



# الكيمياء الأساسية للمتفجرات وأخطار العبوات الناسفة يدوية الصنع والمواد الكيميائية السليفة

كتيب

صورة الغلاف: شحنات رئيسية من العبوات الناسفة المبتكرة مليئة بعبوات ناسفة يدوية الصنع ذات طبيعة غير معروفة في العراق (المصدر: المؤسسة السويسرية لنزع الألغام ©)

يعمل "مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية" بهدف الحد من المخاطر التي تتعرض لها المجتمعات جراء الذخائر والمتفجرات، ويُرَكِّز تحديداً على الألغام الأرضية والذخائر العنقودية ومخزونات الذخيرة.

تُساعد السلطات الوطنية والمنظمات الدولية والإقليمية والمنظمات غير الحكومية والمشغلين التجاريين على تطوير إدارة الأعمال المتعلقة بالألغام والذخائر وإضفاء الطابع المهني عليها. ويدعم المركز نحو 40 دولة ومنطقة متضررة كل عام.

يقع مقر "مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية" في مبنى "بيت السلام" في جنيف، ويعمل فيه حوالي 80 موظفاً من 26 بلداً مختلفاً، ما يجعله مركزاً عالمياً وفريداً للخبرة والمعرفة. وتتمكّن من إنجاز عملنا بفضل المساهمات الأساسية وتمويل المشاريع والدعم العيني من أكثر من 30 حكومة ومنظمة.

ساهمت وزارة الخارجية الألمانية في تمويل هذا الدليل. وتقع مسؤولية الأفكار والآراء والتعليقات المذكورة فيه كلياً على عاتق مؤلفيه، ولا تمثل أو تعكس بالضرورة سياسة برامج المعونة السويسرية أو الألمانية.

تم إعداد هذا الدