sek.; ustalono, że „ciekłe powietrze“ wtedy tylko zdolne jest do najwyższych świadczeń, jeśli % tlenu nie jest niższy od 98 — 99⁶⁹⁾. Jeszcze ważniejszym, bodaj, od czystości ciekłego tlenu, czynnikiem jest stopień rozdrobnienia ciał utleniających się, stanowiących treść patronu, a więc sadzy lub Carben'u, czy też mąki korkowej, drzewnej, torfowej, gdyż wraz ze stopniem rozdrobnienia (zmielenia) materiału, wzrasta⁷⁰⁾ jego zdolność wchłaniania ciekłego tlenu oraz szybkość detonacji. Poza tem, użycie ciekłego tlenu jako składnika materiałów wybuchowych wymaga wyspecjalizowanej i doświadczonej obsługi.

Chociaż mieszaniny z ciekłym tlenem w zamknięciu, jak to ma miejsce w otworze strzelniczym, łatwo detonują przy użyciu specjalnie sporządzonego lontu, to jednak, ze względów bezpieczeństwa, przekłada się nad to zapalenie elektryczne. Podobnie jak azotek ołowiu, którego zdolność inicjująca — w przeciwieństwie do rtęci piorunującej — w temp. ciekłego powietrza nie zmniejsza się, zachowuje się również lont detonujący.

Materiały wybuchowe z ciekłym powietrzem należą wprawdzie do najbardziej zasobnych w energję z pośród używanych w praktyce materiałów wybuchowych, jednakże co do własności kruszących porównać je można zaledwie ze słabszemi od innych nitrozwiazkami. Podczas gdy wrażliwość silniejszych mieszanin z ciekłym tlenem graniczy z wrażliwością dynamitu, zapalność ich od iskry lub płomienia jest znacznie trudniejsza niż dotychczas przyjmowano⁷¹⁾.

W ostatnich czasach czynione były próby w kierunku opracowania patronów z ciekłym tlenem, które, dzięki znacznym ilościom domieszanych indyferentnych soli nieorganicznych lub wody, byłyby bezpiecznemi w stosunku do gazów kopalnianych i pyłu węglowego. Mieszaniny te wytrzymały zwycięsko próby w stacjach doświadczalnych, wykazywały odpowiednio niską temperaturę wybuchu (poniżej 2000°), lecz na skutek niezbędnie wysokiego procentu wspomnianych soli (40 — 50%) okazały się za mało dzielnemi, aby mogły opłacać się w górnictwie.

Próby stworzenia mieszanin bezpiecznych przynajmniej w stosunku do pyłu węglowego, nie dały dotychczas wyników całkowicie zadowalających, pomimo to jednak sposób ten stosowany jest w pewnej liczbie kopalń węgla na polskim i niemieckim Górnym Śląsku; w jednej z kopalń np. niemieckiego Śląska Górnego od szeregu lat strzelano w węglu po 100000 patronów z ciekłym tlenem miesięcznie — bez nieszczęśliwych wypadków. Skład takich nowych mieszanin jest np. następujący ⁷²⁾:

	Patrony „Ks. 7”	Patrony „Ks. 8 c”
Mąka korkowa	20,7%	—
„ drzewna	—	29%
CaCO ₃	28,8%	25%
Soli amonowych [jak np. (NH ₄) ₂ SO ₄]	50,5% (NH ₄) ₂ SO ₄	30%
Ziemi okrzemkowej	—	15%
Wody	—	1%

Czas trwania płomieni i długość płomieni jednak u tych mieszanin z ciekłym tlenem są większe niż u materiałów wybuchowych stałych, bezpiecznych w stosunku do gazów kopalnianych i pyłu węglowego.

Wogóle od patronów do ciekłego tlenu, jeśli mają one być bezpieczne w stosunku do pyłu węglowego wymagane są następujące cechy:

350 g. napojonej ciekłym tlenem mieszaniny patronowej, po 5 minutach w moździerzu (czas ulatniania się tlenu) musi po strzale wykazać swą indyferentność wobec pyłu węglowego, oraz

w 4 minuty po wyjęciu patronów z ciekłego tlenu, muszą one zawierać go tyle, aby wchodzące w ich skład węgiel i wodór zostały przy strzale całkowicie związane przez tlen, dzięki czemu unika się tworzenia CO.

Zużycie skroplonego tlenu do celów strzelania górniczego w ostatnich czasach stale wzrasta. Wzrost tego zużycia zależny jest od wyników prób z patronami bezpiecznymi w stosunku do pyłu węglowego; wówczas bowiem sposób ten rozpowszechni się nader szeroko w górnictwie węglowym.

Dzięki energii i przedsiębiorczości firm niemieckich i francuskich, pracujących nad udoskonaleniem tego sposobu, w Niemczech około 30% całkowitej ilości soli potasowych wydobywa się przy pomocy „Oksylikitu“, we Francji zaś sposób ten rozwijał się w/g patentu Weber'a samodzielnie i w szybkim tempie, jak o tem świadczą następujące liczby ⁷⁴⁾:

	1924 r.	1925 r.	1926 r.	1927 r.
Ilość wyprodukowanych patronów	4.847.206	6.121.448	6.971.807	8.041.231
Długość patronów ułożonych obok siebie	1346 km	1864 km	2158 km	2225 km
Wydobyty przy użyciu ciepłego tlenu materiał w tonnach	7.800.000	10.300.000	12.950.000	15.035.000

W Ameryce również ciepły tlen zdobywa sobie coraz liczniejsze koła zwolenników; rok 1927 był tam niejako przełomowym pod tym względem, w tym czasie bowiem rozgorzała zacięta polemika na temat przedewszystkiem ekonomiczności użycia ciepłego tlenu. Podczas, gdy jedni utrzymywali, że materiał uzyskany przy pomocy tego środka kalkuluje się przeszło dwa razy taniej, niż zapomocą innych materiałów wybuchowych, drudzy gwałtownie zwalczają to twierdzenie, wykazując wręcz odmienne wyniki stosowania ciepłego tlenu. Naogół jednak przeważają głosy, które uznają go jako wyborny i tani środek, bardzo odpowiedni do zastosowania w kamieniołomach, kopalniach rud i kopalniach węgla, niezagrażonych przez gazy kopalniane; wszelako przy robotach podziemnych zalecana jest daleko idąca ostrożność ze względu na możliwość tworzenia się CO⁷⁵).

Na podstawie długoletnich doświadczeń w kopalniach lotaryńskich np. stwierdzono, że użycie ciepłego tlenu jest 2½ raza tańsze w porównaniu z prochem czarnym, a 3½ raza tańsze w porównaniu z Chedditem.

Co do niebezpieczeństwa, jakie przedstawiają mieszaniny ciepłego tlenu z ciałami organicznymi, to stwierdzić należy, że istotnie, mogą być one powodem nieszczęśliwych wypadków. Tak np. dawniej zdarzały się wypadki samoczynnych wybuchów tlenu w naczyniach, w których go transportowano; jak następnie stwierdzono, przyczyna tych wybuchów polegała na tem, że znajdujący się pomiędzy podwójnymi ściankami naczynia, w jego dolnej części, węgiel aktywowany, do którego na skutek uszkodzenia naczynia i powstałej stąd nieuszczelności, przenikał tlen, dawał w rezultacie z tym ostatnim mieszaninę samowzbuchającą. Stwierdzono dalej, że tylko węgiel aktywny, zawierający tlenek żelaza, zdolny jest do wytworzenia takiej mieszaniny⁷⁶); istotnie z chwilą zastosowania węgla aktywowanego, wolnego od tlenku żelaza, wypadki takie ustały. W jednej z wyższych uczelni niemieckich wywołany został wybuch przez nalanie ciepłego powietrza na eter, znajdujący się w porcelanowej parownicy (prawdopodobnie

Mieszanki wybuchowe z ciekłym powietrzem w porównaniu z innymi materiałami wybuchowymi ⁷³⁾.

MATERIAŁY WYBUCHOWE		Ciężar ładowania gotowego materiału wybuchowego	Maksymalne ciepło wybuchu Cal/kg	Objętość wybuchu % L/kg	Temperatura detonacji C°	Wybrzuszenie w bloku ołowianym ccm	Działanie zgniatające w otwartej przestrzeni mm	Szybkość detonacji m/sek a) w otwart. przestrzeni b) w rurze	Energia właściwa kg/L
Ciekłe powietrze o 97% tlenu	z Carben'em	1.04	2180	615	5750	725	3.35	a) 4760 b) 5600	14100
	z sadzą	0.72	1995	535	6500	705	2.35—3.05	4680	13715
	z mąką korkową	0.63	1660	700	4195	655	2.35—2.80	3300	11840
	z mąką drzewną	0.82	1535	700	4095	535	2.25—2.80	a) 3610 b) 4240	11575
	z torfem	0.53	1670	700	4385	605	2.20	3275	12340
Żelatyna wybuchowa	92% nitrogliceryny 8% bawełny kolodjonowej	1.60	1565	710	4365	520	5.0	7800	12465
Żelatyno-dynamit 65%	62.5% nitrogliceryny 2.5% bawełny kolodjonowej 25.5% NaNO ₃ 8.75% mąki drzewnej 0.25% Na ₂ CO ₃	1.66	1295	630	3700	415	3.9	6100	9490
Dynamit z ziemią krzemkową	75% nitrogliceryny 25% ziemi krzemkowej	1.68	1120	540	3490	315	3.1	6650	7690
Donarit	80% NH ₄ NO ₃ 12% trójnitrotoluenu 4% żelatynowanej nitrogliceryny 4% mąki	1.14	930	900	2620	400	1.85	3700	9855
Cheddit typ 60	79% KClO ₃ 15% dwunitrotoluenu 1% nitronaftalenu 5% oleju rycynowego	1.3	1185	335	4500	255	1.6	2500	6090
Czarny proch		1.2	655	280	2380	—	—	300—400	280

Stałe poszczególnych składników, używanych w mieszaninach z ciekłym powietrzem

(i ich wrażliwość w porównaniu z niektórymi materiałami wybuchowymi) ⁷³⁾.

MATERJAŁ wzgl. mat. wybuchowy	W z ó r	Czystość w % (reszta popiół)	Ciepło spa- lania z 97%-owym O ₂ Cal/kg	Niezbędna ilość 97%-go O ₂ na 1 kg	Zdolność pochłaniania	Wrażliwość na uderzenie 25-o kg kafarkiem. Wysokość spa- dania cm	Amerykańska próba na ude- rzenie (Perrott)
Carben	C ₂₃ H ₂₀	98	8826	3105	3.2-krotna	30—40	} 20 cm
Sadza	C ₂₆ H ₃ O·0.3 H ₂ O	98	7146	2523	5.6—6.8 „	—	
Mąka korkowa	C ₆ H ₉ O ₂ ·0.5 H ₂ O	98	4608	1921	5.7—7.0 „	40—50	
Mąka drzewna	C ₇ H ₁₀ O ₅ ·H ₂ O	99	3383	1190	2.9 „	ponad 50	—
Torf	C ₁₀ H ₁₂ O ₅ ·2 H ₂ O	99	3990	1380	2.7 „	—	—
Dynamit z ziemią okrzemkową	—	—	—	—	—	60—70	5—10 cm (dyna- mit handlowy)
Cheddit	—	—	—	—	—	70—100 (częściowy wybuch)	—

wytworzył się wybuchowy nadtlenek eteru). Z wypadków takich jednak nie można wyciągać jakichś ogólnych niekorzystnych wniosków w sensie nadawania lub nienadawania się ciekłego tlenu do sporządzania materiałów wybuchowych. Pewna zainteresowana firma niemiecka ogłosiła zestawienie nieszczęśliwych wypadków, spowodowanych przez ciekłe powietrze oraz przez inne materiały wybuchowe; z zestawienia tego wynika, że przeciętna częstość wypadków jest jednakowa.

Postępy, osiągnięte w ostatnich czasach na polu otrzymywania ciekłego tlenu i stosowania go, w mieszaninie z innymi ciałami, jako materiału wybuchowego wyrażają się przede wszystkim w obniżeniu kosztów otrzymywania (około 30%); dalej w zastosowaniu naczyń kształtu niekowatego do napajania patronów (około 18% oszczędności ciekłego tlenu); następnie straty z powodu parowania ciekłego tlenu, dzięki zastosowaniu specjalnych zbiorników, zostały zmniejszone o około 0.1%. Wreszcie, w górnictwie, przedłużenie otworu strzelniczego przeszło o $\frac{1}{3}$, dało w wyniku lepsze wyzyskanie i lepszą wydajność ciekłego tlenu jako materiału wybuchowego ⁷⁷⁾.

⁶⁶⁾ Les explosifs à oxygène liquide. Mémoires de la Société des Ingenieurs Civils en France (Bulletin d'Octobre — Decembre 1922). Szereg patentów niemieckich, angielskich, francuskich i szwajcarskich w latach 1912 — 1916.

⁶⁷⁾ Stettbacher. — j. o. str. 20.

⁶⁸⁾ Erdman i Köthner Z. Ang. Ch. (1898), str. 49.

Alexander, Ber. d. deutsch. Chem. Ges. 32 (1928), str. 2381.

Kaufmann i Schneider, tamże 55 (1922), str. 267.

⁶⁹⁾ Perrot i Gawthrop. How purity of oxygen used affects Explosive Properties of L. O. X. Eng. Min. Jour. Press. 1926, No. z dnia 22.V.

⁷⁰⁾ Naoum. „Schiess u. Sprengstoffe“ (Techn. Fortschrittsber. Bd. XVI, str. 164).

⁷¹⁾ Kast i Haid. Über die sprengtechnischen Eigenschaften d. Flüssigluft-sprengstoffe Z. Ang. Chem. 1924, str. 973—981.

⁷²⁾ Bunge. Ztschr. f. Schiess u. Sprengstoffw. 1927, str. 21—27.

Matthias. Ztschr. Schiess u. Sprengstoffw. 1928, str. 297—302.

⁷³⁾ Stettbacher. Chem. Ztg. (Fortschrittsberichte). 1929, Nr. 11, str. 21.

⁷⁴⁾ Stettbacher tamże, str. 20.

⁷⁵⁾ Tamże.

⁷⁶⁾ Wöhler. Ztschr. f. Schiess u. Sprengstoffw. 1918, str. 365 i 445.

⁷⁷⁾ Stettbacher j. o. str. 21.

Literatura dotycząca materiałów wybuchowych z ciekłym powietrzem.

Pabst. Flüssiger Sauerstoff u. seine Verwendung als Sprengstoff im Bergbau. München. 1917.

Lisse. Sprengluftverfahren. Berlin. 1924.

Naoum. „Schiess u. Sprengstoffe“ (Techn. Fortschrittsberichte, Bd. XVI), XI Kapitel (Dr. K. F. Meyer).

Fyleman E. Explosifs à oxygène liquide. Revue Générale du Froid 1925, str. 380—385.

Perrot. L'emploi d'explosifs à oxygène liquide dans les mines de fer. Engineering and Mining Journal Press. 1926, str. 357—363.

Stephan F. Sprengluft u. handfertige Sprengstoffe. Ztschr. f. Schiess u. Sprengstoffw. 1926, str. 164 i 183.

Stephan F. Sprengluft in Schlagwetter-freien Kohlenbergwerken. Ztschr. f. Schiess u. Sprengstoffw. 1928, str. 46—51.

Matthias. Kohlenstaubsicherheit von Sprengluftpatronen. Ztschr. f. Schiess u. Sprengstoffw. 1928, 297—302.

Inne materiały wybuchowe zawierające ciekłe utleniacze.

Zbliżonemi do materiałów wybuchowych z ciekłym tlenem są materiały wybuchowe z płynnymi utleniaczami jak: N_2O_4 i H_2O_2 .

Mieszaniny ciał organicznych z N_2O_4 znane były już w osiemdziesiątych latach zeszłego stulecia. Jedną z nich, mianowicie $\text{CS}_2 + \text{N}_2\text{O}_4$, znana pod nazwą „Panklastytu“ znalazła pewne zastosowanie. Podczas wojny Francuzi używali nitrobenzenu i N_2O_4 (30:70) do napełniania bomb lotniczych, skonstruowanych tak, że ciecze mieszały się ze sobą dopiero po wyrzuceniu bomby; energia wybuchu tej mieszaniny jest nieco mniejsza od energii wybuchu nitrogliceryny.

Przy otrzymywaniu N_2O_4 wydarzyły się wypadki eksplozji w Zschornewitz (pod Bitterfeld) i w Bodio (Szwajcaria). W pierwszym wypadku wybuch nastąpił po zmieszaniu się N_2O_4 z krążącym w nieszczelnej chłodnicy toluenem, w drugim wypadku — po zmieszaniu się, w podobnych warunkach, N_2O_4 z benzyną. Co do przyczyn tych wybuchów zdania są podzielone. Podczas gdy jedni eksperci twierdzili, że mieszaniny benzyny i N_2O_4 w temperaturach 35—80° zawsze eksplodują po pewnym czasie, to inni przypisywali samozapalenie się — obecności w toluenie, względnie w benzynie, nienasyconych węglowodorów. Jeszcze inni wreszcie⁷⁸⁾ przypuszczali, że samozapalenie się nastąpiło na skutek zetknięcia się N_2O_4 ze smarami lub zasmarowanymi szmatami.

Mieszaniny z N_2O_4 uważać należy jeszcze za zbyt mało zbadane i opanowane, by mogły stać się szerzej używanymi materiałami wybuchowymi.

To samo powiedzieć można i o mieszaninach H_2O_2 z ciałami palnymi, jak: mąka drzewna, mąka roślinna, skrobia, formaldehyd, benzen i t. p. Pierwsze zaproponowane mieszaniny składały się np. z paraformaldehydu i 60%-wego H_2O_2 ; następnie próbowano otrzymać tańsze miesza-

niny, np. 40 gr celulozy drzewnej i 200 gr H_2O_2 (ponad 80%-ego) żelatynowano przez rozcieranie drewnianym tłuczkiem; żelatyna taka, obok znacznej siły wybuchowej jest mało wrażliwa na tarcie i na płomień, natomiast nie jest dostatecznie trwała. W ostatnich czasach otrzymano dobre wyniki z mieszaniną: 12,5 gr wazeliny, 8,5 gr waty drzewnej i 79 gr 88—90%-owego H_2O_2 , sprasowaną w gilzie z parafinowanego papieru. Materiały wybuchowe tego rodzaju dopiero po kilku godzinach zaczynają powoli tracić swą dzielność, to też mogłyby w przeciwieństwie do ciepłego powietrza być przygotowywane w wielkich ilościach, jako też można by nimi naładować dowolną ilość otworów strzelniczych nawet wówczas, gdyby pomiędzy naładowaniem a wybuchem miał upłynąć dłuższy czas; roztwory H_2O_2 , stanowiące składniki tych materiałów wybuchowych, jako względnie trwałe, mogą być przesyłane na wielkie odległości. Wogóle optymiści sądzą, że w chwili, gdy koszt elektrolitycznie wytwarzanego H_2O_2 zmniejsza się — możliwe się stanie zastosowanie tej kategorii materiałów wybuchowych⁷⁹⁾. Niestety jednak, trudno zamknąć oczy na takie ujemne strony, jak żrące działanie stężonych roztworów H_2O_2 na skórę ludzką oraz skłonność tych roztworów do samozapalania się w zetknięciu z pewnymi rodzajami pyłu węglowego lub innymi łatwo utleniającymi się ciałami. Tak tedy narazie trzeba wszelkie propozycje i patenty z tej dziedziny traktować z przezorną rezerwą.

⁷⁸⁾ Naoum, Schiess-u. Sprengstoffe (Techn. Fortschrittsber.) Bd. XVI, str. 172 i 173.

⁷⁹⁾ Stettbacher. j. o., str. 22.

Literatura dotycząca materiałów wybuchowych z plynami utleniaczami.

Kast. Spreng-u. Zündstoffe, 1921, str. 387.

Kast i Günther. Ztschr. f. Schiess u. Sprengstoffw., 1919, str. 81 i 103.

Bamberger i Nussbaum. Über Wasserstoffsuperoxyd-Sprengstoffe, tamże, 1927, str. 125 — 128.

Materiały wybuchowe zawierające metale alkaliczne lub metale ziem alkalicznych.

Typowym przykładem transponowania czysto laboratoryjnych i teoretycznych pomysłów na grunt praktyczny są zaproponowane niedawno przez Staudinger'a⁸⁰⁾ mieszaniny metali alkalicznych lub metali ziem alkalicznych z chlorowcowymi związkami organicznymi. Każdy ze składników ma znajdować się w osobnej szklanej ampułce, których rozbicie, a więc zetknięcie się metalu z zawierającym chlor związkiem organicznym, nastąpić winno dopiero w otworze strzelniczym. Tak więc np. metaliczny potas z chloroformem lub też metaliczny sód z czterochlorkiem węgla mają wytwarzać energję; prócz tego wymieniane są układy wybuchowe z ciał, zawierających siarkę lub tlen i metalicznego potasu lub sodu. Jak przypuszczają, na powierzchni metalu alkalicznego najpierw tworzy się, w minimalnych ilościach, silnie wybuchowy związek nietrwały, który działa jako inicjujący zapalacz.

Trudno przewidzieć, czy tego rodzaju układy znajdą w przyszłości zastosowanie; obecnie jednak wydają się one zupełnie oderwanymi od praktyki pomysłami.

⁸⁰⁾ Patenty szwajcarskie: 100199, 100200, 100629, 100874.

Literatura dotycząca materiałów wybuchowych z metalami alkalicznymi i metalami ziem alkalicznych.

Staudinger. Zeitschr. angew. Chemie. 1925, str. 578.

Staudinger. Explosives, qui se produisent avec les metaux alcalins. Chem. Metall. Z., 1926, str. 1789.

Środki zapalające.

I. Materiały wybuchowe inicjujące.

Materiałom tym, przeznaczonym do możliwie niezawodnego i równomiernego zapoczątkowywania wybuchowego spalania się materiałów wybuchowych miotających — oraz detonowania materiałów wybuchowych kruszących poświęcono w ostatnich czasach b. dużo pracy. Abstrahując jednak od zdobyczy o znaczeniu teoretycznem, praktyczne wyniki tej pracy uznać należy za dość nikłe. Jest to łatwe do usprawiedliwienia, jeśli weźmie się pod uwagę wymagania stawiane materiałom wybuchowym inicjującym. Otóż wymaga się od nich łatwej zapalności, lecz cecha ta idzie zwykle w parze ze zbytnią wrażliwością na tarcie i uderzenie; z tego względu nie nadaje się do użytku większość azotków i piorunianów metali. Następnie, materiał wybuchowy inicjujący musi, już w bardzo drobnych ilościach użyty, wykazywać najwyższą szybkość rozkładu, a więc i detonacji, wówczas bowiem i absolutna ilość otrzymywanego tudzież elaborowanego w danej fabryce niebezpiecznego materiału jest stosunkowo mała. Dalej materiał wybuchowy inicjujący nie powinien wykazywać zmniejszenia zdolności inicjujących na skutek zwiększenia jego gęstości (prasowanie). Poza tem wymagane są: zupełna nielotność w granicach temperatur panujących w praktyce, absolutna stałość chemiczna i, wreszcie, możliwie największa niewrażliwość na wilgoć. Nie można nie uznać faktu, że zadośćuczynienie wszystkim tym warunkom jest nader trudne. Tak tedy, jakkolwiek niektóre z zaproponowanych w ostatnich czasach materiałów posiadały część wymaganych zalet, to jednak w zestawieniu z piorunianem rtęci i azotkiem ołowiu — porównania nie wytrzymały.

W praktyce zatem stosowany jest przede wszystkim piorunian rtęci, z którym rywalizuje (w Niemczech zwłaszcza) azotek ołowiu.

Pioruniany. Piorunian rtęci $Hg(CNO)_2$. W sposobie fabrykacji piorunianu rtęci nie zanotowano ostatnio istotnych zmian; poszczególne metody różnią się jedynie stosunkami używanych materiałów wyjściowych, a więc rtęci, kwasu azotowego i alkoholu etylowego. Jak wiadomo, zależnie od tego, czy do wyrobu użyty był również kwas solny czy też nie, otrzymuje się piorunian rtęci „biały” lub też „szary”. Stwierdzono, że szare, a ściśle biorąc jasno-brunatne zabarwienie to, które doniedawna przypisywano obecności rtęci metalicznej, jest wynikiem jedynie załamania światła⁸¹⁾. „Szary” piorunian, uważany niesłusznie za pośrednią odmianę, jest, wręcz przeciwnie, bardzo czysty; przez rozcieranie go pod wodą otrzymać można prawie biały produkt. Szary produkt, zawierający rtęć metaliczną, powstaje wprawdzie przy wadliwej fabrykacji; nie ma on jednak nic wspólnego z takim, jasno-brunatnym, niesłusznie określanym jako „szary”.

Najczystszy piorunian rtęci otrzymuje się drogą przekrystalizowania z NH_3 lub HNO_3 (krystalizacja z H_2O , na skutek małej rozpuszczalności, może być stosowana tylko wówczas, gdy w grę wchodzi drobne ilości); tak otrzymany piorunian dochodzi do 99,8% czystości. Dobry techniczny produkt, w najlepszym wypadku ma 99% (zanieczyszczenia: zasadowy azotan rtęciawy i nieco cjanku)⁸²⁾. Wymiary kryształów decydują o zdolności inicjującej piorunianu rtęci i zdolność ta jest, ogólnie biorąc, proporcjonalna do ich wielkości. Według najnowszych badań, zarówno czysty, jak i techniczny piorunian rtęci nie jest higroskopijny (po 40-dniowym przechowywaniu w wilgotnej atmosferze wchłania mniej niż 3% wody); natomiast higroskopijna jest mieszanina piorunianu rtęci z chlorkiem potasowym, a zwłaszcza mieszanina taka, zarobiona z gumą arabską. Co się tyczy znanych mieszanin piorunianu rtęci i chlorku potasowego, to znaleziono, że pod względem techniczno-wybuchowym najkorzystniejszy jest skład: 80% piorunianu rtęci i 20% $KClO_3$, przyczem wahania w granicach 82,5 — 77,5 pior. rtęci i 17,5 — 22,5 $KClO_3$ — powodują nieznaczne tylko odchylenia od optimum wyników⁸³⁾. Piorunian rtęci jest trujący i powoduje uszkodzenia skóry. Nie może być przechowywany w temperaturze wyższej od 50° C.

Doniedawna uważano, że sprasowany pod dużym ciśnieniem (od 600 kg/cm² wzwyż) zaczyna tracić swą zdolność inicjującą. Ostatnio jednak stwierdzono, że w stosunku do sflegmatyzowanego trotylu, nietylko nie traci na tej zdolności, lecz wręcz przeciwnie, podczas, gdy piorunian rtęci, sprasowany pod ciśnieniem 350 kg/cm² powoduje detonację trotylu z 6% parafiny i zgniecenie cylindra miedzianego 0,6 mm, to pioru-

nian rtęci, sprasowany pod ciśnieniem 1500 kg/cm² detonuje trotyl o 11% parafiny i powoduje zgniecenie 0,7 mm.

Podczas prób tych piorunian rtęci był sprasowany w kapslach⁸⁴).

Piorunian srebra. Najkorzystniejsze warunki otrzymania i najważniejsze właściwości tego związku zostały dokładnie zbadane. Jakkolwiek ma on pod względem techniczno-wybuchowym przewyższać nawet piorunian rtęci, to jednak wobec 10-krotnie niższej ceny tego ostatniego — różnica ta narazie nie ma znaczenia.

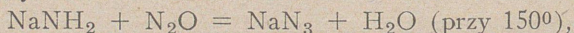
Zupełnie nowemi są zatrzymane przez Wöhler'a⁸⁵) pioruniany K, Ca, Sr, i Ba, wszystkie z jedną cząsteczką alkoholu metylowego, jako krystalizacyjnego, wymiana bowiem pomiędzy piorunianem rtęci a amalgamatami danych metali udaje się tylko w roztworze alkoholu metylowego. NH₄CNO otrzymano jedynie w kompleksie krystalicznym z piorunianem srebra; Mg(CNO)₂ można otrzymać tylko w roztworze.

Jako b. silnie kruszący związek wymieniany jest piorunian złota w postaci soli podwójnej NaCNO . AuCNO. Otrzymano dalej nowy kompleks Na₂S₂O₃ . 2Hg(CNO)₂, na którego tworzeniu się oparta jest jedyna pewna metoda oznaczania kwasu piorunowego według Philips'a.

Godne uwagi jest, że strukturalnie zbliżony do kwasu piorunowego kwas cjanowodorowy wykazuje również silne własności wybuchowe tak, że ze względów bezpieczeństwa musi być transportowany w mieszaninie z ziemią okrzemkową⁸⁶).

Azotki. Nad zbadaniem własności wybuchowych soli, odkrytego przez Curtius'a (1890 r.) kwasu azotowodorowego, pracowano wiele w Niemczech i we Francji w początkach bieżącego stulecia; studja te, na skutek licznych nieszczęśliwych wypadków, zostały na czas pewien przerwane. Podjęte następnie prace również wykazały, że niemal wszystkie otrzymane azotki metali ciężkich są zbyt czułe; jedną z najbardziej wrażliwych i niebezpiecznych soli jest azotek rtęciowy HgN₆ (posiadający własności fizyczne identyczne z piorunianem rtęci); o zastosowaniu tej soli oraz innych azotków metali ciężkich, jako materiałów wybuchowych inicjujących, dotychczas niema mowy; wyjątkiem okazał się azotek ołowiu.

Otrzymywanie soli kwasu azotowodorowego w praktyce odbywa się na zasadzie reakcji:



dającej w wyniku azotek sodu, który, z kolei służy jako materiał wyjściowy do otrzymywania innych azotków. Amidek sodu, figurujący w przytoczonej wyżej reakcji, otrzymuje się przez przepuszczanie par NH₃ ponad

stopionym Na w temperaturze 250°; N₂O zaś — zwykłą drogą przez ogrzewanie NH₄NO₃.

Azotek ołowiu otrzymuje się zatem drogą podwójnej wymiany:



W technice odbywa się to w ten sposób, że do znajdującego się w wirującym bębnie niklowym roztworu azotku sodu wlewa się cienkim strumieniem roztwór octanu ołowiu; zalecana temperatura 10 — 15°. W tych warunkach opada bardzo drobnokrystaliczny biały osad, prawie nierozpuszczalny w wodzie. Przygotowuje się go w porcjach 4 — 5 kg, płócie się wodą i przechowuje się bezpiecznie pod wodą, gdyż chemicznie jest zupełnie stały. Wysuszony Pb(N₃)₂ przechowuje się w pudełkach papierowych⁸⁷⁾.

Metodzie powyższej otrzymywania Pb(N₃)₂ czynione były zarzuty, że nie uwzględnia ona zawartości węglanu sodowego w handlowym NaN₃, wskutek czego w rezultacie obok Pb(N₃)₂, otrzymuje się i zasadowy octan ołowiu, stanowiący zanieczyszczenie, które obniża zdolności wybuchowe głównego produktu. Zgłoszono nawet patent na odmianę metody otrzymywania Pb(N₃)₂, polegającą na tem, że roztwór NaN₃ zadaje się roztworem octanu baru dopóki się osad strąca, poczem odsączony roztwór nadaje się dopiero do strącenia żeń Pb(N₃)₂; tak otrzymany ma on rzekomo łatwiej zapalać się od lontu. Ze sfer autorytatywnych jednak komunikują, że badania przeprowadzone nad azotkiem ołowiu, otrzymanym zwykłą metodą i ową patentowaną, zmodyfikowaną metodą, nie stwierdziły żadnych dostrzegalnych różnic.

Bezwartościowe domieszki azotku ołowiu pochodzą najczęściej z niedostatecznego wymycia, co wobec pulchności i ciastowatości osadu (bez użycia pompy ssącej) zazwyczaj ma miejsce⁸⁸⁾.

Azotek ołowiu jest jednym z cięższych związków chemicznych: jego ciężar właściwy równa się 4.7969 $\frac{16,5^\circ}{16,5^\circ}$ ⁸⁹⁾. Posiada wysoką temperaturę zapalności: 345° (piorunian rtęci: 190°); również mniejszą od piorunianu rtęci jest jego wrażliwość na uderzenie i pchnięcie (o ile znajduje się w postaci b. drobnokrystalicznej, jedynie dopuszczalnej w technice). Zachowuje swą zdolność inicjującą nawet przy zastosowaniu do prasowania go b. wysokich ciśnień (2000 kg/cm², a w ostatnich czasach próbowano do 10000 kg/cm²); właściwie zdolność ta nawet wzrasta w miarę zwiększania ciśnienia, zmniejsza się natomiast siła krusząca (zdolność inicjująca i siła krusząca nie są, jak się okazuje, synonimami). Wadę azotku ołowiu, w porównaniu z piorunianem rtęci, stanowi jego trudniejsza zapalność od ostrego nawet płomienia; dlatego też, celem zwiększenia zapalności, zaproponowano używanie go w kombinacji z trójnitrerezorczy-

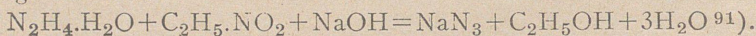
nianem ołowiu. Również, mała stosunkowo wrażliwość azotku ołowiu na uderzenie utrudnia zastosowanie go do precyzyjnych zapalników uderzeniowych, np. w granatach przeciwlotniczych. W miejscu zatem, gdzie uderza iglica musi znajdować się bardziej wrażliwy materiał inicjujący.

Azotek ołowiu jest odporny na wilgoć i przechowywanie w stosunkowo wysokich temperaturach (ponad 500°); po 40-dniowym przechowywaniu w wilgotnej atmosferze wchłania około 1,75% wody. Cecha ta jest bardzo cenna w praktyce, gdyż kapsle z azotkiem ołowiu dobrze się konserwują nawet przy przechowywaniu w wilgotnych magazynach. Wprawdzie przed wojną jeszcze, podczas pierwszych prób z takimi kapslami, wydarzały się nieszczęśliwe wypadki, lecz przyczyną ich było połączone działanie wilgoci i kwasu węglowego (w szybach kopalnianych), które wydzielając z azotku wolny HN_3 , spowodowało utworzenie się niezwykle wrażliwego azotku miedziawego (z materiału gilzy). Zastąpienie gільz miedziawych przez glinowe zapobiega takim wypadkom (z drugiej jednak strony glinowe gilzy, ze względu na wysoką temperaturę spalania Al , są wykluczone z użycia w szybach zagrożonych przez gazy kopalniane).

Azotek ołowiu nie jest trujący. Zapomocą tłuszczów, olejów, parafiny można go flegmatyzować na mieszaniny bardziej niewrażliwe na uderzenie i pchnięcie, a jednak o niezmnieszonej zdolności inicjującej.

Obok przytoczonej na początku niniejszego rozdziału metody otrzymywania NaN_3 , która ze względu na to, że odbywa się w dwóch stadiach (przez NaNH_2) jest dość uciążliwa, wyłaniają się obecnie możliwości syntetycznego łączenia azotu z metalami alkalicznymi, które to pierwiastki pod wpływem ciemnych wyładowań elektrycznych, wiążą się ze sobą bezpośrednio na azotki; przyszłość zadecyduje o praktycznym znaczeniu tego odkrycia.

Zgłoszono poza tem patent na otrzymywanie NaN_3 według następującego równania:



Wodzian hydrazyny

Azotek sodu jest silnie trujący; pod względem działania fizjologicznego porównać go można ze strychniną. Na działania mechaniczne jest niewrażliwy.

Azotek rtęciowy HgN_3 wprowadzony został do napełniania kapsli wybuchowych przez jedną z niemieckich wytwórni; czy i jakie jednak azotek ten wykaże zalety, które przeważąby szalę na jego korzyść, pomimo stosunkowo wysokich cen rtęci oraz jego własności trujących, — przyszłość pokaże⁹²⁾.

Stałe i własności ważniejszych mat. wybuchowych inicjujących ⁹⁰⁾.

MATERJAŁ WYBUCHOWY	Wybucha w temperaturze C°		Objętość gazów V ₀ w L.	Wybrzu- szenie netto ccm	Szybkość detonacji (Kast) m/sek.	Wrażliwość na uderze- nie (wysokość spadania kafarka) cm	
		według Kast'a					według Kast'a
Piorunian rtęci, D = 1'66				33'0	2760		
" D = 3'3	260	168	315		4490	24	12
" D = 4'2					5400		
Piorunian rtęci, 90%, D = 2'5.	240		300	38'9	3950		14
KClO ₃ , 10%							
Piorunian rtęci, 80%, D = 3'1	235				4550	19	
KClO ₃ , 20%							
Azotek ołowiu, D = 3'8	383	340	310	26	4500	43	12
Azotek ołowiu, D = 4'6					5300		
Trójnitrurezorcynian ołowiu, D = 2'6	293	276	440	29	4900	50	14
" " D = 2'9					5200		
Trójazotek cjanuru, D = 1'15	252	206	660	131'3	5545	7	4
" " D = 1'54					7500		
Azotek srebra	273					41	
Piorunian srebra	245					38	
Acetylenek srebra	225 — 200					43 — 79	
Azotek rtęci	298					6	
Pikrynian ołowiu	281					4	
" miedzi	373					ponad 110	
Nadtlenek sześciometyleno- dwuaminy D = 0'88	200				4501	80	
Sześciinitromannit	232					24	

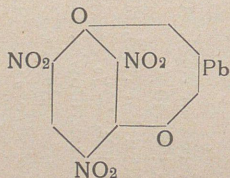
Azotek srebra otrzymuje się przez strącenie go w postaci koloidalnej ze stężonego roztworu NaN_3 zapomocą AgNO_3 . Temperatura topnienia jego: 251° , temp. w której wybucha — około 273° . Rozpuszczalność w wodzie i alkoholu — znikoma. Drobne kryształy (ze stężonego roztworu) detonują przy uderzeniu kafarką z wysokości 78 cm, materiał grubszy — z 28 cm. Wykazuje siłę kruszącą nieco większą od piorunianu rtęci⁹³).

Opracowano nowe metody analizowania azotków. Jedna z nich (Copenman)⁹⁴) polega na tem, że azotki rozkłada się zapomocą H_2SO_4 , otrzymany tą drogą HN_3 pochłania się w NaOH , którego nadmiar odmiareczkowuje się. Obecność jednak azotynów i węglanów wpływa ujemnie na dokładność wyników. W innej metodzie miarowej (Feigl i Chargaff)⁹⁵) możliwie stężony roztwór wodny NaN_3 lub $\text{Ba}(\text{N}_3)_2$ zadaje się małą ilością CS_2 , ogrzewa się krótko na łaźni wodnej i dodaje roztworu J i KJ: wydziela się wówczas azot, przyczem zostanie zużyta odpowiednia ilość jodu. Metoda Glen'a i Roell'a⁹⁶) polega na tem, że roztwór NaN_3 zadaje się najpierw nadmiarem NaNO_2 , a następnie również nadmiarem (lecz znanym) $\frac{\text{N}}{10}\text{H}_2\text{SO}_4$. Zachodzi wówczas następująca reakcja: $\text{NaN}_3 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{N}_2 + \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$, przyczem na 1 cząsteczkę HN_3 zużyte zostają 2 równoważniki H_2SO_4 .

Nadmiar H_2SO_4 odmiareczkowuje się $\frac{\text{N}}{10}\text{NaOH}$ wobec fenolftaleiny. Metoda ma dawać wyniki, różniące się od teoretycznych w granicach 1% i może być stosowana właśnie i wówczas, gdy azotek sodu zanieczyszczony jest przez azotyn. Nie należy obawiać się przytem błędów z powodu ewentualnej straty kwasu na wydzielenie wolnego HNO_2 z nadmiaru NaNO_2 i następnego rozkładu HNO_2 w myśl równania: $3\text{HNO}_2 = 2\text{NO} + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, gdyż w warunkach, w jakich odbywa się oznaczenie, ma jedynie miejsce utlenienie: $\text{HNO}_2 + \text{O} \rightarrow \text{HNO}_3$, co oczywiście nie ma wpływu na acidimetryczne oznaczenie.

Według Munroe'go zastosowanie azotków, jako inicjatorów, jest obecnie zagadnieniem nader aktualnem ze względu na to, że wskutek wielkiego zapotrzebowania na rtęć do wyrobu piorunianu, cena jej, pod presją włosko-hispańskiej dyktatury kartelowej, jest wygórowana.

Trójnitrrozorcynian ołowiu.



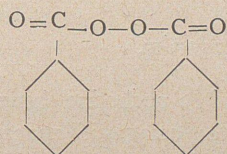
Z pośród najnowszych materiałów wybuchowych związek ten znalazł obok azotku ołowiu największe zastosowanie; otrzymuje się przez zadanie wrzącego roztworu $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ roztworem trójnitrerezorcyny i sody, w obecności lodowatego CH_3COOH ; wydajność przy sposobie tym wynosić ma 94%. (Taylor i Rinkenbach ⁹⁷). W normalnej temperaturze rozpuszcza się w CHBr_3 , CH_3OH i HNO_3 , nie rozpuszcza się natomiast w H_2O , CHCl_3 , benzenie, HCl i CH_3COOH . Trójnitrerezorcynian ołowiu używany jest jako dodatek do azotku ołowiu w charakterze czynnika przenoszącego płomień (do tego celu Herz ⁹⁸) proponuje użycie niewybuchowego rodanku ołowiu); poza tem w mieszaninie z KClO_3 daje efekt zbliżony do działania piorunianu rtęci. Nie jest hygroskopijny i dobrze wytrzymuje przechowywanie w cieple.

Dawno znana, wybuchowa trójnitrerezorcyna (kwas styfny), na skutek charakteru kwasowego i wielkiej wrażliwości soli, nie została zastosowana jako materiał wybuchowy, tem bardziej, że posiadając wysoką temperaturę topnienia ($177,5^\circ$) nie wykazuje, w porównaniu z kwasem pikrynowym, żadnych specjalnych zalet. Gotowana z HgO w wodnym roztworze daje sól rtęciową $\text{Hg}(\text{C}_6\text{H}_2\text{O}_3\text{N}_3)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Nadtlenek sześciometylenodwuaminy (Hexametylentriperoxyddiamina).

$[\text{N}(\text{CH}_2.\text{O.O.CH}_2)_3]$. Otrzymana i zaproponowana jako materiał wybuchowy inicjujący przez Girsewald'a, została zbadana jako środek zastępujący piorunian rtęci przez Taylor'a i Rinkenbach'a ⁹⁹). Otrzymuje się ją działaniem kwasu cytrynowego na zimny roztwór sześciometylenoczteroaminy w H_2O_2 . Związek ten jest trwały do 600°C ; jak większość dwuazozwiązków rozkłada się w wilgotnem powietrzu; jest znacznie mniej wrażliwy na uderzenie niż piorunian rtęci, wybucha 4 razy silniej odeń i nie posiada własności trujących. Daje wyłącznie gazowe produkty rozkładu.

Należący do tej samej klasy związków, zaproponowany kilkanaście lat temu przez Jaques'a i Wells'a ¹⁰⁰) nadtlenek benzoilu nie został zastosowany jako środek inicjujący.



Siarczek azotu, N_4S_4 .

Wady tego związku, jako środka inicjującego stanowią: mała szybkość rozkładu podczas wybuchu, hygroskopijność i stosunkowo łatwa lotność. Otrzymany niegdyś przez Gregory'ego¹⁰¹⁾ i Subeiran'a¹⁰²⁾ działaniem NH_3 na roztwór SCl_2 w CS_2 , w postaci żółtożółtych kryształów rombów; Woźniesienskij¹⁰³⁾ zamiast CS_2 używa benzenu, przyczem osiąga wydajność 20%.

N_4S_4 jest wrażliwszy od piorunianu rtęci, lecz ustępuje mu pod względem siły wybuchowej.

Czteroozotan pentaerytrytu, zdaniem Stettbacher'a¹⁰⁴⁾, nadaje się wybitnie do napełniania kapsli wybuchowych. Jakkolwiek samo prasowanie może wywołać detonację, to jednak związek ten, sprasowany, detonuje nieco trudniej. Plastyczno-stała mieszanina czteroozotanu pentaerytrytu i nitrogliceryny, która według tegoż autora, łatwo osiąga gęstość 1,65 — 1,70, w zestawieniu z czystym, silnie sprasowanym estrem, detonuje ze skutkiem najsilniejszym z dotychczas obserwowanych.

Trójazotek cjanuru. $(NC)_3 (N_3)_3$ otrzymany w stanie zanieczyszczonym przez Finger'a¹⁰⁵⁾, a następnie w stanie czystym przez Ott'a¹⁰⁶⁾.

Otrzymuje się z NaN_3 i $(NC)_3Cl_3$ w roztworze wodnym, z dobrą wydajnością; tworzy bezbarwne igły o temperaturze topnienia 94° , rozkładające się nieco powyżej 100° . Posiada wysoką zdolność inicjującą, jest jednak już w zwykłej temperaturze lotny w sposób dostrzegalny, co wprawdzie chroni go od rozkładu w temperaturach panujących podczas lata, lecz jest przytem bardziej hygroskopijny od piorunianu rtęci, a poza tem tak wrażliwy na uderzenie i tarcie, że praktyczne jego zastosowanie uważać należy narazie za problematyczne. Jest pierwszym materiałem wybuchowym inicjującym, wolnym od ciężkich metali; otrzymuje się z łatwo dostępnych surowców, wobec czego niektórzy uważają go za środek inicjujący o poważnej przyszłości.

Inne związki i mieszaniny, proponowane jako środki inicjujące.

Sedlaczek¹⁰⁷⁾ podaje zestawienie patentów nowych związków i mieszanin mających nadawać się do zapalania inicjującego:

a) *Pochodne węglowodorów.*

Dwunitrozo-dwunitro-pochodne benzenu posiadają cenną dla środków inicjujących zaletę: osiąganie znacznej gęstości przez sprasowanie.

Wchodzą tutaj w grę przedewszystkiem 1.2-dwunitrozo — 3.5-dwunitrobenzen i izomerny 1.2-dwunitrozo — 4.5-dwunitrobenzen. Związki te mogą być stosowane jako takie lub w postaci soli metali alkalicznych i ciężkich, same lub w mieszaninie z innemi składnikami mieszanin inicjujących.

Znany już jako materiał do napełniania bomb i torped siarczek sześciornitrodwufenylu $\begin{matrix} \text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3 \\ \text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3 \end{matrix} \rangle \text{S}$, zaproponowany został jako środek częściowo zastępujący piorunian rtęci.

Zdolność inicjująca cyklotrójmetylenotrójnitroaminy, wspomnianej już na innem miejscu, ma być tak wielką, że 1 gr jej może wywołać detonację luzem leżącego stopionego trotylu.

b) *Połączenia nitrowe fenoli.*

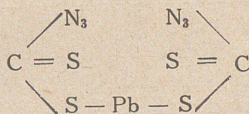
Do sporządzania ładunków inicjujących używany być może trójnitrerezorcynian ołowiu w mieszaninach: z tetrylem i PbO_2 lub z nitropentaerytrytem i PbO_2 , albo też z nitrocelulozą; zamiast nitrocelulozy mogą być użyte: trotyl, dwunitrobenzen, czteronitrometan; poza tem zamiast soli ołowiowej można zastosować sól barową.

Sole trójnitrofloroglucyny mają, pod względem działania inicjującego, znacznie przewyższać trójnitrerezorcynian ołowiu; technicznie brane są pod uwagę sole rtęci i ołowiu.

Nieoczekiwaniem są: łatwe otrzymywanie, dostateczna siła krusząca i zdolność inicjująca zasadowych soli ołowiu nitrowanych fenoli jak: trójnitrokrezolu, dwunitrerezorcyny, trójnitrerezorcyny i t. p.; nadają się one do napełniania kapiszonów do broni palnej, kapsli wybuchowych i t. d.

c) *Azotki.*

Zasługuje na uwagę sól ołowiowa kwasu azototiowęglowego

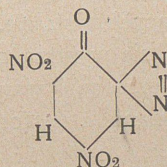


wyróżniająca się zdolnością inicjującą, wrażliwością na uderzenie i wielkim zasobem energii.

Azotek pikrylu $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{N}_3$ ma nadawać się jako składnik mieszanin inicjujących lub jako materiał do drugorzędowych ładunków kapsli wybuchowych; związek ten jednak dotychczas nie został poważnie zbadany.

Jako środek inicjujący podana jest również łatwa do otrzymania

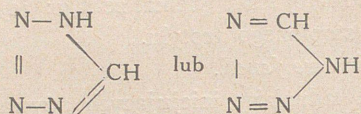
z kwasu pikraminowego jego pochodna dwuazowa



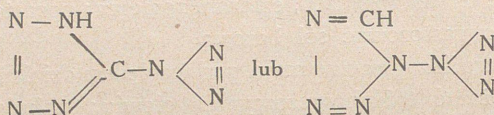
Azotek ołowiu w mieszaninie z saetrą barową, chloranem potasu i siarczkiem antymonu stosowany być może do zapalania prochu czarnego i trudnozapalnych prochów bezdymnych.

d) *Tetrazole i tetrazyeny.*

Związki te nie posiadają wad, przypisywanych piorunianowi rtęci: nie nagryzają metali i nie są wrażliwe na wilgoć. Oto wzory strukturalne niektórych z pośród proponowanych związków:



Tetrazol



Tetrazyloazoid



Guanylo-dwuazo-guanylo-tetrazen.

(Ten ostatni związek ma zapobiegać nagryzającemu działaniu na metale, znajdującego się w mieszaninach inicjujących chloranu potasu).

e) *Różne substancje.*

Chlorany i nadchlorany metali ciężkich dają z hydrazyną połączenia krystaliczne (np. sole kadmu, kobaltu i niklu). Pod względem działania inicjującego przewyższają one azotki. Nadawać się mają do mas zapalających w detonatorach, kapslach wybuchowych, kapiszonach do broni ręcznej, zapalnikach i t. p.

Jako środek zastępczy dla piorunianu rtęci, wysuwano od dość dawna mieszaniny czerwonego fosforu, utleniających soli, alkaliów i środków rozcieńczających, jak np. mąka korkowa. Jakkolwiek mieszaniny takie odznaczają się wybitną zdolnością inicjującą, to jednak są zbyt mało trwałe podczas przechowywania i niebezpieczne przy użyciu. Zaproponowano tedy przyrządzanie z fosforu i lakieru olejnego, z dodatkiem sykatywu tudzież

aniliny lub dwufenyloaminy, — pewnego rodzaju szybko-schnącego lakieru, którym powleka się wewnętrzną stronę folji kapiszonów.

Dalej w zestawieniu tem Sedlaczek przytacza patenty na środki flegmatyzujące i sposoby ładowania, na podstawie literatury patentowej. Całość nie budzi wielkiego zaufania.

Oddzielną klasę materiałów inicjujących stanowią wspomniane już związki chloranów i nadchloranów dwuwartościowych metali ciężkich z hydrazyną i z amonjakiem (Friederich i Vervoorst)¹⁰⁸). Związki te jednak również nie są stosowane w praktyce, związki bowiem amonjakowe łatwo odszczepiają amonjak, związki hydrazynowe chloranów wydają się niedostatecznie chemicznie stałymi, podczas gdy znowu chemicznie stałe związki hydrazyny z nadchloranami są niedość łatwo zapalne.

Z pośród zatem wielkiej liczby, proponowanych jako inicjatory, łatwo wybuchających substancyj, w praktyce utrzymuje się zaledwie drobna część tylko; niema bowiem istotnej potrzeby, ze względu na wrażliwość, stosować ich do napełniania kapsli, mając do rozporządzenia bezpieczniejsze przy elaboracji drugorzędowe ładunki trotylowo-tetrylowe, odpowiadające dobrze swemu przeznaczeniu¹⁰⁹); te ostatnie mniej może nadają się do celów wojskowych, gdzie skutek detonacji, wywołany przez działanie inicjujące, stanowi o wszystkim: o działaniu pocisku.

Stwierdzono, że wrażliwość na uderzenie, a wrażliwość na tarcie są to dwie zupełnie odrębne cechy, które bynajmniej nie idą ze sobą równolegle¹¹⁰).

II. Masy wybuchowe i zapalające.

(do napełniania kapsli, kapiszonów i zapalników).

Podczas, gdy Niemcy już na szerszą skalę używają azotku ołowiu do napełniania kapsli wybuchowych, w innych krajach używa się do tego celu wciąż jeszcze mieszaniny piorunianu rtęci z KClO_3 w połączeniu z trotylem lub tetrylem jako ładunkiem głównym.

Zasadniczymi materiałami dla przygotowywania mas do napełniania kapiszonów są dzisiaj wciąż przeważnie: piorunian rtęci, chloran potasu i siarczki antymonu, używane w różnych stosunkach. Inne masy zapalające, wolne od piorunianu, składające się dawniej głównie z KClO_3 , Sb_2S_3 i S, zawierały następnie przejściowo rodanki rtęci i ołowiu, a wreszcie używano do nich i innych składników łatwo zapalających się jak np. tiosiarczan miedziowo-amonowy lub tiosiarczan ołowiu. W masach niepowodujących rdzewienia, które zamiast KClO_3 zawierają łagodniejszy odebę $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, a z tego powodu wymagają powiększenia procentu zawartości

piorunianu rtęci, dodaje się celem zwiększenia zapalności, nadtlenku ołowiu, nadtlenku baru, krzemku wapnia. Zamiast piorunianu zaleca się stosowanie do nich podwójnego związku z azotanu ołowiu i podfosforynu ołowiu ¹¹¹).

Skład używanych w zapalnikach elektrycznych mas, bezpośrednio rozpalających się od przewodników elektrycznych zależy od rodzaju zapalników. Tak więc do zapalników mostkowo-żarowych używa się, celem uniknięcia strat energii, złych przewodników elektryczności jak: czystej bawełny strzelniczej, czystego piorunianu rtęci, mieszaniny piorunianu z KClO_3 (3:1); mniej nadaje się tutaj proch czarny (hygroskopijność). Masa zapalników iskrowych lub szczelinowo-żarowych musi być lepszym lub gorszym przewodnikiem; stosuje się tutaj zatem mieszaniny piorunianu, lub równych części KClO_3 i Sb_2S_3 , z mniejszą lub większą ilością metalicznych proszków Cu, Al, Ag (koloidalnego) lub koksu w proszku, węgla retortowego, grafitu retortowego.

Dla mas zapalających, zawierających fosfor, ważne jest zapewnienie im chemicznej stałości (konserwacja). Według pewnego zgłoszenia patentowego osiągnąć to można przez użycie fosforu w formie chemicznie związanego, który otrzymać można drogą gotowania bezpostaciowego fosforu z nadmiarem roztworu soli metalowych np. CuSO_4 i z alkoholem; tak używany preparat jest wybuchowy lecz trwały ¹¹²).

W dziedzinie mas do zapalania ze zwłoką zaproponowano, zamiast mas z prochem czarnym, używanie pewnego rodzaju termitów, jak np. siarka, żelazo metaliczne w proszku i saletra, lub: metale w proszku i ciała dostarczające tlen (saletry i t. p.), albo wreszcie siarczki metali i ciała dostarczające tlen.

Osobną grupę stanowią wreszcie mieszaniny samozapalające się. Mają one służyć np. do dywersji na tyłach nieprzyjaciela, przez wywołanie pożarów; poszczególne składniki, same przez się niewinne, zostają dostarczone na miejsce przeznaczenia, gdzie dopiero sporządza się z nich mieszaninę. Składają się one np. z: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, KClO_3 , ZnCl_2 i S. ¹¹³).

III. Kapsle wybuchowe.

Fabrykacja kapsli wybuchowych polega na wyrobie gilzy metalowej, przygotowaniu ładunku inicjującego i wprasowaniu tego ładunku do gilzy. Przedwojenną produkcję kapsli wybuchowych w Niemczech oceniano na 40 — 50 milionów sztuk rocznie. Podczas wojny światowej najwyższe zużycie kapsli w temże państwie wynosiło do 20 milionów sztuk miesięcznie

(i 400 — 500 milionów kapiszonów)¹¹⁴). W początkach wojny w powszechnym użyciu były kapsle zawierające mieszaninę piorunianu rtęci i KClO_3 , następnie weszły w użycie ładunki kombinowane z tej mieszaniny, trotylu i tetrylu (we Francji również z kwasu pikrynowego). Metale, z których przygotowywano gilzy podczas wojny, były (poza miedzią) następujące: mosiądz, cynk, cynkowane żelazo („Ansonitowe”); gilzy cynkowe i cynkowane, pod wpływem wilgoci, stykając się z piorunianem rtęci, powodowały wydzielenie zeń wolnej rtęci i tworzyły z nią amalgamat. To samo ma miejsce przy stykaniu się piorunianu z Al. Po wojnie opracowane i wprowadzone zostały w Niemczech kapsle aluminiowe z tetrylem i $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$, w których ładunek drugorzędowy jest prasowany pod ciśnieniem 250 — 300 kg/cm^2 , ładunek zaś pierwszorzędowy z mieszaniną $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ i trójnitricezorcynianu łożowiu, pod ciśnieniem 200 kg/cm^2 . Tak np. najczęściej używany kapsel Nr. 8 zawiera 0,85 gr tetrylu i 0,3 gr mieszaniny $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ i trójnitricezorcynianu łożowiu, w stosunku 4:6¹¹⁵). Kapsle te przewyższają w działaniu kapsle piorunianowe, są poza tem odporniejsze na wilgoć i nie zawodzą podczas silnego ochłodzenia w patronach z ciekłym powietrzem. Wzmocnione działanie jest prawdopodobnie wynikiem wielkiego ciepła spalania Al otaczającej gilzy. Ze względu na to wzmocnione działanie (a w wyniku — i mocniejsze działanie detonowanych materiałów wybuchowych kruszących) oraz ze względu na ewentualne zetknięcie się rozżarzonych do białości odłamków Al gilzy z palnemi mieszaninami gazów, zabronione zostało użycie takich gilz w kopalniach, zagrożonych przez gazy kopalniane, w Niemczech, Francji, Anglii i Belgii.

Aby przy pewnej pojemności kapsla osiągnąć możliwie największą dzielność ładunku, stosuje się w ostatnich czasach prasowanie pod ciśnieniem do 2000 kg/cm^2 , przy kapslach zaś przeznaczonych do pocisków, a więc narażonych na wstrząs podczas wybuchu miotającego ładunku prochu, prasowanie do 3000 kg/cm^2 , a nawet wyżej, nie jest już dzisiaj osobliwością.

Szwedzkie kapsle wyrobu „Aktiebolaget Bofors Nobelkrut”, są od spodu otwarte celem uzyskania największego zgęszczenia w miejscu, z którego ma wychodzić najsilniejsze działanie; kapsle te, istotnie, wykazały znaczne zalety, lecz wyższa cena stanęła na przeszkodzie rozpowszechnieniu się ich poza sferę zapotrzebowania wojska.

Kapsle Schulze'go, których denko jest wciśnięte w formie stożka do wewnątrz, miały, rzekomo, zyskać dzięki temu wzmocnione działanie; jakkolwiek w istocie osiąga się w ten sposób pewne lokalne wzmoczenie działania przebijającego, to jednak działanie takie skierowane jest jednostron-

nie wdół, co bynajmniej nie oznacza zwiększenia zdolności inicjującej 116). Odpowiedni patent został anulowany *).

Najbardziej używane są kapsle Nr. 6 i Nr. 8. W Ameryce wyrabiane są prawie wyłącznie te dwa rodzaje. W Europie natomiast wyrabiane są stale numery od 3 do 10.

Rozpowszechnianie się kapsli aluminiowych z $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ nabiera szybkiego tempa, co zrozumiałem jest, jeśli obok ich zalet uwzględnić jeszcze te okoliczności, że Al obecnie jest tańszy i dostępniejszy od miedzi, oraz, że ceny rtęci po wojnie wzrosły pięciokrotnie.

IV. Elektryczne kapsle wybuchowe i zapalniki.

Elektryczny sposób zapalania zyskuje coraz więcej uznania dla swej wygody, prostoty i czystości. To też od szeregu lat daje się zauważyć gorączkowa praca na polu ulepszenia konstrukcji zapalników elektrycznych, mającego zapewnić niezawodne działanie oraz bezpieczeństwo przy pracy. W kopalniach zagrożonych przez gazy wybuchowe używane są niemal wyłącznie elektryczne kapsle wybuchowe. W niektórych krajach elektryczne zapalniki i kapsle wybuchowe są dostarczane już jako zespolone (Anglja, Ameryka), w innych natomiast — sfery górnicze nie mogą dotychczas pojąć i uznać tego, że takie trwałe połączenie tych dwu części w znacznym stopniu zmniejszyłoby ilość niewypałów. Co do stopnia rozpowszechnienia różnych rodzajów zapalników elektrycznych, to można powiedzieć, że wogóle zapalniki mostkowo-żarowe, wymagające prądu o słabem napięciu, są bardziej chętnie używane niż zapalniki iskrowe, dla których niezbędny jest prąd wyższego napięcia. Tak np. w Stanach Zjednoczonych Am. Półn. stosowany jest wyłącznie pierwszy rodzaj. Zapalniki szczelinowo-iskrowe, o wysokich oporach, przyjęły się w polskich i niemieckich kopalniach wę-

*) J. Bałaczyński ogłosił (Przegląd Artyleryjski 1924, str. 30) „Matematyczną analizę działania naboju wydrążonych“. Autor zajmuje się zjawiskiem, polegającym na tem, że przebijające działanie cylindra z materiału wybuchowego na płyty żelazne znacznie się zwiększa, jeżeli w tym cylindrze wydrążone są zagłębienia. Przytoczywszy wyjaśnienie tego faktu przez Neuman'a, obala je i opisuje rezultaty własnych prób, poczem przeprowadza analizę matematyczną działania naboju z wydrążeniem stożkowatym; z analizy tej wynika, że przy kącie stożka $53^{\circ}53'3''$ działanie centralne naboju jest największe; następnie rozpatruje autor działanie naboju z wydrążeniem półkulistym, przyczem dochodzi do wniosku, że takie naboje dają lepsze wyniki niż poprzednie. Atoli obydwa powyższe rodzaje naboju wydrążonych, ogniskując uderzenie w jednym punkcie, przebijają w płytach otwory; dla celów praktycznych zaś bardziej pożądanem byłoby działanie tnące wzdłuż jednej linii, które to działanie osiąga się przez zastosowanie wydrążenia o kształcie leżącego półcylindra.

gła z tego względu, że elektryczne kolejki kopalniane powodują tutaj częste występowanie prądów błędzących ¹¹⁷).

Na szczególną uwagę zasługują wprowadzone od niedawna bezlontowe elektryczne zapalniki Eschbach'a ¹¹⁸), które w gilzie blaszanej lub papierowej zawierają oprócz pastylki zapalającej natychmiastowej — ładunki opóźniające, wyrabiane w różnych długościach i umożliwiające oddanie serji strzałów w regularnych odstępach czasu.

Przed kilkoma laty zdarzały się w kopalniach węgla wybuchy gazów kopalnianych w takich warunkach, że można je było przypisać tylko rozrzuconym żarzącym się lub płonącym cząsteczkom zapalników elektrycznych. Dało to impuls do nowych konstrukcyj tych zapalników, w których przewodniki elektryczne umocowane są w niepalnych twardych lub nieco elastycznych masach izolujących. Zapalniki takie od pewnego czasu są już wprowadzone w górnictwie węglowem. Interesujący jest pomysł zastąpienia takich mas przez trudno-detonujący materiał wybuchowy, np. trotyl, który podczas strzału wybucha i, dzięki całkowitemu spaleniu, nie może wyrządzić następnie żadnej szkody ¹¹⁹).

Sposoby badania kapsli wybuchowych.

Określenie zdolności inicjującej oraz wogóle badanie kapsli wybuchowych posiada doniosłe znaczenie dla ekonomicznego wyzyskania materiałów wybuchowych oraz dla uniknięcia niewypałów, które przy pracach górniczych na wielką skalę stają się źródłem niebezpieczeństwa i pociągają za sobą wielkie, a nieprodukcyjne koszty. Istnieją rozmaite metody badania kapsli, posiadają one jednak przeważnie charakter jakościowy, nie dając miary zdolności inicjującej według jakiejś określonej skali. Taką jest np. próba na płycie ołowianej; bardziej dokładne pojęcie, co do wielkości energii przynajmniej, daje już próba w bloku ołowianym Trauzl'a. Amerykańska próba „gwoździowa“ polega na tem, że kapsel wybuchowy przymocowuje się zapomocą drutu miedzianego do gwoździa żelaznego i swobodnie zawieszony kapsel doprowadza się do wybuchu; kąt pod jakim został skrzywiony gwóźdź — jest miarą działania detonatora; próba ta nie może wszelako rościć pretensji do dokładności, gdyż tak ona, jak i próba piaskowa, dają wyniki, które są funkcjami czynników czysto mechanicznych, a więc nie będące bezpośrednią miarą działania inicjującego.

Dopiero L. Wöhler'owi ¹²⁰) przed kilku laty udało się opracować łatwy i prosty sposób ilościowego określania zdolności inicjującej, polegający na tem, że badany kapsel zostaje umieszczony w drugim, większym kapslu miedzianym, w który wprasowano uprzednio pierścień ze sflegma-

tyzowanego trotylu; badany kapsel otoczony jest zatem przez wspomniany pierścień. Takie urządzenie zostaje zdetonowane nad blachą ołowianą. Jako czynnika flegmatyzującego używa się oleju parafinowego, który dodawany jest we wzrastających ilościach, od 0,25% do 15%, do najczystszego, przekrystalizowanego, jednolitego trójnitetroluenu. Najwyższy procent oleju parafinowego, domieszanego do trotylu, przy którym następuje jeszcze przebicie płyty ołowianej, jest liczbą określającą zdolność inicjującą. Prócz trotylu, Wöhler używał również trójnitetrosylenu z olejem parafinowym, a wreszcie ostatnio i mieszaninę stopionego trotylu z różnymi ilościami naftalenu. Sposób ten wypróbował on na trotylu, tetrylu i czteroazotanie pentaerytrytu, z dodatkowymi ładunkami $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$, i piorunianu rtęci, z zastosowaniem niskich i wysokich ciśnień, w gilzach z Cu i Al, słowem z rozmaitemi materiałami i w różnych warunkach. Stwierdził on, między innymi, że przy zastosowaniu gilzy Al i wysokiego ciśnienia działanie inicjujące jest silniejsze oraz, że poszczególne nitrozwiązki, sprasowane pod niskim ciśnieniem, zapalane są lepiej przez $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$, pod wysokim zaś ciśnieniem — lepiej przez piorunian rtęci.

Metoda ta stanowi niewątpliwie poważny krok naprzód w dziedzinie badania kapsli wybuchowych, jednak i ona nie jest zupełnie obiektywna.

Kast i Haid¹²¹⁾ przeprowadzili liczne próby porównawcze metod z różnymi materiałami wybuchowymi, jak: piorunian rtęci, azotki, trójazotek cjanuru, z trotylem i tetrylem, w gilzach z Al i Cu, formy zwykłej i Schultze'go. Działanie było porównywane: 1) w małych cylindrach ołowianych, 2) na płytach ołowianych, 3) zapomocą próby „gwoździowej“, 4) próby piaskowej, 5) przez oznaczenie jako zdolności inicjującej w stosunku do trudno-detonujących materiałów wybuchowych (jak sflegmatyzowany trotyl, lub dwunitrotoluen). Wspomniani autorzy znaleźli, że właściwie żadna z powyższych metod, sama przez się, nie nadaje się do porównywania różnych rodzajów kapsli.

Metodę badania kapsli wybuchowych przy pomocy prześwietlania promieniami Röntgen'a zaproponował Sucharewskij¹²²⁾; nie jest ona jednak jeszcze dostatecznie opracowana. Prześwietlanie kapsli elektrycznych nie może zastąpić kontroli przepływu prądu, gdyż podczas takiego badania mostek nie jest dostrzegalny.

Cserneczky¹²³⁾ zastosował kombinowaną metodę (przyjmując zasadę metody Wöhler'a, wykonanie zaś według Hess'a i Esop'a) do porównania zdolności inicjującej kapsli zawierających piorunian rtęci, a kapsli zawierających azotek ołowiu. W wyniku przeprowadzonych prób autor stwierdził, że:

1) Mieszanina azotku ołowiu z trójnitricezorcynianem ołowiu daje, w charakterze pierwszorzędowego ładunku, bezwarunkowo lepsze rezultaty niż piorunian rtęci.

2) Do drugorzędowych ładunków tetryl nadaje się bardziej niż trotyl.

3) Wklęśnięcie w dnie gilzy zwiększa zdolność inicjującą kapsli miedzianych, zmniejsza zaś — kapsli aluminiowych.

V. Lonty.

Wolnopalne. Zwykły lont Bickford'a jest wciąż jeszcze na wielką skalę wytwarzany i stosowany pomimo współzawodnictwa elektrycznego sposobu zapalania. Zależnie od środowiska w jakim ma być użyty, zmienia się tylko jego powłokę: wyrabiane są zatem lonty w powłokach z tkanin smołowcowanych, gutaperki, celulozoidu, cellonu, acetylocelulozy. Trzy ostatnie rodzaje powłok gwarantują zabezpieczenie rdzenia od wilgoci i wytrzymałość lontu na zginanie, są jednak, w porównaniu ze smołowcowanymi tkaninami, znacznie droższe. Wielkie fabryki produkują lonty do wszelkich celów, do użycia w środowiskach suchych i pod wodą, w kopalniach zagrożonych przez gazy wybuchowe i do ciekłego powietrza. Czas palenia się lontów wolnopalnych, mierzony w sekundach na metr, waha się pomiędzy 40 a 150 sek/m, najczęściej jednak używany jest lont o czasie palenia się 85 — 95 sek/m; dłuższy czas palenia się lontu obniża równomierność i siłę płomienia zapalającego. Szybkość palenia się lontu zależy zresztą, pomiędzy innymi, od powstającego ciśnienia gazów, a więc od oporu, jaki stawia otoczenie, od warunków klimatycznych, jak temperatura i wilgotność powietrza i t. p. Równomierność palenia się zależy, między innymi, również od kształtu rdzenia („duszy“) lontu.

Sposób badania lontów zapomocą prześwietlania promieniami Röntgen'a, jakkolwiek przyjęty został przez wielkie fabryki i oddaje znaczne usługi przy wykrywaniu błędów fabrykacji, nie uwzględnia jednak wszystkich czynników, wpływających na wartość lontu.

Szybkopalne. Lonty te mają obecnie coraz bardziej ograniczone zastosowanie. Czas palenia się ich, mierzony w metrach na sekundę, wynosi od 30 do 300 m/sek. Używany był głównie do celów wojskowych, np. do jednoczesnego zapalenia wielu ładunków; niemiecki wojskowy lont szybko-palny miał szybkość palenia się 90 m/sek. W Austrii używany był dawniej lont, którego rdzeń składał się z nici wełnianych, nasyconych chlora-nem potasu i żelazocjankiem ołowiu, i owinięty był w powłokę bawełnia-ną; szybkość palenia się tego lontu równała się 70 m/sek.

Detonujące. Te lonty właśnie wchodzi coraz bardziej w użycie zamiast lontów szybkopalnych. Znajdują one rozległe zastosowanie, między innymi, do celów wojskowych. Najbardziej znanym i używanym jest dzisiaj lont „Cordeau Bickford“, wyrobu firmy Davey, Bickford, Smith & Co. w Rouen. Jest to giętka rurka ołowiana, średnicy zewnętrznej 6 mm, o rdzeniu trotylowym ϕ 4 — 5 mm; gęstość materiału wybuchowego 1,45 — 1,50. Nie zapala się od płomienia, detonuje się go zapomocą kapsla Nr. 8. Szybkość przenoszenia się detonacji w lonce tym wynosi według Kast'a ¹²⁴⁾ 5000 m/sek., w/g Dautriche'a ¹²⁵⁾ 5300 m/sek., w/g zaś Naoum'a ¹²⁶⁾ 5400 m/sek. Dawniejszy francuski lont melinitowy, o rdzeniu z kwasu pikrynowego, posiadał wprawdzie większą szybkość przenoszenia się detonacji, lecz, ze względu na niebezpieczeństwo tworzenia się pikrynianu ołowiu, wymagał kosztowniejszej powłoki z cyny.

Do napełniania lontów detonujących używany jest również tetryl, posiadający tę zaletę, że detonuje łatwiej od trotylu; jest jednak dość uciążliwy przy wyrobie lontów na skutek wyższej temperatury topnienia i skłonności do rozkładu w stanie stopionym.

Dalej, godny uwagi jest czechosłowacki lont detonujący piorunianowy, o rdzeniu z piorunianu rtęci sflegmatyzowanego parafiną; wyrób takiego lontu nie przedstawia niebezpieczeństwa, a cena jest dość niska; szybkość przenoszenia się detonacji 5000 m/sek. Jest przytem b. lekki, zupełnie pewny w użyciu, posiada powłokę jutową, pozwalającą na łatwe łączenie rozgałęzień. Lonty piorunianowe stosowane są przeważnie do celów wojskowych ¹²⁷⁾, jednak i technika górnicza chętnie się nimi posługuje.

Odniedawna w Niemczech wyrabiany jest lont detonujący o rdzeniu z czteroazotanu pentaerytrytu; sam jednak czteroazotan pentaerytrytu daje rdzeń sypki i wskutek tego lont taki nie wykazuje najwyższej szybkości przenoszenia się detonacji; szybkość taką osiągać ma zaproponowany przez Stettbacher'a lont ze spoistym rdzeniem z mieszaniny z czteroazotanu pentaerytrytu z nitrogliceryną (7000 — 8000 m/sek.).

Owinięcia (powłoki) tych lontów są także jak lontów zwykłych; połączenia i rozgałęzienia dają się łatwo wykonać przez owinięcie taśmą izolacyjną lub drutem.

Sposób zapalania zapomocą lontów detonujących od dość dawna stosowany jest bardzo chętnie i z dobrymi wynikami — przedewszystkiem w Ameryce (kamieniołomy). W Europie stopniowo rozpowszechnia się również coraz bardziej; opłaca się jednak jedynie przy robotach na wielką skalę (uzyskanie materiału co najmniej 200 tonn na dobę).

Amerykańska firma „Hercules - Powder Co.” opracowała i zastosowała sposób prowadzenia wielkich robót górniczych, zwany „Herco-blasting“¹²⁸), a polegający na tem, że w otworach strzelniczych o głębokości 50 m zostaje umieszczony proch czarny obok, przechodzącego przez całą głębokość otworów, lontu detonującego; dzięki temu urządzeniu prochu czarny wybucha z szybkością lontu, a więc około 15 razy większą od własnej szybkości przenoszenia się wybuchu, co zwiększa znacznie potęgę działania prochu. W jednej z amerykańskich kopalń miedzi w r. 1925 zapalono 100.000 kg prochu czarnego w otworach strzelniczych — w taki właśnie sposób.

Do zapalania materiałów wybuchowych kruszących stosowany bywa również z wielkiem powodzeniem lont detonujący. Tak np. w pewnych amerykańskich kamieniołomach kilka lat temu zostało zapalone przy użyciu lontu detonującego 26000 kg dynamitu, znajdującego się w 54 otworach strzelniczych głębokości 30 m i średnicy 20 cm; dzięki rozgałęzieniom lontu detonującego — wybuch nastąpił prawie jednocześnie. Uzyskano tą drogą 260.000 tonn materiału.

Bardzo korzystne, a przytem bezpieczne, jest użycie lontu detonującego do pracy z materiałami wybuchowemi, zawierającemi ciekły tlen. Lont detonujący o rdzeniu trotylowym i powłoce ołowianej jest niewrażliwy na zmianę temperatury w granicach od — 172 do + 53, a więc rdzeń nie zmienia swej szybkości detonacji, powłoka — swej giętkości¹²⁹). Okazało się natomiast, że ostre zgięcia i załamania lontu detonującego wywierają ujemny wpływ na szybkość przenoszenia się detonacji; dzieje się to na skutek naturalnej bezwładności gazów wybuchowych w kierunku ruchu.

81) Kast. Spreng. u. Zündstoffe. str. 418.

82) Stettbacher, j. o. str. 22.

83) Taylor i Munroe. Reports of investig., Bureau of Mines. Ser. 3558

84) Stettbacher j. o., str. 23.

85) Wöhler Z. ang. Ch. 1927, str. 1238.

86) Wöhler i Roth. Chem. Ztg. 1926, str. 761 i 781.

87) Naoum, j. o. str. 177 i 178.

88) Stettbacher j. o.

89) Wöhler i Krupko Ber. 1913, str. 2056.

90) Stettbacher j. o.

91) Ameryk. patent (Atlas Powder Co.).

92) Stettbacher j. o.

93) Taylor i Rinkenbach. Army Ordnance. 1925, t. 5, str. 824.

94) Journal South Africa Chem. Ind. 1927, str. 18—22.

95) Ztschr. für anal. Chem. 1928, str. 376 — 380.

96) Z. f. anorg. Chem. T. 179, str. 234.

97) Rep. of. investig. Bureau of Mines Ser. 3558, 1926, str. 188—192.

- ⁹⁸⁾ Patent niemiecki 443551/1926.
- ⁹⁹⁾ Army Ordnance. 1924, V. 1926.
- ¹⁰⁰⁾ Pat. ang. 23450(1912).
- ¹⁰¹⁾ Journ. Pharm. 21, str. 315.
- ¹⁰²⁾ Ann. Chim. Phys. 67, str. 71 (1838).
- ¹⁰³⁾ Żurnal russk. fiz. chim. obszcz. 59, str. 22—32.
- ¹⁰⁴⁾ Stettbacher, j. o. str. 24.
- ¹⁰⁵⁾ Journ. pract. Chem. 1927, str. 103.
- ¹⁰⁶⁾ Ber. 1919, str. 180 i 186; p. również Ber. 1921, str. 179. Z ang. Chem. 1925, str. 47, Ztschr. f. Schiess u. Sprengstoffw. 1925, str. 146.
- ¹⁰⁷⁾ Ztschr. f. Schiess u. Sprengstoffw. 1924, str. 11.
- ¹⁰⁸⁾ Tamże 1926, str. 49, 65, 84, 104, 123 i 143.
- ¹⁰⁹⁾ Naoum. j. o., str. 182.
- ¹¹⁰⁾ Stettbacher. j. o., str. 24.
- ¹¹¹⁾ Ztschr. f. Schiess u. Sprengstoffw. 1916, str. 365 i 388.
- ¹¹²⁾ Naoum j. o., str. 184.
- ¹¹³⁾ Naoum j. o., str. 184 i 185.
- ¹¹⁴⁾ Galewsky Z. ang. Chem. 1920, II, str. 65.
- ¹¹⁵⁾ Stettbacher. Ztschr. f. Schiess u. Sprengstoffw. 1926, str. 53—55 i 59—71.
- ¹¹⁶⁾ Naoum j. o., str. 188.
- ¹¹⁷⁾ Stettbacher Chem. Ztg. (Fortschrittsber.). 1929, str. 25 Nr. 11.
- ¹¹⁸⁾ Niem. patent 310048 (1918), 379, 939 (1922) i 414479 (1922).
- ¹¹⁹⁾ Naoum j. o., str. 191.
- ¹²⁰⁾ Ztschr. f. Schiess u. Sprengstoffw. 1925, str. 145—150, 165—169; 1926, str. 1—5, 35—38, 55—57, 97—99, 121—123; 1927, str. 95—99 i 135—139.
- ¹²¹⁾ Tamże 1924, str. 146—151 i 165—170.
- ¹²²⁾ Tamże 1926, str. 157—161.
- ¹²³⁾ Tamże 1929, str. 169—172.
- ¹²⁴⁾ Tamże 1913, str. 134.
- ¹²⁵⁾ Mem. poudre salp. 15,232 (1909/1910).
- ¹²⁶⁾ J. o., str. 192.
- ¹²⁷⁾ Sucharewskij. Wójna i technika. 1926, Nr. 330, str. 33—49.
- ¹²⁸⁾ „The Explosives Engineer“ Kwiecień 1923; Allen „Hercoblasting reduces costs in gravel pits“. Tamże 1925, str. 411.
J. Barab „Hercoblasting“ (Broszura wydana nakładem Hercules Powder Co. Delaware 1924).
- ¹²⁹⁾ Gawthrop Reports of investig. Bureau of Mines. 1924, str. 2619.

Literatura dotycząca środków zapalających.

- Kast i Haid. „Über die sprengtechnischen Eigenschaften der wichtigsten Initialsprengstoffe“. Z. ang. Ch. 1925. Ztschr. f. Schiess-u. Sprengstoffw. 1926.
- B. Grotta. Development and application of initiating Explosives. Ind. Eng. Chem. 1925, str. 134.

Carl L. R. The rate of detonation of mercury fulminate and its mixtures with potassium chlorate. Army Ordnance 1926, str. 302.

Storm C. G. Sympathetic detonation. Army Ordnance 1923, str. 256. Mém. de l'Artillerie franç. 1926, str. 251 — 263.

Wöhler. Eine neue u. directe Prüfungsmethode für Initialzünd. Ztschr. f. ges. Schiess-u. Sprengstoffw. 1926, str. 1 i 31.

Seifert J. Contribution à l'étude des amorces. Vojensko-Technické Zpravý 1926, str. 40.

Friedrich W., Vervoorst P. Une nouvelle catégorie d'explosifs fulminants: Les composées complexes d'ammoniaque et d'hydrazine avec les chlorates et perchlorates des métaux lourds bivalents, (artykuł w językach francuskim i niemieckim). Ztschr. f. ges. Schiess-u. Sprengstoffw. 1926, str. 50, 65, 84, 103, 123, 143.

Taylor C. A., Buxton E. P. The explosive properties of the silver salts of some of the nitroaromatic compounds and silver oxalate. Army Ordnance 1926, str. 68.

Haid, Globig D. Entwicklung u. Verwendung von Initialsprengstoffwesen auf Grund amerikanischer u. englischer Mitteilungen.

Kast H. Weitere Untersuchungen über die Eigenschaften der Initialsprengstoffe.

Globig D. Haid. Amerikanische Spreng-u. Zündladungen. Ztschr. f. Schiess- u. Sprengstoffw. 1927, str. 4 — 6.

Kocevar F. Über die Faktoren, welche die Qualität der Zündschnüre, beeinflussen. Ztschr. f. Schiess-u. Sprengstoffw. 1927, str. 93, 139.

Metz L. Die Prüfung von Zündhütchen (Initialsprengstoffe) auf Schlagempfindlichkeit u. Flammenwirkung.

Cybulski W. Nouvelle méthode directe pour l'essai des amorces, essai par la méthode indirecte. Z. Oberschles. Hüttemän, Ver. Katowice, 1928, str. 694—700, Chimie et Industrie. 1929, str. 1020—1021.

Cserneczky B. Vergleichende Prüfung der Initiierfähigkeit von Bleiazid u. Knallquecksilber-Sprengkapseln. Ztschr. f. d. ges. Schiess u. Sprengstoffw. 1929, str. 169—172.

Haid A., Koenen H. Die Prüfung von Sprengkapseln. Ztschr. f. Schiess u. Sprengstoffw. 1930, str. 393, 433, 451.

Materiały wybuchowe do wyrobu amunicji wojskowej.

„Oceną materiałów wybuchowych dla celów wojskowych“ zajmuje się R. Sznajder w artykule pod tymże tytułem¹³⁰). Stwierdziwszy na wstępie, że zarówno poglądy na materiały wybuchowe do celów wojskowych, jak i wymagania techniczne w stosunku do nich uległy zmianom w okresie ostatniego 15-lecia, autor nadmienia o powszechnem niemal stosowaniu przed wojną światową kwasu pikrynowego do napełniania granatów działowych i amunicji saperskiej. Tylko we Włoszech, Niemczech i Rosji już na kilka lat przed wojną zdecydowano zastosowanie trójnitrotoluenu do granatów, min morskich i torped. Stany Zjednoczone A. P. przed samą wojną zdecydowały się na zastosowanie trotylu do min morskich i torped; we Francji również miało to miejsce lecz w małym zakresie. Rozwój artylerji (w sensie powiększenia kalibrów i donośności) wysunął trudne wymagania od materiałów wybuchowych w związku ze zwiększeniem szybkości początkowej pocisków: niewrażliwość na uderzenie obok wszelkich zalet materiału wybuchowego. Wymaganiom tym sprostać mógł doskonale trotyl, lecz olbrzymie zapotrzebowanie podczas wojny spowodowało takie wyczerpanie się surowców, że zmusiło to do zastosowania całego szeregu materiałów wybuchowych zastępczych, jednolitych i mieszanych (nitrozwiązki, amatole, szedyty, amonale, alumatole, nitramity, sabulity i t. p.). Dalej przytacza autor zestawienie materiałów wybuchowych powstałych i używanych podczas wojny światowej przez St. Zjednoczone, Anglję, Austriję, Belgję, Bułgarję, Francję, Niemcy, Rosję, Rumunję i Włochy. W zestawieniu tem, obok składu chemicznego, podane jest przy każdym materiale wybuchowym zastosowanie. Następnie przechodzi autor do zasad oceny własności fizycznych materiałów wybuchowych. Zależnie od celu, do jakiego materiały wybuchowe mają być używane, wymaga się różnych własności. Niezbędnymi własnościami są: wystarczająca siła krusząca, odpowiednia niewrażliwość na uderzenie, tarcie i t. p., odporność na działanie ciepła i na wilgoć. Do badania materiałów wybuchowych w tych kierunkach stosuje się: oznaczenie prędkości detonacji, oznaczenie siły kruszącej, siły „rozsuwającej“, próbę wrażliwości na uderzenie, próbę stałości chemicznej i próbę zapłonienia.

W rozważaniach końcowych autor stwierdza, że przy wyborze materiału wybuchowego trzeba przede wszystkim postawić pytanie, do jakiego celu dany materiał ma służyć. Z drugiej strony już na podstawie rozważań teoretycznych można osądzić, jakie powinno być zastosowanie różnych materiałów wybuchowych.

Wreszcie omawia autor kolejno różne możliwości zastosowania materiałów wybuchowych do granatów działowych, min dla miotaczy, granatów ręcznych, amunicji saperskiej, min lądowych i morskich oraz torped.

Szereg zagadnień, następujących się podczas elaboracji pocisków, rozpatruje H. Rakowski w artykule p. t. „Nabijanie pocisków materiałami wybuchowymi”¹³¹). Omawiana jest tutaj nasamprzód zasadnicza konstrukcja pocisków (elementy: zapalnik, wkrętka detonująca i skorupa), działanie siły bezwładności na zawarty w pocisku materiał wybuchowy w chwili strzału („ruch wstecz”) i w chwili trafienia w cel („ruch naprzód”), oraz ewentualne skutki niedostatecznej gęstości materiału wybuchowego w pocisku (możliwe sprasowanie się wskutek bezwładności w chwili strzału, detonacja pod wpływem ciepła, wytworzonego przez tarcie i wybuch pocisku w lufie; albo w razie materiału wybuchowego mniej wrażliwego: sprasowanie się i utworzenie pustej przestrzeni między spłonką detonującą a wkrętką, względnie między wkrętką a głównym ładunkiem pocisku, co może pociągnąć za sobą niewybuch lub niezupełny wybuch pocisku). Przed przystąpieniem tedy do nabijania pocisku należy zdecydować:

- 1) jakimi materiałami wybuchowymi będzie się nabijało poszczególne elementy pocisku,
- 2) jaką gęstość powinny posiadać ładunki poszczególnych elementów i
- 3) w jaki sposób wykonać nabijanie, aby otrzymać produkt dobry w możliwie krótkim czasie i przy jak najmniejszych kosztach.

Przy wyborze materiałów wybuchowych należy brać pod uwagę, między innymi, surowce niezbędne do ich produkcji, a dostępne dla danego kraju również podczas wojny; należy liczyć się z wyczerpaniem pewnych surowców podczas wojny, a zatem nie opierać się jedynie na materiałach wybuchowych pełnowartościowych, lecz przewidzieć również zastosowanie materiałów wybuchowych zastępczych i, co najważniejsze, opracować metody nabijania pocisków poszczególnymi materiałami zastępczymi.

Autor rozpatruje następnie jakie materiały wybuchowe mogą być używane do nabijania głównych rodzajów amunicji podczas pokoju i podczas wojny. A więc trotyl — idealny stosunkowo materiał wybuchowy — zarówno podczas pokoju, jak i wojny; mieszaniny trotylu z saletrą amo-

nową (amatole) oraz z saletrą amonową i glinem (amonale), będące wrażliwymi na wilgoć, — są typowymi materiałami zastępczymi. Czysty kwas pikrynowy, w razie zabezpieczenia od jego wpływu skorupy i innych części metalowych pocisku (tworzenie się wrażliwych pikrynianów, mogących podczas strzału spowodować wybuch pocisku w lufie), drogą starannego polakierowania ich — nadaje się również do nabijania pocisków i podczas pokoju. Dla ułatwienia nabijania pocisków kwasem pikrynowym (wysoka temperatura krzepnięcia 122°) stosuje się go często w mieszaninie z innymi, łatwiej topliwymi nitrozwiązkami, lub parafiną, stearyną i t. p. Z pośród pikrynianów, pikrynian amonowy jest o tyle niewrażliwy, że może być używany jako materiał wybuchowy do nabijania pocisków (mat. „D“ do pocisków przeciwpancernych, w Stanach Zjednoczonych A. P.), z zastrzeżeniem, że będzie zupełnie suchy, dostatecznie zabezpieczony przed wilgocią i nie będzie się stykał bezpośrednio ze skorupą pocisku (niebezpieczeństwo tworzenia się pikrynianów). Nadają się również inne nitrozwiązki (trójnitroksyleny, trójnitrokrezole, trójnitroanizol, sześciornitrodwufenyloamina i t. p.) używane zwykle w mieszaninach, celem obniżenia temperatury krzepnięcia, zwiększenia wrażliwości na detonację i t. p. Materiały wybuchowe amonowe, ze względu na higroskopijność, nie nadają się do amunicji, która ma być dłużej przechowywana. Materiały wybuchowe chloranowe, wrażliwe na wpływy mechaniczne, używane są do amunicji okopowej, bomb lotniczych, granatów ręcznych i t. p. Materiały wybuchowe nitroskrobiowe, dla których najlepszym surowcem jest tapjoka, stosowane były podczas wojny światowej do nabijania amunicji okopowej, granatów ręcznych i karabinowych przez Stany Zjednoczone A. P. Do nabijania wkrętek detonujących stosuje się tetryl, czysty trotyl, rzadziej kwas pikrynowy, czteronitroanilinę, sproszkowany proch bezdymny i t. p. Spłonki detonujące nabija się najczęściej mieszaniną piorunianu rtęci, chloranu potasu, siarczku antymonu, proszku szklanego i t. p. Można również stosować do tego celu trotyl, tetryl lub t. p. (ładunek drugorzędowy), dając tylko na wierzch małe pastylki z piorunianu rtęci (ładunek pierwszorzędowy). Po wojnie światowej, jako materiał do nabijania spłonek detonujących, coraz szersze zastosowanie zyskuje sobie azotek ołowiu.

Po zdecydowaniu, jakimi materiałami wybuchowymi mają być nabijane poszczególne elementy danej amunicji, należy rozstrzygnąć jakimi metodami będzie się odbywało nabijanie i jaką gęstość nadać trzeba każdemu z tych rozmaitych ładunków, poczem przeprowadza się praktyczne próby bezpieczeństwa strzału i prawidłowości funkcjonowania amunicji.

Materiały wybuchowe mogą być nabijane do skorup amunicji przez wlewanie w stanie roztopionym lub przez wprasowywanie, do wkretek zaś i spłonek detonujących tylko przez wprasowywanie.

Nabijanie skorup pocisków. Materiał wybuchowy stopiony i ogrzany do temperatury, przewyższającej o kilkanaście stopni temperaturę krzepnięcia, spuszcza się do odpowiednich naczyń, w których następnie, wśród ciągłego mieszania, studzi się go, aż do częściowej krystalizacji, poczem wlewa się go do ogrzanych skorup pocisków przez lejki, wkręcone w oka skorup. Przy pociskach małych kalibrów materiał wybuchowy wlewa się jednorazowo (jeden „nalew”), przy pociskach większych kalibrów stosuje się 2 i 3 nalewy, celem uniknięcia tworzenia się t. zw. kawern na skutek nierównomiernego krzepnięcia materiału wybuchowego. Dla zapobieżenia powstawaniu kawern, a jednocześnie tworzeniu się dużych kryształów, skrzepniętą powłokę materiału wybuchowego przebija się prętem metalowym i miesza się nieskrzepnięty jeszcze wewnątrz materiał wybuchowy prawie do zupełnego zastygnięcia masy, dolewając potrochu płynnego materiału, celem zapełnienia kawern. Następnie, po zupełnym zastygnięciu i ostudzeniu, wykręca się ze skorupy lejek, wywierca się w materiale wybuchowym otwór na wkrętkę detonującą, oczyszcza się gwint oka i wkręca wkrętkę. Ten sposób nabijania jest nieskomplikowany lecz wymaga umiejętnego i starannego wykonania, poza tem materiały wybuchowe lane są trudne do zdetonowania, a praca wśród oparów stopionych materiałów wybuchowych jest szkodliwa dla zdrowia pracowników. Drugi sposób nabijania, przez wprasowywanie materiału wybuchowego, nie posiada tych wad, lecz wymaga kosztownych instalacyj i umiejętnego kierownictwa. Przy tym sposobie najważniejszym jest osiągnięcie równomiernej, w granicach dopuszczalnych tolerancyj, gęstości materiału wybuchowego; dlatego też, podczas gdy nabijanie pocisków mniejszych kalibrów wymaga jednego tylko zaprasowania; to w pociskach większych kalibrów niezbędne jest prasowanie w dwóch, trzech i więcej dawkach. Nierównomierna gęstość może się stać niekiedy przyczyną przedwczesnego wybuchu, lub też niewybuchu, względnie niekompletnej detonacji pocisku. Zależnie od rodzaju materiału wybuchowego, kształtu skorupy pocisku i t. p., stosuje się różne narzędzia i maszyny do nabijania i zaprasowywania („stępory“ drewniane lub miedziane, maszyny ślimakowe, prasy hydrauliczne o tłoku cylindrycznym ściętym na płask lub z końcem zaokrąglonym). Pociski, wystrzeliwane ze stosunkowo niewielką szybkością początkową mogą być nabijane plastycznymi materiałami wybuchowymi wyłącznie przy pomocy maszyny ślimakowej bez prasowania na prasie hydraulicznej. Zdolność sprasowywania się danego materiału zależy od kształtu i wielkości jego kryształów względnie ziaren oraz należytego ich rozsortowania. Najlepiej układa się materiał, utworzony z ziaren paru wymiarów, dobranych w odpowiednim stosunku.

Na gęstość ładunku wielki wpływ wywiera szybkość zaprasowywania.

Praktyka wykazała, że przy szybkim zaprasowywaniu otrzymuje się gęstość nierównomierną, szczególnie w materiale nieplastycznym.

Przy nabijaniu skorup materiałem wybuchowym mniej wrażliwym (np. amatołem 80 : 20), gniazdo na wkrętkę detonującą robi się w nim nieco głębsze i o większej średnicy, wlewa się odpowiednią ilość roztopionego, bardziej wrażliwego materiału wybuchowego (np. trotylu), wkreca ślepą wkrętkę, a po zastygnięciu materiału wyjmuje się ją, dzięki czemu otrzymuje się gniazdo o należytych wymiarach, wyłożone niejako wrażliwszym materiałem wybuchowym.

Ładunek czarnego prochu w szrapnelach zagęszczany jest przez utrzymywanie; należy uważać na staranne usunięcie prochu z gwintów oka.

Amunicja okopowa, granaty karabinowe, a zwłaszcza granaty ręczne, nie wymagają gęstości ładunku materiału wybuchowego tak wysokiej, jak pociski artyleryjskie, natomiast bomby lotnicze, zwłaszcza większych rozmiarów, nabijane są w taki sam sposób, mniej więcej, jak te ostatnie.

Nabijanie wkrotek detonujących odbywa się wyłącznie drogą zaprasowywania krystalicznego, lub jak w Rosji przed wojną, uprzednio stopionego, a następnie po zakrzepnięciu drobno zmielonego materiału wybuchowego (kwas pikrynowy); dawniej zaprasowywano cały ładunek wprost do wkretki, lecz, wobec otrzymywania przy tym sposobie nierównomiernej gęstości, obecnie prasuje się najpierw pastylki i te wkłada do wkretki, uważając, aby ku spłonce detonującej zapalnika skierowane były części pastylek o niższej gęstości (ułatwienie zdetonowania).

Wielkość i struktura ziaren materiałów wybuchowych, używanych do nabijania wkrotek nie odgrywa tutaj bezpośredniej roli (kruchosc względnie miękkość), pośrednio jednak, mianowicie na skutek objętościowego, a nie wagowego odmierzania materiału przy produkcji pastylek, wymiary ziaren materiału wybuchowego mają wpływ na gęstość tych ostatnich. Prasowanie pastylek winno odbywać się powoli; uzyskuje się przez to wyższą gęstość.

Nabijanie spłonek detonujących, ze względu na nadzwyczajną wrażliwość piorunianu rtęci, wymaga bardzo umiejętnego i starannego zaprasowywania ładunków, w paru dawkach (porcjach), przyczem dolnej części ładunku należy nadawać gęstość wyższą, a górnej części — gęstość niższą. Ładunek zaprasowany do łuski (zwykle mosiężnej) przykrywa się krążkiem cynfolji lub marli, poczem wprasowuje się zwierzchu kołnierz mosiężny dla zabezpieczenia ładunku od wykruszenia się przy wstrząsach. Pewność i siłę detonacji spłonek bada się zapomocą próby piaskowej lub próby na przebijanie płytek ołowianych, wrażliwość zaś na wstrząsy można sprawdzać, umieszczając badaną spłonkę pod płytką stalową i detonując drugą spłonkę, ustawioną na wierzchu tejże płytki. Badana spłonka nie powinna przytem detonować.

Zużycie materiałów wybuchowych w poszczególnych państwach.

Zdobycie danych w tej dziedzinie jest nader uciążliwe na skutek tego, że zestawienia roczne zużycia materiałów wybuchowych do celów przemysłowych ogłaszają nieliczne tylko państwa. Niemniej jednak może wskazanem będzie przytoczenie tego materiału, który znajduje się do rozporządzenia.

A więc przedewszystkiem: (patrz tabl. str. 108 i 109).

Następnie, poniższa tabelka uwidacznia prywatną produkcję materiałów wybuchowych i prochów w Szwecji¹³³⁾:

W roku 1926	Ilość w kg
Proch czarny	296.232
Balistit (Proch Nobla)	176.255
Proch nitrocelulozowy	560.435
Bawelna strzelnicza, nieprasowana	808.659
Dynamity	2.974.445
Mat. wybuchowe bez nitrogliceryny	81.657
Razem	4.897.683

Żużycie materiałów wybuchowych w górnictwie w państwie Polskiem w roku 1929. ¹³²⁾

REJONY WĘGLOWE i WYŻSZE URZĘDY GÓRNICZE	Środki zapalne i detonujące			Materiały wybuchowe						
	Lonty	Spłonki (kapi- szony)	Zapłon- niki	Proch i podobne	Amono- saetrz.	Chloran. i nad- chloran.	Dyna- mity	Inne	Razem (e+f+ g+h+i)	
	metrów	s z t u k		k i l o g r a m ó w						
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
A. W kopalniach węgla kamiennego										
Rejon Śląski	9 877 592	13 214 184	7 106 519	357 884	3 285 849	110 045	125 218	90 851	3 969 847	
„ Dąbrowski	5 258 408	4 196 630	726 313	423 111	820 381	195 228	10 139	336	1 449 195	
„ Krakowski	1 139 912	1 145 843	219 272	35 861	290 022	—	20 075	—	345 958	
Razem w kopalniach węgla kamiennego	16 275 912	18 556 657	8 052 104	816 856	4 396 251	305 273	155 432	91 187	5 765 000	
B. W kopalniach węgla brunatnego										
Rejon Zawiercki	14 896	15 787	—	—	2 515	—	—	—	2 515	
Ogółem w kopalniach węgla	16 290 808	18 572 444	8 052 104	816 856	4 398 766	305 273	155 432	91 187	5 767 515	
C. W kopalniach rudy, cynku, ołowiu i żelaza										
W. U. G. w Katowicach	657 352	662 305	4 123	—	88 650	—	17 471	—	106 121	
„ w Warszawie	408 568	557 072	2 070	—	59 853	22	2 663	—	62 538	
„ w Krakowie	201 832	185 197	1 413	—	34 492	—	570	—	35 062	
Razem w kopalniach rud	1 267 752	1 404 574	7 606	—	182 995	22	20 704	—	203 721	
D. W kopalniach soli										
W. U. G. w Warszawie	228 352	101 900	4 500	13 465	66 137	—	—	—	79 602	
„ w Krakowie	327 813	215 243	7 809	20 120	111 628	—	—	—	131 748	
Razem w kopalniach soli	556 165	317 143	12 309	33 585	177 765	—	—	—	211 350	

**E. W kamieniołomach i innych przedsiębiorstwach górniczych,
oprócz kopalń węgla, rud i soli (podległych władzom górniczym) ¹⁾**

W. U. G. w Warszawie	246 848	271 147	2 396	56	28 409	33 729	—	—	62 194
------------------------------	---------	---------	-------	----	--------	--------	---	---	--------

Ogólne zużycie materiałów wybuchowych w całym górnictwie

W. U. G. w Katowicach 1929 r. .	10 534 444	13 876 489	7 110 642	357 884	3 374 499	110 045	142 689	90 851	4 075 968
„ w „ 1928 r. .	9 197 776	11 668 084	5 823 635	381 164	2 722 056	87 314	109 927	85 632	3 386 093
„ w Warszawie 1929 r. .	6 157 072	5 142 536	735 279	436 632	977 987	228 979	12 802	336	1 656 044
„ w „ 1928 r. .	5 872 432	4 602 754	614 383	383 481	850 987	200 547	15 544	1 316	1 451 875
„ w Krakowie 1929 r. .	1 669 557	1 546 283	228 494	55 981	436 142	—	20 645	—	512 768
„ w „ 1928 r. .	1 443 648	1 262 216	230 027	67 759	375 911	3 402	13 663	—	460 735
Ogółem 1929 r. .	18 361 573	20 565 308	8 074 415	850 497	4 787 986	339 024	176 136	91 187	6 244 780
1928 r. .	16 513 856	17 533 054	6 668 045	832 404	3 948 954	291 263	139 134	86 948	5 298 703

— 109 —

UWAGA: Prócz powyższych ilości materiałów wybuchowych zużyto na Śląsku płynnego powietrza:

w roku 1929	233 693 litry
w roku 1928	238 098 litrów

Przeciętne zużycie materiałów wybuchowych na 1 tonnę wydobycia węgla kamiennego wynosiło

	1929 rok	1928 rok
w rejonie Śląskim . .	0,118 kg	0,107 kg
w rejonie Dąbrowskim	0,185 „	0,166 „
w rejonie Krakowskim	0,180 „	0,112 „

Ogółem w kopalniach węgla kamiennego 0,135 kg 0,119 kg

¹⁾ W Małopolsce i w b. dzielnicach niemieckich kamieniołomy władzom górniczym nie podlegają

Zużycie mat. wybuchowych w St. Zjednoczonych Am. Północnej, w r. 1926
(w funtach angielskich; 1 pound = 0.445 kg). ¹³³⁾

	Materiały wybuchowe bezpieczne	Inne mat. wybuchowe kruszące (Dynamity)	Czarny proch
Dla kopalń węgla	65.143.319=96.2%	35.228.899=11.3%	136.112.400=86.3%
„ „ rudy	216.000 = 0.5%	110.374.037=35.6%	2.849.200 = 1.8%
„ kamieniołomów i t. p.	581.300 = 0.8%	76.185.760 = 24.5%	5.909.475 = 3.7%
„ kolei żelaznych i podob. konstr.	211 750 = 0.3%	44.982.065 = 14.5%	7.524.400 = 4.8%
„ innych celów	1.503.047 = 2.2%	43.747.176 = 14.1%	5.291.350 = 3.4%
Razem	67.685.416 = 12.6 %	310.517.937 = 58.0 %	157.686.825 = 29.4%
Łączne zużycie w r. 1927	63.847.161 = 12.8%	303.480.267 = 60.8%	131.671.200 = 26.4%
Z tego na Pensylwanję przypada	31.662.640 = 6.3%	45.537.034 = 9.2%	25.296.125 = 5.1%

Odpowiednie liczby w statystyce Wielkiej Brytanji znacznie się różnią (r. 1925): ¹³³⁾

	Materiały wybuchowe bezpieczne	Inne mat. wybuchowe kruszące (Dynamity)	Czarny proch
Funty angielskie (1 pound = 0.445 kg)	15.650.316 = 44.2%	8.522.828 = 24.1%	11.229.171 = 31.7%

Przechowywanie materiałów wybuchowych ¹³⁴).

Przy przechowywaniu materiałów wybuchowych należy uwzględniać właściwości, charakterystyczne dla poszczególnych kategorii. Kategorie te są następujące:

- 1) Proch czarny,
- 2) Prochy bezdymne (i wilgotna bawełna strzelnicza),
- 3) Dynamity,
- 4) Nitrozwiązki,
- 5) Materiały wybuchowe chloranowe,
- 6) Materiały wybuchowe z NH_4NO_3 ,
- 7) Środki zapalające,
- 8) Gotowa amunicja.

Nitrocelulozę przechowuje się w stanie wilgotnym.

Nitrogliceryny samej przechowywać nie wolno, może ona być tylko składnikiem przechowywanego materiału wybuchowego.

Obok właściwości gotowych materiałów wybuchowych należy uwzględnić również właściwości materiałów surowych. Należy tutaj różnić:

- 1) Saletry: sodową, potasową, amonową i t. p.
- 2) Chlorany (potasowy, sodowy) i nadchlorany (potasowy i sodowy)
- 3) Niżej nitrowane związki aromatyczne
- 4) Materiały palne, mękę drzewną i inne, węglowodory i oleje.

Przy przechowywaniu obowiązują następujące zasady ogólne:

a) Niebezpieczniejsze materiały wybuchowe nie mogą być przechowywane razem z bezpieczniejszemi.

b) Materiały wybuchowe skłonne do samoczynnego rozkładu, jak np. dynamity, prochy bezdymne, nie mogą być magazynowane razem z materiałami bezpośrednio wybuchającymi (np. proch czarny) ani też z innymi materiałami wybuchowymi kruszącymi.

c) Związki dostarczające tlen (saletry, chlorany i t. p.) nie mogą znajdować się razem z materiałami palnymi (drzewo i t. p.)

d) Środki inicjujące należy uważać za bezpośrednio wybuchające materiały.

e) Gotową amunicję należy traktować rozmaicie, zależnie od tego czy jest ona, czy też nie jest zaopatrzona w zapalniki.

f) Chlorany, nadchloran amonowy, saletra amonowa, jako związki wydzielające ciepło podczas rozkładu, w większych ilościach mają być przechowywane w budynkach ogniotrwałych.

Za niebezpieczne materiały wybuchowe należy uważać takie, które wrażliwe są na płomień, a zwłaszcza na iskry, i pod ich wpływem wybuchają; są to tak zwane bezpośrednio wybuchające materiały wybuchowe; należy do nich przede wszystkim proch czarny, który też winien być magazynowany zupełnie oddzielnie.

Dalej, pod względem niebezpieczeństwa, następują: prochy bezdymne, dynamity i materiały wybuchowe chloranowe. Prochy bezdymne i dynamity, jako materiały skłonne do samoczynnego rozkładu, nie mogą być przechowywane razem z trwałszymi pod tym względem materiałami chloranowymi.

Wrażliwość materiałów wybuchowych na działania mechaniczne może być mniej brana pod uwagę, podczas przechowywania, od ich wrażliwości na ciepło; z zastrzeżeniem jednak, że odpowiednie opakowanie tych materiałów dostatecznie je zabezpiecza od jakichkolwiek impulsów mechanicznych.

Materiały wybuchowe z saletrą amonową należą do stosunkowo najmniej wrażliwych, stają się bowiem palnymi dopiero pod wpływem długotrwałego działania płomieni.

Błędem byłoby jednak mniemanie, że są one zdolne do wybuchu jedynie pod wpływem silnego działania inicjującego. Granice, w jakich możliwa jest eksplozja palącego się materiału wybuchowego, zależą nie tylko od rodzaju opakowania, sposobu przechowywania i wrażliwości, lecz również i od ilości, w jakich jest nagromadzony. Każdy materiał wybuchowy musi wybuchnąć z chwilą, gdy zostaną stworzone warunki odpowiednie dla przebiegu reakcji egzotermicznej. W praktyce warunki te są określane przez ilość materiałów wybuchowych, która dla materiałów bezpośrednio wybuchających jest bardzo mała, dla materiałów zaś topliwych, lub zamieniających się pod wpływem ciepła w gazy, albo też zawierających składniki, zamieniające się w gazy, jak nitrozwiazki i NH_4NO_3 bardzo duża. Zależnie od tego, czy sposób przechowywania materiałów wybu-

chowych ułatwia przegrzanie, czy też nie, ilość ta dla nitrozwiązków wynosi od tysiąca do dziesiątków tysięcy, dla materiałów wybuchowych z NH_4NO_3 zaś od dziesiątków tysięcy do setek tysięcy kilogramów.

H. Rakowski¹³⁵⁾ przytacza w streszczeniu i przekładzie artykuł kpt. Hall'a (Army Ordnance, 1929, Nr. 54), w którym omawiana jest „Sprawa konserwacji amunicji w St. Zjednoczonych A. P.“. Otóż sprawa ta stanowi obecnie zagadnienie bardzo skomplikowane. Jakkolwiek bowiem przyjmuje się, że przeciętny okres służbowej przydatności wynosi dla amunicji małokalibrowej około 10 lat, dla amunicji zaś działowej — około 25 lat, to jednak normy te, dla amunicji wyprodukowanej podczas wojny światowej, nie są miarodajne ze względu na to, że produkcja odbywała się w jak najszybszym tempie, z użyciem nowych lub gorszych surowców i materiałów wybuchowych, tudzież przy bardziej łagodnych warunkach odbiorczych.

Wogóle podczas wojny wymagano, aby produkowana amunicja nadawała się do bezpośredniego użytku, nie kładąc nacisku na zabezpieczenie długotrwałości amunicji; poza tem opakowanie amunicji również nie zawsze odpowiadało pokojowym wymaganiom.

W obecnych zapasach amunicji najpoważniejsze objawy rozkładu wykazują prawdopodobnie prochy bezdymne. Autor omawia sposoby kontroli prochów luźnych, ładunków prochu w amunicji małokalibrowej, zespolonej amunicji działowej i ładunków prochu amunicji rozdzielnej.

Materiały wybuchowe kruszące, stanowiące ładunek wewnętrzny bomb i granatów, częściowo również uległy zepsuciu lub zmianom, powodując korozję czerepów, wypacanie się i t. p. Najgorzej przedstawia się sprawa z pociskami elaborowanymi 80:20 amatołem i mieszaniną dymną; w tym wypadku jednak przyczyną nie jest rozkład materiałów wybuchowych, lecz wadliwe ich zaprasowanie.

Wreszcie autor opisuje zniszczenie spowodowane przez korozję, rdzę, pękanie łusek amunicji, uszkodzenie zapalników i t. p., i kończy oświadczeniem, że jakkolwiek większość defektów i uszkodzeń da się poprawić, to jednak uważał za wskazane nakreślić obraz obecnego stanu rzeczy w barwach ponurych, aby zdawano sobie sprawę z potrzeby środków materialnych i finansowych na konserwację tych zapasów.

Niszczenie materiałów wybuchowych ¹⁸⁶⁾.

Materiały wybuchowe i strzelnicze, które z jakichkolwiek przyczyn stały się bezużytecznymi lub też niebezpiecznymi do przechowywania (jak np. rozkładające się dynamity lub prochy bezdymne), a które nie mogą być zregenerowane lub przerobione na inne użyteczne materiały, winny być zniszczone.

Niszczenie materiałów wybuchowych, których główną treść stanowią składniki rozpuszczalne w wodzie (proch czarny i zbliżone, materiały wybuchowe z NH_4NO_3 , niezawierające wcale lub drobne ilości nitrogliceryny i składników trujących, jak np. dwunitrobenzen), mogą być niszczone przez wrzucenie do wody.

Tam, gdzie naturalnych lub sztucznych zbiorników wody niema, lub też gdy chodzi o zniszczenie większych ilości materiałów wybuchowych, zawierających składniki trujące, stosuje się niszczenie przez spalanie, które jednak nigdy nie może odbywać się w naczyniach metalowych lub na metalowym podłożu.

Materiały bezpośrednio wybuchające (proch czarny) i łatwopalące się (dynamity), jak również materiały świetlne i zapalające, jeśli stanowią masę luźną, rozpościera się na ziemi w formie długiej a wąskiej ścieżki; jeśli znajdują się w postaci patronów bez zewnętrznej powłoki, lub w powłoce z cienkiego papieru, układa się je rzędem jeden za drugim; ścieżka lub rząd patronów muszą być ułożone albo pod wiatr, albo też prostopadłe do kierunku wiatru tak, aby płomień był odchylany od materiału wybuchowego. Zapalenie następuje z jednego końca, zapomocą lontu lub położonego papieru.

Zamarznięty dynamit musi być traktowany ze szczególną ostrożnością. Patrony nie mogą być rozłamywane w rękach ani też rzucać w ogień.

Wilgotną bawełnę strzelniczą najlepiej spalać przez wrzucanie jej kawałkami do płonącego otwartego ogniska.

Trudnopalące się materiały z NH_4NO_3 można niszczyć bez obawy przez wrzucanie ich (nawet, gdy znajdują się zapakowane w skrzynkach drewnianych) również do płonącego otwartego ogniska.

Nitroglicerynę, po starannem wymieszaniu jej z trocinami, niszczy się podobnie jak dynamit przez spalenie.

Proch bezdymny może być spalany tak, jak proch czarny i dynamit. Ścieżki z prochów rurkowych muszą być tak układane, aby rurki leżały prostopadłe do kierunku wiatru, w razie bowiem wdmuchnięcia płomienia przez wiatr do środka rurek — porozlatywałyby się one w różne strony.

Nitrozwiazki aromatyczne mogą być spalane tak, jak dynamit i t. p., lecz małemi porcjami (5 — 10 kg); zachodzi bowiem obawa, że stopiony materiał wybuchowy może się zbierać w większych ilościach w zagłębieniach ziemi i następnie, na skutek przegrzania, detonować. Poszczególne porcje materiałów wybuchowych winny być spalane nie na jednym i tem samym miejscu, gdyż ziemia silnie się rozgrzewa.

Kapsle wybuchowe i kapiszony najlepiej jest detonować przy pomocy lontu lub elektrycznego zapalnika żarowego; może się to odbywać w ten sposób, że do zużytego bloku ołowianego Trauzl'a wsypuje się większą ilość tych przedmiotów, wprowadza się do środka zapalnik elektryczny i otwór bloku nakrywa się otworem drugiego bloku ołowianego. W fabrykach i zakładach amunicyjnych, gdzie systematycznie co pewien czas niszczy się bezużyteczne kapiszony, używa się do tego celu murowanych pieców koksowych z rusztami; kapiszony wprowadza się do pieca przy pomocy rynny lub ukośnej rury. Należy przytem uważać, aby robotnicy nie byli narażeni na działanie wydzielających się par rtęci.

Aby wyzyskać piorunian rtęci z kapsli, przeznaczonych na zniszczenie, ługuje się je roztworem żrących alkaliów i siarczków alkalicznych lub też kwasem solnym. Rozpuszczanie masy piorunianowej jednak, wobec małych powierzchni, odbywa się bardzo powoli; należy zatem, przy dalszej przeróbce opróżnionych kapsli, postępować ostrożnie. Najlepiej po wyługowaniu kapsli, wyżarzyć je jeszcze, aby mieć gwarancję, że nie zawierają one już piorunianu.

Zapasy piorunianu rtęci (przechowywanego luzem) unieszkodliwia się przez oblewanie małych porcyj kwasem solnym.

Naładowane pociski armatnie, jeśli zawartość ich nie może być usunięta przez wytapianie, wyługowanie gorącą wodą lub t. p., winny być przy pomocy ładunków wybuchowych zdetonowane; pociski i znajdujący się na nich ładunek wybuchowy, ułożone w wykopanym dole, muszą być przykry-

te warstwą ziemi, aby nie uległy rozrzuceniu. Strefa niebezpieczna wynosi, zależnie od ładunku pocisków, 500 do 1000 m. Zaopatrzone w zapalniki pociski, które nie wybuchnęły, winny być detonowane na miejscu ich znalezienia; zbieranie i poruszanie ich jest niebezpieczne.

Zabezpieczone i nieuszkodzone zapalniki należy, przed niszczeniem amunicji, powykreć. Odsłonięty w ten sposób materiał wybuchowy pocisków może być zniszczony przez wypalenie, z zachowaniem jednak zwykłych środków ostrożności. W tym celu układa się pewną ilość otwartych pocisków (10 — 20 sztuk), nad rowem, w którym rozpala się ognisko z drzewa.

Zakopywanie materiałów wybuchowych i amunicji stosuje się tylko w ostatecznym razie, gdyż sposób ten często pociąga za sobą nieszczęśliwe wypadki na skutek następujących później wybuchów.

Zatapianie amunicji w wodzie, jeśli chodzi o wielkie ilości, których w inny sposób zniszczyć niepodobna, odbywać się może tylko na głębokich wodach, w odległości paru kilometrów od brzegów. Sposób ten jest dość kosztowny i wykonalny tylko wówczas jeśli nie spowoduje jakichkolwiek następstw szkodliwych dla rybołówstwa.

Katastrofy i nieszczęśliwe wypadki z powodu wybuchów.

Najpotężniejszą eksplozją w historii materiałów wybuchowych — była niewątpliwie katastrofa w Oppau. Jak wiadomo dnia 21 września 1921 roku wyleciało w powietrze 4500 tonn zamagazynowanej mieszaniny $\text{NH}_4\text{NO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, tworząc na miejscu katastrofy lej długości 165 m, szerokości 96 m i głębokości 18,5 m, przyczem 509 osób zostało zabitych, 1917 — zaś bardziej lub mniej ciężko rannych. Huk wybuchu słyszany był w promieniu 360 kilometrów. Według wyników dochodzenia ¹³⁷⁾ prawdopodobne jest, że niewybuchowa zazwyczaj mieszanina, używana jako nawóz, o normalnym składzie 50% NH_4NO_3 i 50% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, wskutek nieszczęśliwego zbiegu okoliczności i warunków (odmieszanie się i suchość), podczas rozsadzania zbitych w twarde bryły mas, przy pomocy silnych ładunków wybuchowych, została doprowadzona do detonacji zgodnie z równaniem: $2\text{NH}_4\text{NO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 8\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 + 3\text{N}_2 + 74.2 \text{ Cal}$.

Równie głośnem echem odbiła się eksplozja w Zakładach „Nitrum“ w Bodio (Szwajcaria) ¹³⁸⁾. 21.VII.1921 r. nastąpił tam wybuch około 2,000 kg mieszaniny N_2O_4 i benzyny w stosunku 3:1. Przedtem udało się rozdzielić przez destylację około 4.000 kg tejże mieszaniny na części składowe, ogrzewając ją letnią wodą. Powodem do przedsięwzięcia tej niebezpiecznej pracy były następujące okoliczności: W Zakładach tych, utworzony w łuku elektrycznym N_2O_4 skraplany był przy pomocy benzyny, oziębianej do niskiej temperatury. Wskutek nieszczelności rury w chłodnicy nastąpiło zmieszanie się N_2O_4 z benzyną. Ponieważ uważano, że nie uda się unieszkodliwić mieszaniny przez wypuszczenie do ubogiej w wodę rzeki, przeto postanowiono odpędzić N_2O_4 przez dystylację; wykonano najpierw próby na małą skalę w laboratorium, które potwierdziły możliwość takiego rozwiązania sprawy. W rzeczywistości udało się rozdzielić około $\frac{2}{3}$ z 6,000 kg mieszaniny N_2O_4 + benzyna, lecz podczas pracy

z pozostałą $\frac{1}{3}$ mieszaniny nastąpiła eksplozja. Siła przebijania odłamków rur żelaznych osiągnęła wówczas niemal granice fantazji: energia w chwili uderzenia była tak wielka, że poszczególne części uległy stopieniu i powstałe z nich krople przebijały nawylot nawet grube talerze zde-rzaków wagonowych na pobliskiej stacji kolejowej¹³⁹). Zdania rzeczoznawców w sprawie tej ciężkiej katastrofy różnią się biegunowo. Berl¹⁴⁰) twierdzi, że mieszanina ta, jako silnie wybuchowa i wrażliwa, nie powinna być dystylowana, lecz wypuszczona do rzeki. Schaarschmidt¹⁴¹) natomiast uważa, że czysta benzyna i N_2O_4 w powyższych okolicznościach nie mogłyby wejść w reakcję, a eksplozję przypisuje raczej rozkładowi związków zawierających azot, powstałych uprzednio z nienasyconych związków benzyny i N_2O_4 ; jest on przytem zdania, że kierownictwo fabryki nie mogło przewidzieć niebezpieczeństwa, jakim groziła dystylacja tej mieszaniny. Nie wchodząc w szczegóły tych dwóch punktów widzenia, Stettbacher¹⁴²) zaznacza, że po ciężkiej eksplozji mieszaniny N_2O_4 i toluenu w Zschornewitz 1917 r., po osławionych podczas wojny mieszaninach z N_2O_4 do ładowania bomb, wreszcie po głośnej eksplozji mieszaniny czteronitrometanu i toluenu w uniwersytecie w Münster (1920), wszelkie mieszaniny tego rodzaju muszą być uważane jako materiały wybuchowe nawet wówczas, gdy przedtem, w wielu wypadkach, nie okazały się groźnymi. Wobec tak wielkich energii, w których czai się potężna detonacja, nie można polegać na szczęśliwym wyniku próby przeprowadzonej w małym zakresie.

H. Rakowski w artykule: „Pożar składu amunicyjnego w Lake Denmark a wybuchy magazynów prochowych w Polsce“¹⁴³), podaje opis eksplozji w amerykańskim składzie amunicji i wnioski, wypływające z powyższej katastrofy, jako uzupełnienie do swego artykułu w temże piśmie z r. 1926 (Nr. 1 i 2): „Przepisy bezpieczeństwa dla zakładów uzbrojenia w Stanach Zjednoczonych“.

W składzie amunicyjnym marynarki w Lake Denmark 10 lipca 1926 r., podczas burzy, piorun zapalił jeden z budynków, zawierający 3,800 bomb do zwalczania łodzi podwodnych i 850 bomb lotniczych, o łącznej zawartości 450 tonn trotylu. Straż ogniowa nie zdołała opanować pożaru tak, że wkrótce nastąpił wybuch, który zniósł wspomniany budynek z powierzchni ziemi, a uszkodził inne budynki, wystawiając ich wartość na działanie ognia. To też niebawem nastąpił wybuch drugiego magazynu z 1,250 tonn trotylu i 150 bombami lotniczymi; ogień przerzucał się na coraz to nowe budynki aż wreszcie wyleciał w powietrze magazyn z amunicją działową. Trotyl luźny (nie w amunicji), materiał wybuchowy „D“ (pikrynian amonu), pewna ilość kwasu pikrynowego i kil-

kanaście tysięcy tonn prochu bezdymnego (w 19 magazynach) — spaliły się bez wybuchu. Pożar trwał 2 doby i strawił ponad 170 budynków. Zabitych zostało 21 osób, rannych — 52; tę małą, stosunkowo, liczbę ofiar zawdzięczać należy tej okoliczności, że katastrofa miała miejsce w sobotę po południu i w składzie znajdowała się tylko drobna część personelu roboczego. Straty obliczono na 47 milionów dolarów. Poza tem eksplozja w Lake Denmark wyrządziła szkody w sąsiednim Picatinny Arsenal na sumę 1,265,000 dolarów. Komisja badająca przyczyny katastrofy ustaliła, że pożar pierwszego magazynu wywołany został przez piorun pomimo tego, iż magazyn ten był zaopatrzony w piorunochrony, odpowiadające najsurowszym obecnym wymaganiom. Komisja postawiła następujące wnioski:

Topiony trotyl w bombach, minach i t. p. winien być przechowywany oddzielnie od innych materiałów wybuchowych.

Metalowe części magazynów i przedmiotów, przechowywanych w magazynach, należy uziemiać.

Personel składów amunicyjnych winien być pouczony, że dużego pożaru magazynu z materiałami wybuchowymi nie należy zwalczać.

Magazyny i opakowanie materiałów wybuchowych powinny być, o ile to możliwe, z niepalnych materiałów.

Domy mieszkalne należy budować poza strefą niebezpieczeństwa.

Składy amunicyjne winny być wyposażone w wyborowe urządzenia alarmowe i przyrządy przeciwpożarowe, jak również w specjalne drogi, aby straż ogniowa mogła szybko przybyć na miejsce pożaru.

Podkreśliwszy fakt spalenia się w Lake Denmark 19-tu magazynów z kilkunastu tysiącami tonn prochu bezdymnego *bez eksplozji*, autor stawia pytanie, dlaczego w październiku 1923 r. w Cytadeli Warszawskiej, pożar stosunkowo niewielkiej ilości prochu (około 50 t.) przeistoczył się w eksplozję? Otóż, zdaniem autora, przyczyną tego była przedewszystkiem zbyt masywna konstrukcja magazynu, uniemożliwiająca ujście gazów w miarę palenia się prochu, wskutek czego ciśnienie, a co zatem idzie i szybkość palenia się prochu stale wzrastała i wkońcu przeistoczyła się w eksplozję. Wtórna przyczyną eksplozji mógł być fakt, że były to przeważnie prochy nitroglicerynowe o dużej zawartości nitrogliceryny.

Eksplozja magazynu z prochem w Witkowicach pod Krakowem dn. 5 czerwca 1927 r., została wywołana, według wszelkiego prawdopodobieństwa, przez samoczynny rozkład prochu. Ofiarami wybuchu padło wówczas paręset osób, rannych odłamkami szkła, i zabity wartownik. Duże straty spowodowane przez tę eksplozję przypisać należy pewnemu przeładowaniu magazynów. Kontrola chemiczna nie wykryła rozkłada-

jącej się partji prochu prawdopodobnie dlatego, że próbki nadsyłane do badania, wskutek niemożliwości ścisłego rozsegregowania prochów pozostałych po wojnie, nie reprezentowały w istocie wszystkich partyj, znajdujących się na składzie. Samoczynne zapalenie się prochu, pomimo kontroli chemicznej, miało miejsce w 1924 r. w Old Hickory at Nashville w St. Zjednoczonych; spaliło się tam około 22 tysięcy tonn prochu.

Z domniemanych przyczyn i ze skutków eksplozji w Cytadeli Warszawskiej i w Witkowicach autor wyciąga następujące wnioski:

Nie należy przechowywać prochów rozmaitych gatunków w jednym magazynie. Poza podziałem na prochy o zupełnie pewnej i niepewnej segregacji na partje przechowania, należałoby przyjąć za zasadę, że prochy nitroglicerynowe, karabinowe i działowe nitrocelulozowe — należy przechowywać w oddzielnych (dla każdego z tych prochów) magazynach.

Doniosłe znaczenie piorunochronów dla zabezpieczenia wytwórni i składnic materiałów wybuchowych i amunicji od pożarów lub wybuchów na skutek uderzenia pioruna, stanowi przedmiot artykułu H. Rakowskiego: „Piorunochrony w wytwórniach i składnicach materiałów wybuchowych“¹⁴⁴). Jako jaskrawy przykład skutków jednego „trafnego“ uderzenia pioruna podaje autor (opisany powyżej) pożar składu amunicyjnego w Lake Denmark. Pierwszy impuls do zastosowania piorunochronów przy magazynach i wytwórniach prochu dał wypadek w Brescia w 1769 roku, gdzie piorun uderzył w skład prochu, niezaopatrzony w piorunochrony i spowodował wybuch 2,000 centnarów prochu.

Dobrze zainstalowany piorunochron (składający się z 3 zasadniczych części: chwytaków, przewodów i uziemienia) zapobiega niebezpieczeństwu do pewnego stopnia tylko: kwestja absolutnego zabezpieczenia budynków od elektrycznych wyładowań atmosferycznych nie jest jeszcze dotychczas całkowicie rozwiązana. Piorunochron jednak wadliwy lub uszkodzony, ściągając wyładowanie elektryczne, może nie odprowadzić go bezpiecznie do ziemi i dlatego może być bardziej szkodliwy, niż zupełny brak piorunochronu.

Autor przytacza następnie, w tłumaczeniu, przepisy Pruskiego Ministerstwa Przemysłu i Handlu z dn. 13 listopada 1906 r., regulujące urządzenia piorunochronów w wytwórniach i składach materiałów wybuchowych, i dodaje, że jakkolwiek piorunochrony urządzone według tych przepisów nie dają zupełnej gwarancji bezpieczeństwa, to jednak, do dnia dzisiejszego, przepisy te nie zostały anulowane, ani zastąpione przez inne. Szereg wypadków, spowodowanych przez uderzenia piorunów w wytwórnie materiałów wybuchowych pomimo istnienia przepisowo urządzonych piorunochronów, wywołał dyskusję w kołach fachowych, która nie uzgodniła

jednak wszystkich szczegółów zagadnienia. Wreszcie sprawą tą poważnie zajął się Państwowy Urząd Chemiczny - Techniczny w Berlinie (Chemisch-technische Reichsanstalt), który przeprowadził rozległe próby laboratoryjne i na specjalnych instalacjach, dzięki czemu otrzymał już pewne konkretne wyniki; badania te dotychczas nie są jednak ukończone.

Dalej omawia autor sprawę zabezpieczenia od piorunów wytwórni i magazynów materiałów wybuchowych oraz amunicji w St. Zjednoczonych A. P., stwierdzając, że odpowiednie, obowiązujące od 1924 r., wydane przez Departament Uzbrojenia Amerykańskiej Armji, przepisy są dość ogólnikowe i, jak tego dowodzi pożar w Lake Denmark, również nie dają pełnej gwarancji zabezpieczenia. Przepisy te zalecają zaznajomienie się ze wskazówkami podanymi w wydawnictwach: „Protection against Lightning“ National Fire Protection Association, Boston Mass i „Technical Paper“, Nr. 56, Bureau of Standards, Washington D. C.

W Polsce, w 1930 r. ogłoszony został drukiem projekt przepisów o piorunochronach, opracowany przez specjalną Komisję; projekt ten nosi tytuł: „Wskazówki co do ochrony budowli od elektrycznych wyładowań atmosferycznych“ i omawia zabezpieczenie budynków zwykłych, kominów fabrycznych, kościołów, zbiorników z płynami łatwopalnymi, składnic materiałów wybuchowych, statków i balonów; nie wspomina jednak nic o wytwórniach materiałów wybuchowych, wskazówki zaś podane w rozdziale, traktującym o ochronie składów z materiałami wybuchowymi, są zbyt ogólnikowe. Mimo to jednak projekt ten stanowi zbiór bardzo cennych wiadomości w sprawie ochrony przeciw piorunowej wogóle; pewne braki zaś i niedomówienia pochodzą stąd, że kwestja ochrony przeciw piorunowej wytwórni i składów materiałów wybuchowych oraz amunicji nie została jeszcze dotychczas nigdzie należycie i całkowicie rozwiązana.

Wkońcu autor zaleca kierownictwom wytwórni materiałów wybuchowych, a zwłaszcza kierownictwom składnic uzbrojenia — zaznajomienie się z przepisami Komisji piorunochronów, aby móc kontrolować niedolnych lub niesumiennych często przedsiębiorców podczas samego zakładania piorunochronów, kontrola bowiem podczas odbioru jest, bądź co bądź, ogólnikowa i nie daje możności dokładnego zbadania. Przytem od chwili założenia piorunochronów do chwili odbioru ich przez fachową komisję może upłynąć kilka tygodni, w którym to okresie piorunochrony zainstalowane wadliwie są bezwartościowe, a w pewnych wypadkach wręcz szkodliwe.

Wreszcie, ponieważ nawet najbardziej nowoczesne piorunochrony nie dają całkowitej rękojmi bezpieczeństwa, należy na czas burzy przerywać pracę na terenie wytwórni i składnic materiałów wybuchowych, ro-

botników usuwać w bezpieczne miejsca i trzymać w pogotowiu straż przeciwpożarową.

Co się tyczy przyczyn wypadków z materiałami wybuchowymi w górnictwie, to Kast¹⁴⁵⁾ rozróżnia tutaj:

- 1) Nieostrożne obchodzenie się:
 - a) nieprzepisowe roztopianie zamrożonych patronów dynamitowych,
 - b) niedopuszczalne mechaniczne traktowanie materiałów wybuchowych, zwłaszcza kapsli wybuchowych,
- 2) Nieprzepisowe ładowanie otworu strzelniczego:
 - a) zbyt silne tarcie, np. przy zakładaniu patronu do ciasnego otworu,
 - b) użycie metalowego lub wogóle nieprzepisowego drąga przy ładowaniu,
 - c) uderzenie w kapsel wybuchowy.
- 3) Zapalenie ładunku:
 - a) przedwcześnie w obecności osób, znajdujących się na miejscu wybuchu,
 - b) zbyt krótkim lub wadliwym lontem (przeskoczenie płomienia przez pustą przestrzeń),
 - c) przy niewłaściwym założeniu elektrycznego zapalenia.
 - d) przez iskry lub płomień, pochodzące od poprzednich strzałów i t. p.
- 4) Opóźnione zapalenie.
 - a) wskutek wadliwości środków zapalających,
 - b) wskutek początkowego palenia się ładunku i następnego wybuchu, spowodowanego przez uszkodzenie lontu i wadliwe ładowanie.
- 5) Zbyt długie pozostawianie osób na miejscu wybuchu lub przedwczesny powrót do tegoż miejsca.
- 6) Złe zabezpieczenie kryjówki podczas strzału.
- 7) Usuwanie niewypałów, które mogą być spowodowane przez:
 - a) wadliwe zapalenie, jak:
 - α) złym lontem (wadliwy wyrób, przekręcony, zawilgły, rozgnieciony podczas ładowania),
 - β) lontem nieprawidłowo założonym do kapsla,
 - γ) obecność ciał obcych w kapslu wybuchowym (resztki pozostałe po poprzedniej próbie zapalenia, ziemia, piasek i t. p.),
 - b) użycie zbyt wilgotnej przybitki,
 - c) „ „ słabego lub wadliwego kapsla wybuchowego,
 - d) wadliwość materiału wybuchowego, jak trudne detonowanie na skutek zbytniego zgęszczenia, stwardnienie (na skutek zawilgnięcia i t. p.),

e) wadliwe ładowanie, spowodowane niewłaściwą lub niedostateczną przybitką, oddzielenie pojedynczych patronów przez ciała obce (przybitkę, kamienie i t. p.), zgęszczenie materiału wybuchowego podczas ładowania.

8) Zatrucia przy:

a) niezupełnej detonacji,

b) wyparowaniu materiału wybuchowego,

c) złej wentylacji.

9) Zapalenie się gazów kopalnianych lub pyłu węglowego.

Przytoczmy tutaj parę zestawień statystycznych:

W Polsce, w r. 1929, ilość nieszczęśliwych wypadków śmiertelnych w związku z użyciem materiałów wybuchowych w kopalniach węgla kamiennego wyniosła 146):

Pod ziemią	Przy robocie strzelniczej	5
	Przy obrocie materiałami wybuchowymi . .	2
Na powierzchni	Przez środki wybuchowe	—

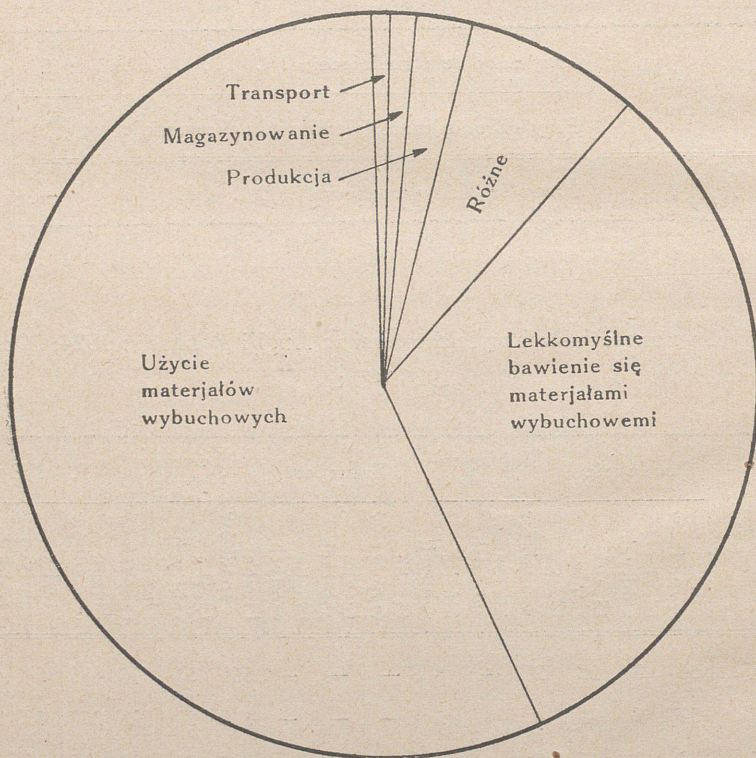
Wypadki z materiałami wybuchowymi w Anglii w latach: 1924, 1925 i 1926 147):

ROK	Produkcja			Magazynowanie			Transport			Użycie i różne			RAZEM		
	Liczba wypadków	Liczba zabitych	Liczba rannych	Liczba wypadków	Liczba zabitych	Liczba rannych	Liczba wypadków	Liczba zabitych	Liczba rannych	Liczba wypadków	Liczba zabitych	Liczba rannych	Liczba wypadków	Liczba zabitych	Liczba rannych
1924	56	3	25	2	—	3	—	—	—	368	56	376	426	59	404
1925	52	6	29	4	1	5	—	—	—	313	39	323	368	46	357
1926	53	2	15	2	—	—	1	—	—	220	34	254	276	36	269

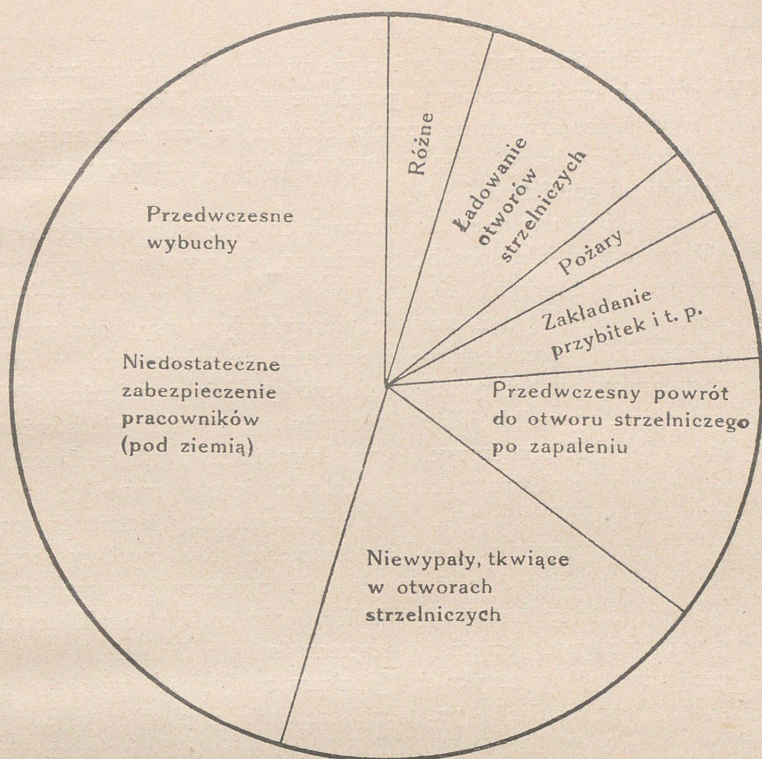
Liczba wypadków przy pracy z materiałami wybuchowymi w Stanach Zjednoczonych w r. 1925 ¹⁴⁷⁾:

	Liczba zabitych	Liczba rannych
Kopalnie węgla	2232 = 81.1%	Brak danych
Kopalnie rudy	350 = 12.7%	33104 = 67%
Kamieniołomy i kopalnie minerałów	170 = 6.2%	16283 = 33%
Razem	2752	49387

Nader przejrzyste jest następujące graficzne przedstawienie wypadków z materiałami wybuchowymi w Kanadzie, według obszernych danych z lat: 1923, 1924 i 1925 ¹⁴⁷⁾ rys. 1 i rys. 2.



Rys. 1. Wypadki wogóle.



Rys. 2. Wypadki przy technicznym użyciu materiałów wybuchowych.

Nieszczęśliwe wypadki wskutek eksplozji materiałów wybuchowych, spowodowane przez lekkomyślność, niedbalstwo, roztargnienie i jaskrawe nieraz wykroczenia przeciw wypróbowanym zasadom i przepisom (nie-rzadko z powodu niedostatecznego pouczenia pracowników), stanowiły zdawna smutny, lecz zawsze pouczający rozdział historii materiałów wy-buchowych.

Na szczęście statystyka wykazuje powolne lecz stałe polepszanie się stanu rzeczy w tej dziedzinie, w sensie stosunkowego zmniejszania się licz-by nieszczęśliwych wypadków z roku na rok. Zawdzięczać to należy:

- 1) Dokładnym studjom nad przyczynami wypadków i wyciąganiu z nich konkretnych, pożytecznych na przyszłość wniosków.

- 2) Udoskonaleniu materiałów wybuchowych pod względem bez-pieczeństwa.

- 3) Umiejętnej propagandzie, prowadzonej celem wpojenia w pra-cowników przekonania o konieczności i racjonalności obowiązujących przepisów.

- 4) Surowemu nadzorowi władz.
- 5) Wzrastającemu poziomowi umysłowemu mas robotniczych.

W ostatnich czasach zarówno powołane władze jak i przemysłowcy prowadzą w wielu państwach na szeroką skalę zakrojoną kampanję celem zwiększenia bezpieczeństwa pracy w wytwórniach materiałów wybuchowych, amunicji, w górnictwie i t. p.

H. Rakowski w artykule: „Przyczynek do przepisów bezpieczeństwa pracy“¹⁴⁸⁾ opisuje w jaki sposób prowadzona jest propaganda przepisów bezpieczeństwa w Stanach Zjednoczonych A. P. i w Niemczech. W tym celu urządzone są tam odpowiednie wykłady, kursy, pokazy filmowe dla pracowników, poza tem rozpowszechnia się wśród nich (w milionach egzemplarzy) odbitki rysunkowe, przedstawiające najróżnorodniejsze nieszczęśliwe wypadki, jakie wydarzyły się wskutek nieostrożności przy pracy. W St. Zjednoczonych, przy kopalniach węgla zakładane są t. zw. „kluby bezpieczeństwa“, których członkowie obowiązani są nawzajem się pilnować podczas pracy, a w razie wykroczenia, popełnionego przez któregoś z członków przeciw przepisom bezpieczeństwa, zwołany zostaje doraźnie sąd koleżeński nad winnym; sąd ten wymierza grzywnę pieniężną, wpływającą do kasy klubowej. Wkońcu autor kreśli w ogólnych zarysach program propagandy przepisów bezpieczeństwa w Polsce.

Tenże autor¹⁴⁹⁾ w artykule: „Konkurs znajomości przepisów bezpieczeństwa w wytwórniach“ przytacza szczegóły konkursu, przeprowadzonego w okresie od listopada 1927 do kwietnia 1928 r. przez firmę Du Pont de Nemours Co. w St. Zjednoczonych A. P. Wytwórnie firmy Du Pont (fabryki prochu, dynamitów, barwników, kwasów, sztucznego jedwabiu, sztucznej skóry, lakiery i t. p.) zatrudniają około 20.000 pracowników. Otóż firma ta, po uprzednim przeprowadzeniu szczegółowych studiów, znalazła, że w wytwórniach jej istnieje ponad 100 możliwości nieszczęśliwych wypadków, których źródło stanowią niedostateczne zabezpieczenia od wypadków i od ognia. Stwierdzono, że możliwości te dadzą się zobrazować na 6-iu plakatach, przedstawiających sceny z życia fabrycznego i zawierających właśnie wszystkie owe możliwości nieszczęśliwych wypadków. W celu unaocznienia, jakich mianowicie warunków pracy należy unikać, wyrysowano 6 innych plakatów, na których niepożądane warunki poprawiono lub wyeliminowano. Konkurs zorganizowano w ten sposób, że w wytwórniach firmy na dzień 1-szy każdego miesiąca, w ciągu 6 miesięcy, wywieszano kolejno wspomniane plakaty, zawierające pewną ilość usterek.

Każdy z pracowników otrzymał małą odbitkę plakatu, przyczem studując duży plakat, zaznaczał na odbitce miejsce, które uznał za nieodpo-

wiednie; na odwrocie odbitki należało podać przyczyny, dla których oznaczone miejsce uznano za wadliwe. Wreszcie, po zaopatrzeniu odbitki w swój podpis, uczestnik konkursu doręczał ją upoważnionemu do odbioru kierownikowi. Za najlepsze odpowiedzi wyznaczono nagrody pieniężne. Konkurs cieszył się ogromnem powodzeniem, zdołał zainteresować szerokie masy pracowników i znakomicie wpłynął na wzrost uświadczenia wśród tychże co do celowości przepisów bezpieczeństwa.

Bardzo pożytecznej pracy dokonał R. Sznajder¹⁵⁰⁾, wydając dziełko p. t.: „Materiały wybuchowe. Bezpieczeństwo pracy i ochrona ogólna. Nieszczęśliwe wypadki. Przepisy bezpieczeństwa dla kamieniołomów“. Znajdujemy w niem opisy 70 blisko nieszczęśliwych wypadków w wytwórniach materiałów wybuchowych i amunicji, spowodowanych przez najróżnorodniejsze przyczyny, za które winę ponoszą bądź to pracownicy, bądź też pracodawcy. Opisy te podane w formie bezpretensjonalnej, lecz żywo i rzeczowo, przeważnie z własnej, długoletniej praktyki autora, zdolne są zainteresować każdego pracownika z dziedziny materiałów wybuchowych i amunicji; przyczyny poszczególnych wypadków wyjaśnione są w sposób zajmujący i pouczający. Dalej zawiera dziełko wzory i tablice do obliczania strefy niebezpieczeństwa i odległości składów i budynków, zawierających materiały wybuchowe od domów, torów kolejowych, dróg i t. p. W ostatnim rozdziale (Materiały wybuchowe i roboty strzelnicze) autor przytacza jeszcze szereg nieszczęśliwych wypadków podczas robót strzelniczych w kamieniołomach i t. p., oraz dane statystyczne co do nieszczęśliwych wypadków w kamieniołomach (ze źródeł niemieckich, angielskich i belgijskich) z wyszczególnieniem przyczyn; dalej zestawienie wyrabianych w Polsce materiałów wybuchowych skalnych, krótki opis przyborów strzelniczych (spłonki, lonty, elektryczne zapalniki) wraz z zasadami stosowania ich, zasady wykonywania robót strzelniczych, transportu i przechowywania materiałów wybuchowych i środków zapalających i t. p. W „Zakończeniu“ omawia autor niebezpieczeństwo, jakie grozi robotnikom w wytwórniach materiałów wybuchowych ze względu na trujące działanie par nitrozowych i szeregu nitrozwiązków aromatycznych, środki ostrożności, jakie należy przedsięwziąć oraz zasady ratownictwa zatrutych. Dziełko Sznajdra stanowi cenną pozycję w naszej literaturze fachowej i posiada wszelkie dane, by stać się „vade mecum“ każdego praktyka z dziedziny materiałów wybuchowych, amunicji i t. p. *).

*) Wobec tego, że zadaniem naszym jest zapoznanie Czytelników z treścią prac, a nie recenzja, przeto pomijamy tutaj formę ich, a więc i ewentualne usterki językowe, stylistyczne i t. p.

Wstrząśnienia skorupy ziemskiej, spowodowane przez sztuczne wybuchy, a naturalne trzęsienia ziemi ¹⁵¹).

Na zasadzie prób i badań skutków, spowodowanych przez wielkie wybuchy, jakie miały miejsce bądź to jako specjalne eksperymenty, bądź też w związku z eksploatacją przemysłową, Stettbacher przeprowadza niejako paralelę pomiędzy skutkami takich wybuchów a skutkami naturalnych trzęsień ziemi.

Autor opisuje przedewszystkiem wybuch doświadczalny, przeprowadzony w La Courtine (Francja) w r. 1924. Przy pomocy zapalenia elektrycznego zdetonowano tam 10 tonn melinitu; w chwilę po wybuchu podniosła się chmura sadzy, która rozszerzając się w kształt grzyba, wzniosła się do wysokości około 400 m, podczas, gdy na ziemię opadł szary pył. Na miejscu wybuchu utworzył się lej głębokości 6 m, o średnicy 20 m. Z zatkniętych w ziemię, dookoła miejsca wybuchu, szyn żelaznych, najbliższe, odległe o 20—30 m zostały wyrzucone, połamane, pogięte i częściowo jakby rozłupane; ale już w odległości 60 m eksplozja nie dokonała niczego godnego uwagi. Stąd wniosek, że ciśnienie wybuchu nader szybko maleje w miarę odległości oraz, że siła wybuchu, np. bomb w otwartej przestrzeni jest naogół przeceniana (wybuch w zamkniętej przestrzeni, np. wśród ścian, powoduje rozlatywanie się ich na podobieństwo odłamów pocisku). Psy, umieszczone w specjalnych rowach, 20—50 m od ośrodka wybuchu, nie ucierpiały zupełnie: nie doznały ani uszkodzeń organów wewnętrznych, ani pęknięcia naczyń krwionośnych, jak to, na podstawie panujących poglądów, można było oczekiwać z powodu wytworzonych różnic ciśnień powietrza. Ustawione w wielu miejscach instrumenty, przeznaczone do rejestrowania zjawisk dźwiękowych i wstrząśnień, zareagowały również słabo. Obserwatorzy, znajdujący się na korzystnie położonym wzgórzu, odległym o 85 km od ośrodka detonacji, nie słyszeli żadnego huk; wstrząśnienia zaś zanotowano jedynie w ograniczonej strefie. Autor uważa te wyniki za tem dziwniejsze, że już przy pomocy małych ładunków dynamitu i przenośnych instrumentów można „opukiwać” ziemię, t. j. z siły i przebiegu fal wstrząszeniowych wyciągać można wnioski co do gęstości lub elastyczności warstw spodnich skorupy ziemskiej (np. ropy naftowej,

solu lub rud). Wprawdzie w tym wypadku ma się do czynienia z małemi odległościami, przy dużych zaś odległościach instrumentów od ośrodka wybuchu — drgania ziemi słabną b. szybko. Autor przeprowadza następnie obliczenie energii kinetycznej, uzyskanej przez wybuch 10 tonn melinitu oraz spowodowanego tym wybuchem poruszenia skorupy ziemskiej i stwierdza, że w porównaniu ze skutkami podrzędnych nawet trzęsień ziemi, jest ono bardzo drobne, poczem przytacza wyniki badań Rockwell'a, który, na zlecenie pewnego towarzystwa eksploatującego kamieniołomy, ustalił rozmiary wstrząśnień, spowodowanych przez wybuchy min w porównaniu z wstrząśnieniami naturalnemi. Używał on do tego celu specjalnego aparatu, którego drgania można porównywać bezpośrednio z drganiami seismografu. Znaleziono, że właściwe wstrząśnienia ziemi można wywoływać dopiero przy pomocy ładunków od 1000 kg wzwyż, oraz, że fale, powstające przy takim wybuchu, dochodzą do odległości 700 — 1000 m od jego ogniska; ustalono dalej, że energia wyzwolona podczas wybuchu wielkiej miny, użytej w kamieniołomach, wyrządziła zaledwie $\frac{1}{448}$ część szkód w porównaniu z działaniem wielkiego trzęsienia ziemi.

Jedną z największych min wysadzono w ostatnich latach w Kalifornji (1924); składała się ona ze 164 tonn dynamitu; spowodowane przez nią poruszenie skorupy ziemskiej nie wyrządziło jednak, o ile wiadomo, szkód w okolicy.

Autor przytacza dalej wyniki pomiarów ciśnienia powietrza, wykonanych przez Państwowy Zakład Chemiczno-Techniczny w Berlinie. Według tych wyników ciśnienie wybuchu 1000 kg-owej bomby już w odległości 500 m jest tak słabe, że spowodować może zaledwie wgniecenie szyb w domach. W odległości natomiast 50 m ciśnienie, obliczone przez Justrow'a, wynosi około 3 kg/cm², a więc zdolne jest już zburzyć mur ceglany o dużej powierzchni.

Wreszcie podaje autor porównanie energii sztucznych wybuchów z energią cieplną strumienia lawy. Największy dotychczas w historii wybuch nawozu saletrowego w Oppau dał 1,14 miljarda kaloryj, która to ilość ciepła zdolna jest ogrzać tylko 2850 m³ lawy od 0° do 2000°, co odpowiada sześcianowi kamiennemu o krawędziach 14,2 m. Właściwą siłę, która w ciągu $\frac{1}{3000}$ sekundy zmioła z powierzchni ziemi zakłady fabryczne w Oppau, zdolny jest wytworzyć mechanizm o mocy 80.000 HP w ciągu 27 sekund.

Tak więc traktowanie katastrof, spowodowanych wybuchami materiałów wybuchowych, narówni z katastrofami żywiołowemi, uważa autor za nieuzasadnione.

Tworzywa używane w przemyśle materiałów wybuchowych do budowy aparatur.

Interesujące szczegóły w tym przedmiocie podaje Stettbacher¹⁵²⁾. Wszelkie naczynia, aparaty i maszyny, przeznaczone do operowania z kwasami lub kwaśnymi wodami, dawniej budowane były z kamionki, emalowanego żeliwa lub ołowiu. Obecnie materiały te zastępuje glin, a zwłaszcza kwasoodporne stopy żelazo-krzemowe.

Glin nadaje się do budowy aparatur, używanych w przemyśle materiałów wybuchowych i HNO_3 tem bardziej im jest czystszy (ponad 99%) i im mocniejszy jest HNO_3 (ciężar wł. ponad $1,33=36 \text{ Bé}$); używany jest jednak do wyrobu rur i zbiorników dla HNO_3 o wszelkich stężeniach. Naczynia nitracyjne z czystej blachy aluminiowej dobrze wytrzymują działanie HNO_3 aż do 80°C ., (na zimno kwas ten stężony prawie nie działa na glin). Znajdujący się przez czas dłuższy na ściankach naczyń lub aparatów kwas stężony, przyciąga wilgoć z powietrza, rozcieńcza się i zaczyna działać na ochronną warstwę tlenku. W fabrykach bawełny strzelniczej używane są na wielką skalę aluminiowe części wirówek, rury, płóczki, szczypce i t. p.

Nierdzewiejące stale dzieli autor na grupy stopów. Grupa „VM” o 13—15% Cr i małej zawartości Ni; grupa „VA” o 18—25% Cr i większej, niż poprzednia zawartości Ni, grupy „V4A” i „V6A” zawierają jeszcze Mo względnie Cu. W Ameryce stwierdzono, że optimum kwasoodporności daje stal o zawartości 16—17% Cr i ponad 7% Ni; poza tem pracuje się tam nad określeniem granic zawartości dla innych składników.

Jeszcze bardziej kwasoodporne, dzięki większej zawartości Si, lecz zarazem bardziej kruche i trudniejsze do obróbki, są stopy Krupp'a: „Thermosilid” i „Thermosilid extra”. Stopy te otrzymywane są drogą zupełnego stopienia z najdokładniejszym rozproszeniem Si, przez co osiąga

się całkowicie jednolity skład i jednakową gęstość; w porównaniu z innymi stopami żelazo-krzemowymi „Thermosilidy“ mają posiadać większą odporność chemiczną obok mniejszej kruchości, twardości, tudzież braku napieć wewnętrznych. Służą one do wyrobu kotłów, rur, wentyli i t. d., które dawniej wyrabiano z glinki lub bronzu, jak również do wyrobu pomp odśrodkowych i korbowych do kwasów; do tychże celów używa się i stali „V2A“ Krupp'a, która zresztą nadawać się ma i do budowy większych aparatów, jak np. wież kwasowych i skomplikowanych węzownic. Stal ta jest jednak droga i trudna do obróbki. Stal „V5M“ nadaje się do wyrobu nierdzewiejących luf karabinowych.

Ogromny postęp w przemyśle materiałów wybuchowych stanowi zastosowanie pomp, zamiast mało wydajnych instalacji o sprężonym powietrzu, do przetłaczania kwasów; daje to w wyniku trzykrotnie większą wydajność, pominiwszy już o wiele mniejsze koszty oraz prostotę urządzenia i obsługi. Pompy odśrodkowe stosuje się do przetłaczania aż do 1500 l/min. na wysokość do 20 m, podczas, gdy pompy korbowe bardziej nadają się do ilości nie przekraczających 200 l/min. na wysokość do 40 metrów.

W kołach fachowych dyskutowana jest obecnie kwestja pomp odśrodkowych bezdławnicowych i z dławnicami. Pierwsze, jak wynika z ich nazwy, nie posiadają dławnic ani żadnych środków uszczelniających, a więc nie wymagają niemal wcale dozoru; z drugiej jednak strony, w razie jakichś usterek lub wadliwości, może się zdarzyć, że podczas przerwy w ruchu, kwas znajdujący się w rurociągu zacznie wyciekać przez płaszcz pompy; przytem konstrukcja tych pomp jest bardziej złożona.

Wyrób większych kotłów (aparatów nitracyjnych) z żeliwa krzemowego jest trudny i dotychczas mało praktykowany; aparaty takie, używane obecnie, są to przeważnie odlewy z żeliwa znacznie uboższego co do zawartości Si w porównaniu z „Thermosilidami“.

Żeliwo emaljowane rzadko jest używane w przemyśle materiałów wybuchowych; krucha emalja łatwo odpryskuje i wówczas aparat ulega przeżarciu przez kwasy, ponieważ zaś naprawa nie może być uskuteczniiona na miejscu, pociąga to za sobą koszty i stratę czasu. Sztuczne żywice i ebonit, używane do wykładania aparatów kwasoodpornych, nie są trwalsze od emalji.

Aparaty ołowiane sporządza się przez wyłożenie blachą ołowianą lub, jeszcze lepiej, przez jednorodne ołowiowanie na podkładzie z metalu o większej wytrzymałości mechanicznej. Nowa metoda powlekania metalami zapomocą rozpylania nie nadaje się do aparatów kwasoodpornych ze względu na porowatość otrzymanej powłoki.

Co do tworzyw z rozmaitych gatunków glinki („Ton“) autor podkreśla, że, jakkolwiek surowcem dla nich służy mniej lub bardziej czysta glinka (kaolin) to jednak, zawierając prócz niej jeszcze inne składniki, posiadają różne właściwości i dlatego winny być traktowane jako zupełnie różne tworzywa.

Są to mianowicie: szamota, kamionka i porcelana. Od pierwszej wymaga się ogniotrwałości i trudnego zmiękczenia się pod ciśnieniem. Kamionka musi być zwarta, absolutnie kwasoodporna i wytrzymała na czynniki mechaniczne. Porcelanę można uważać za ulepszoną kamionkę, z tą różnicą, że nie nadaje się do wyrobu aparatów o większych rozmiarach. Tworzywa te jednak podczas ogrzewania lub od uderzenia łatwo pękają, zagrożając następnie otoczeniu i obsłudze; dlatego też armaturę i pompy kamionkowe zaopatruje się w osłony żeliwne. W Ameryce tworzywa te prawie zupełnie wyszły już z użycia (z wyjątkiem wież absorbcyjnych). W Europie jednak, dzięki ulepszeniom i zmianom konstrukcyjnym, kamionkowe ekshaustory, pompy, nasady do wirówek, garnki nitracyjne, filtry (Nutsch), aparaty przetłaczające, a zwłaszcza urządzenia kondensacyjne dla HNO_3 , absorbcyjne i ssące do gazów nitrozowych — często są stosowane; w porównaniu z kwasoodpornym żeliwem kamionka ma tę zaletę, że jest lekka. W ostatnich czasach chłodnice dla gazów nitrozowych wyrabiane są z żelaza krzemowego lub stali „V2A“. Do wyrobu urządzeń kondensacyjnych dla HNO_3 i denitracyjnych bardzo ma się nadawać topiony kwarc.

Beton, doniedawna uważany był za materiał wrażliwy na działanie czynników chemicznych. Obecnie jednak, dzięki wprowadzeniu nowego sposobu budowy zbiorników, wanien holendrów, koryt, odstojuńników i t. p., przy pomocy specjalnego aparatu natryskowego, działającego sprężonym powietrzem, otrzymywać można ścianki betonowe dowolnej grubości o powierzchni ścisłej i nieporowatej, bardzo odporne na działanie czynników chemicznych. Poza ten sposób ten czyni zbędnymi dotychczasowe „szalowania“, jak również wszelkie ciężkie umocnienia i usztywnienia, niezbędne przy dotychczasowym sposobie budowy. Ostatnio budowane są również żelazo - betonowe zbiorniki do kwasów, wykładane płytami szklanymi.

Nowe wyniki pracy nad różnymi rodzajami stali kwasoodpornej i wogóle odpornej na korozję oraz na wpływ wyższych temperatur ogłosili: Hadfield, Elliot i Sarjant¹⁵³); znajdujemy tam historję badań i rozwoju na tem polu, mechaniczne i fizyczne własności, skład chemiczny tych stali, stopień odporności ich na kwasy nieorganiczne i organiczne, wreszcie — zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu.

Zajmujące, jakkolwiek luźno tylko związane z omawianym wyżej tematem, szczegółły co do stali nierdzewiejącej do wyrobu broni podaje L. Krause ¹⁵⁴). Stwierdza on, że chociaż chrom, składnik podstawowy stali nierdzewiejących nie należy do surowców krajowych (mowa o Polsce), to jednak warto zapoznać się z tem, co na tem polu już zrobiono, tem bardziej, że i nasze huty (G. Śląsk) mogą się poszczycić pięknymi wynikami w tej dziedzinie.

Autor opisuje wyniki prób zastosowania stali nierdzewiejącej do wyrobu luf w Japonji, w arsenale w Woolwich (Anglja) i w Zbrojowni w Springfield (St. Zjednoczone Am. Północnej). Wnioski, jakie wyciągnąć można ze wspomnianych wyników, przemawiają za tem, że wprowadzenie stali nierdzewiejącej tylko tam może mieć rację bytu, gdzie działanie rdzy jest bardziej niszczące niż wypalanie, a i to z zastrzeżeniem czy opłaci się kosztowna obróbka. Ponieważ zaś lufy, zwłaszcza karabinów maszynowych, narażone są przede wszystkim na wypalanie, przeto zastosowanie stali nierdzewiejących do wyrobu luf, bardzo znacznie (co najmniej o 50%) podrażając produkcję, nie dałoby żadnych oszczędności; wyjątek mogą tu stanowić lufy broni krótkiej. Dobre natomiast wyniki dały próby z lufami ze stali zwykłej, których przewód pokryty został warstwą chromu (zbrojownia w Springfield). Autor uważa zatem, że wynalazczość w tej dziedzinie winna być zwrócona raczej w kierunku chromowania, molibdenowania lub wolframowania luf, co właśnie zgodne byłoby z wytycznymi, podanymi przez arsenał w Woolwich: podniesienie jak najwyżej temperatury topliwości metalu, stanowiącego wewnętrzną powłokę przewodu lufy.

Sprawa badań naukowych w dziedzinie prochów i materiałów wybuchowych ¹⁵⁵).

H. Rakowski uzasadnia potrzebę badań, tak ogólnych, jak i specjalnych dla rozwoju techniki uzbrojenia i wskazuje kierunki, w jakich może i powinna iść organizacja chemicznych instytucyj badawczych uzbrojenia.

Na wstępie autor stwierdza, że przy dzisiejszym stanie wiedzy, rozwój i postęp we wszelkich gałęziach przemysłu, a więc i przemysłu wojennego, możliwy jest jedynie dzięki rozległym badaniom i długotrwałym studjom naukowym. Niemcy rozumieli to doskonale już przed wojną światową; doceniali oni również specjalne znaczenie przemysłu chemicznego dla sprawy obrony kraju i dla potęgi militarnej. Wielka wojna w całej rozciągłości potwierdziła słuszność tych poglądów, wykazując przytem w sposób jaskrawy niedostateczny rozwój przemysłu chemicznego i brak odpowiednich laboratoriów badawczych w państwach Ententy; po wojnie przemysł ten zaczęto rozbudowywać mniej lub więcej systematycznie przy czynnem poparciu władz i kas państwowych.

Dalej przytacza autor zarys organizacji pracy badawczej w wytwórniach i zakładach amerykańskiej firmy Du Pont de Nemours Co., produkującej podczas wojny światowej w nadzwyczajnie wielkich ilościach prochy i materiały wybuchowe, po wojnie zaś, prócz tych materiałów, sztuczny jedwab, barwniki, lakiery, sztuczną skórę i t. p.

Narówni z przemysłem, mniej lub więcej intensywnie prowadzi badania w specjalnych własnych laboratoriach i na poligonach doświadczalnych, służba uzbrojenia armji i marynarki w każdym większem państwie.

W Niemczech w r. 1889 utworzono w Spandau instytut pod nazwą „Zentralversuchsstelle für Explosivstoffe“, który w 1897 r. przemianowano na „Militärversuchsanstalt“. Podczas wojny Urząd ten, obok bieżących badań prochów, materiałów wybuchowych i innych, zajmował się prze-

ważnie kwestją materiałów zastępczych (namiastek), (np. częściowe zastąpienie materiałów wybuchowych droższych, i których brak dawał się odczuwać, tańszą saletrą amonową, nitroceluloza z celulozy drzewnej i t. p.), dalej opracowaniem metody otrzymywania gliceryny fermentacyjnej, zastosowaniem prochu amonowego, próbami zastosowania metali zastępczych do produkcji elementów amunicji i t. p. Poza tem prowadzono tam próby ulepszenia broni i amunicji, badania, mające na celu zwiększenie bezpieczeństwa produkcji amunicji, materiałów wybuchowych i prochów, wyjaśnianio przyczyny eksplozji i pożarów wytwórni i zakładów amunicyjnych, opracowywano przepisy fabrykacji i przepisy odbiorcze. Równolegle z tym Urzędem istniała w Niemczech druga instytucja badawcza, ufundowana w r. 1898 przez szereg przedsiębiorstw prywatnych, produkujących prochy, materiały wybuchowe, amunicję lub broń; instytucją tą była „Zentralstelle für wissenschaftlich-technische Untersuchungen“ (w Neubabelsberg), która rozporządzała doświadczalną wytwórnią materiałów wybuchowych, doświadczalnemi magazynami tychże, prowadziła badania balistyczne broni małokalibrowej i dział, badania w kierunku zabezpieczenia wytwórni i magazynów materiałów wybuchowych od piorunów i t. d. Z pośród najbardziej doniosłych prac tej instytucji wymienić należy: gruntowne zbadanie metody Ostwald'a otrzymywania kwasu azotowego z amoniaku i powietrza oraz zastosowanie centralitu do masy prochowej przy fabrykacji prochów o niskiej zawartości nitrogliceryny. Poza tem przeprowadzono wiele cennych badań z materiałami wybuchowemi górnicznemi i t. p.

Po wojnie światowej zarówno Militärversuchsammt, jak i Zentralstelle przestały istnieć. Pierwszy w r. 1919, przemianowano na Chemisch-Technische Reichsanstalt, który przejął również większość zadań, wypełnianych przez Zentralstelle. W ciągu pierwszych lat swego istnienia Reichsanstalt zajęty był pracami, związanemi z demobilizacją materiałową (ochrona, wykorzystanie lub niszczenie amunicji i materiałów wybuchowych), oraz pracami związanemi z wypełnieniem kwestjonariuszy, przedłożonych przez Międzyparlamentarną Wojskową Komisję Kontrolującą (opisy surowców i najnowszych sposobów fabrykacji materiałów wybuchowych, rysunki aparatury, używanej przy ich produkcji, podanie materiałów, stosowanych celem zmniejszenia płomienia wylotowego, dymu i wypalania łuf broni podczas strzelania, metod badania materiałów wybuchowych i t. p.). Właściwy program Reichsanstaltu obejmuje:

- 1) Badania sprawy bezpieczeństwa pracowników przy produkcji, przechowywaniu, transporcie i użyciu materiałów wybuchowych; badania kwestyj, związanych z wybuchami gazów kopalnianych i pyłu węglowego,

badania przebiegu eksplozji materiałów wybuchowych; badanie materiałów łatwopalnych i niebezpieczeństwa, jakie przedstawiają przy manipulowaniu z nimi; nadzór nad wytwórniami, którym zagraża niebezpieczeństwo wybuchów; wyjaśnianie przyczyn samozapaleń, pożarów i nieszczęśliwych wypadków w wytwórniach i magazynach materiałów wybuchowych.

2) Chemiczno-techniczne badania ważnych dla gospodarki krajowej surowców i gotowych wyrobów przemysłu chemicznego.

3) Badania fizyczno-techniczne, mechaniczno-techniczne; badania techniczne metali.

Organizacja i działalność niemieckich stacyj badawczych okazały się niezmiernie celowymi i pożytecznymi; stacje te oddały swemu krajowi nieocenione wprost usługi.

Inne państwa przed wojną nie doceniały znaczenia stacyj badawczych w tym stopniu co Niemcy; dopiero wykazana podczas wojny światowej, nadzwyczajna sprawność techniczna Niemiec, pobudziła je do akcji w tym kierunku.

W Rosji w r. 1912 rozpoczęto budowę „Centralnego naukowo-technicznego laboratorium Ministerstwa Wojny”; w 1914 r. wykończono i wyekwipowano pierwsze 8 działów: 1) dział chemii nieorganicznej i analitycznej, 2) chemii organicznej i fizycznej, 3) prochów i materiałów wybuchowych, 4) metalurgji i metalografji, 5) produktów spożywczych 6) umundurowania, skór i smarów, 7) dział mechanicznych badań materiałów, 8) dział technicznych badań materiałów budowlanych.

Jednocześnie z uruchomieniem powyższych działów przystąpiono w r. 1914 do budowy pozostałych 7-iu, a mianowicie: 1) działu badań lotniczych, 2) badań samochodów i traktorów, 3) laboratorium fizyki ogólnej, 4) działu prądów silnych, 5) prądów słabych, 6) prądów dużej częstotliwości i 7) działu motorów i przyrządów do ogrzewania i wentylacji. Działy te zaczęto stopniowo uruchamiać dopiero w roku 1917. W drugiej połowie tegoż roku zakład ten wziął czynny udział w pracach, związanych z demobilizacją przemysłu wojennego, zwłaszcza chemicznego.

We Francji produkcja prochów i materiałów wybuchowych objęta jest monopolem państwowym i prowadzona przez t. zw. służbę prochów, rozporządzającą centralnem laboratorium badawczem w Paryżu. Badania i próby fabryczne z zakresu produkcji prochów bezdymnych prowadzone są przeważnie w wytwórni prochów w Sevran Livry. Centralną instytucją, prowadzącą odbiory prochów i materiałów wybuchowych, kontrolę zapasów i badania w dziedzinie balistyki wewnętrznej, jest komisja prochów w Wersalu. Próby i badania w dziedzinie amunicji i broni prowadzone są nie w specjalnych instytucjach badawczych, lecz w wytwórniach, posiadających odpowiednie działy doświadczalne.

Anglja na prace badawcze w dziedzinie uzbrojenia wydaje blisko 1.000.000 funt. szterlingów rocznie. Posiada ona cały szereg wojskowych instytucyj badawczych, z których część zajmuje się badaniami w dziedzinie amunicji, materiałów wybuchowych i chemji wojennej, a mianowicie:

1) Wydział badań w Woolwich prowadzi, między innemi, doświadczenia z działami, amunicją i materiałami wybuchowemi.

2) Zakład doświadczalny w Shoeburyness czyni doświadczenia z działami, płytami pancernymi, pociskami, prochem i t. p.

3) Komitet chemji wojennej zarządza i kieruje badaniami w odpowiednim zakresie.

4) Stacja doświadczalna chemji wojennej w Porton prowadzi studia i doświadczenia w dziedzinie zastosowania gazów na wojnie.

5) Zakład badawczy broni chemicznej w Sutton Oak, jest to była wytwórnia uzbrojenia, obecnie przeznaczona do pewnych doświadczeń z zakresu chemji wojennej.

Stany Zjednoczone Ameryki Północnej posiadają cały szereg arsenałów, będących w gruncie rzeczy stacjami doświadczalnemi w różnych dziedzinach uzbrojenia.

Arsenał Picatinny po wojnie światowej przeznaczony został do prac badawczych w zakresie amunicji artyleryjskiej, fabrykacji prochów, materiałów wybuchowych, zapalników i t. p. Posiadał on następujące działy: 1) dział elementów metalowych, 2) dział materiałów wybuchowych kruszących, 3) wytwórnię prochów bezdymnych (z własnem laboratorium kontrolnem), 4) dział elaboracji amunicji, 5) dział pirotechniczny, 6) dział badań balistycznych, 7) kursy amunicyjne dla oficerów i fachowców cywilnych, 8) dział ogólny (centrala sił, przewody parowe i elektryczne, wodociągi i kanalizacja).

W r. 1926 katastrofa pobliskiego składu amunicji w Lake Denmark spowodowała wielkie szkody i w arsenale Picatinny. Po ukończeniu odbudowy arsenał w nowym układzie ma się składać z 3-ch dużych działów: z działu produkcji prochów, materiałów wybuchowych i amunicji, ze składnicy tych materiałów i z działu produkcji materiałów bezpiecznych, przy czem rozplanowanie poszczególnych działów i budynków ma być zmienione w celu zwiększenia bezpieczeństwa na wypadek eksplozji.

W ścisłej współpracy z amerykańskimi stacjami badawczemi znajdują się: artyleryjski poligon doświadczalny w Aberdeen („Aberdeen Proving Ground“), bogato wyposażony i znakomicie przygotowany również do badania czołgów, traktorów i łódź motorowych, tudzież do współpracy przy badaniu bomb i innego uzbrojenia lotniczego. Poligon Aberdeen po-

siada bogate muzeum sprzętu uzbrojenia i rozporządza najnowszymi, częściowo także ulepszonymi przyrządami do badań balistycznych.

Wreszcie przechodzi autor do Polski, gdzie służba uzbrojenia miała bodaj najtrudniejsze zadanie do rozwiązania. Zdewastowany po wojnie światowej kraj musiał, po odzyskaniu niepodległości, około 2 lat prowadzić wojnę dla obrony i ustalenia granic. Fachowców z dziedziny uzbrojenia była garść zaledwie; dawał się odczuwać zupełny niemal brak przepisów, instrukcyj i t. p. W wielu wypadkach podczas studjów nad amunicją, pozostałą po okupantach, pracowano dosłownie z narażeniem życia; paru chemików przypłaciło kalectwem próby wytwarzania nowych materiałów wybuchowych w laboratorjach niedostosowanych do takich prac. Po zakończeniu wojny z bolszewikami dokonano rozbrojenia znacznych ilości amunicji najrozmaitszego pochodzenia, pozostałej na terenie kraju po wojnie światowej.

Przystąpiono również do rozbudowy przemysłu wojennego, opartego częściowo na kapitałach państwowych, częściowo zaś — prywatnych. Natomiast, początkowo, nie doceniano potrzeby odpowiednich instytucyj badawczych w dziedzinie uzbrojenia. Praktyka jednak szybko dowiodła niezbędności takich zakładów, to też w r. 1925 powstał Instytut Badań Artylerji (obecnie Instytut Badań Materiałów Uzbrojenia), a i poszczególne wytwórnie zaczęły organizować u siebie działy doświadczalne, laboratorja badawcze i t. p. Autor wyraża wkońcu nadzieję, że dzięki coraz większemu zrozumieniu tych spraw tak ze strony M. S. Wojsk., jak i ze strony dyrekcyj wytwórni, istniejące jeszcze u nas braki w tej dziedzinie zostaną w krótkim czasie uzupełnione.

¹³⁰⁾ Wiadomości Techniczno - Artyleryjskie, 1930, Nr. 4, str. 417.

¹³¹⁾ Przegląd Artyleryjski, 1929, Nr. 6 T. IX, str. 557.

¹³²⁾ Statystyka przemysłu węglowego w Państwie Polskiem za r. 1929.

¹³³⁾ Tablica wzięta ze Stettbacher'a „Das Sprengstoffwesen in den Jahren 1924 — 1928”. Z. Schiess u. Sprengstoffw., 1929.

¹³⁴⁾ Kast. Spreng-u. Zündstoffe, str. 496 — 498.

¹³⁵⁾ Przegląd Artyleryjski 1929, Nr. 5 t. IX, str. 445.

¹³⁶⁾ Kast. Spreng. u. Zündstoffe, str. 480 — 482.

¹³⁷⁾ Kast. Die Explosion in Oppau am 21 September 1921, u. die Tätigkeit der Chemisch - Technischen Reichsanstalt (Sonderbeilage der Ztschr. f. Schiess-u. Sprengstoffw. 1925, Nr. 11).

¹³⁸⁾ Raschig. Ztschr. f. angew. Chemie 1922, str. 117—119.

¹³⁹⁾ Stettbacher. Ztschr. f. Schiess-u. Sprengstoffw. 1929, str. 482.

¹⁴⁰⁾ Ztschr. f. angew. Chemie 1924, str. 164 — 165.

¹⁴¹⁾ Tamże 1925 r., str. 537 — 541.

¹⁴²⁾ j. o.

¹⁴³⁾ Przegląd Artyleryjski 1927, str. 428.

- ¹⁴⁴⁾ Tamże 1930, Nr. 6, t. X, str. 580.
¹⁴⁵⁾ Kast. Spreng. u. Zündstoffe, str. 502 i 503.
¹⁴⁶⁾ Statystyka Przemysłu Węglowego w Polsce za rok 1929, str. 163.
¹⁴⁷⁾ Stettbacher j. o.
¹⁴⁸⁾ Przegląd Artyleryjski 1927, str. 703.
¹⁴⁹⁾ Tamże Nr. 4 t. IX, 1929, str. 304.
¹⁵⁰⁾ Inż. Ryszard Sznajder, płk. w st. spocz.: „Materiały wybuchowe. Bezpieczeństwo pracy i ochrona ogólna. Nieszczęśliwe wypadki. Przepisy bezpieczeństwa dla kamieniołomów“ (z 26 rysunkami w tekście), str. VIII + 159. Tarnów 1930.
¹⁵¹⁾ Stettbacher. Das Sprengstoffwesen in den Jahren 1924 — 1927. Chem. Ztg. 1929, Nr. 11 (Fortschrittsbericht), str. 6 i 7.
¹⁵²⁾ Tamże 5 i 6.
¹⁵³⁾ Chemistry Industry Vol. 49, Nr. 4.
¹⁵⁴⁾ „Stal nierdzewiejąca w wyrobie broni“. Wiadomości Techniczno-Artyleryjskie 1930, Nr. 5, str. 574.
¹⁵⁵⁾ Wiadomości Techniczno - Artyleryjskie 1930, Nr. 7, str. 855.

Literatura ogólna.

Reese C. I. Les progrès des explosifs dans les 25 dernières années. Journal of the Franklin Institute 1924, t. XII. Tłum. Mémorial de l'Artillerie Française 1926, str. 655 — 674.

Stettbacher A. Les explosifs de 1914 — 1923 (z bogatą bibliografią (Chem. Ztg. 1925, str. 621, tłum. Mémorial de l'Artillerie Française 1926, str. 603—653.

Van Gelder A. P. Schlatter H. History of the Explosives Industry in America. Columbia University Press, New York 1927, 10 dol.

Mente. Entwicklung des Sprengstoffwesens in Deutschland in und nach dem letzten Kriege. Ztschr. Schiess-u. Sprengstoffw. 1929, str. 373, 423.

X... Gli explosivi in Francia in Germania durante la guerra mondiale. Rivista di Artiglieria e Genio 1926, str. 1211 — 1225.

Grottanelli, Rostagno C. La produzione degli explosivi durante la guerra. Rivista di Artiglieria e Genio 1927, str. 876 — 881.

Chamberlain E. W. Explosives. Past and Present. Army Ordnance 1927, str. 438.

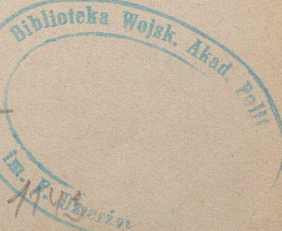
H. L. Italienische Industrie der Explosivstoffe. Ztschr. f. d. g. Schiess-u. Sprengstoffw. 1927, str. 61.

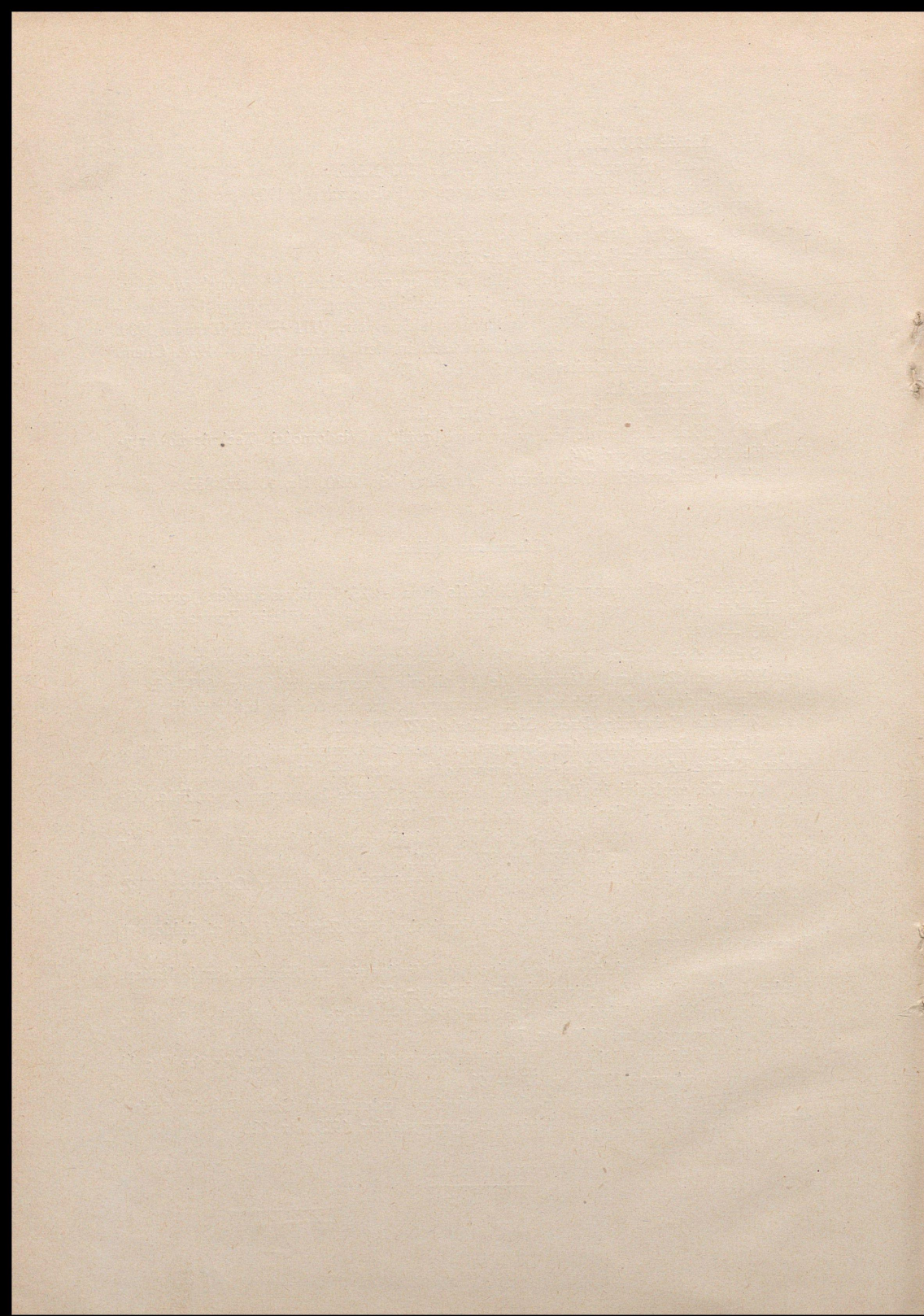
Weyr J. Entwicklung der Sprengstoffindustrie in England und Italien. Ztschr. f. d. g. Schiess-u. Sprengstoffw. 1928, str. 78.

Grottanelli F. L'industrie des Explosifs en Italie 1926. Ztschr. f. d. g. Schiess-u. Sprengstoffw. 1928, str. 79.

Chiefs Ordnance Districts. Munitions preparedness ten years after the World War. Army Ordnance 1928, str. 77 — 91.

Weyr J. Developments in the Explosives Industry in Great Britain during 1927 and 1928. Ztschr. f. d. g. Schiess-u. Sprengstoffw. 1929, str. 218.





Spis rozdziałów.

	str.
Wstęp	3
Ogólny rzut oka	5
Proch czarny	13
Nitroceluloza	15
Prochy bezdymne	21
Badania stałości prochów bezdymnych	27
Nitrogliceryna, nitroglikol i pentryt	35
Nitrozwiązki aromatyczne	43
Materiały wybuchowe z $\text{NH}_4 \text{NO}_3$	52
Materiały wybuchowe chloranowe i nadchloranowe	57
Materiały wybuchowe bezpieczne w stosunku do gazów kopalnianych i pyłu węglowego	62
Materiały wybuchowe, zawierające skroplone powietrze („Oxyliquit“)	69
Inne materiały wybuchowe, zawierające ciekłe utleniacze	77
Materiały wybuchowe zawierające metale alkaliczne lub metale ziem alkalicznych	79
Środki zapalające	80
Materiały wybuchowe do wyrobu amunicji wojskowej	102
Zużycie materiałów wybuchowych w poszczególnych państwach	107
Przechowywanie materiałów wybuchowych	111
Niszczenie materiałów wybuchowych	114
Katastrofy i nieszczęśliwe wypadki z powodu wybuchów	117
Wstrząśnienia skorupy ziemskiej, spowodowane przez sztuczne wybuchy, a naturalne trzęsienia ziemi	128
Tworzywa używane w przemyśle materiałów wybuchowych do budowy aparatów	130
Sprawa badań naukowych w dziedzinie prochów i materiałów wybuchowych	134



44456/
2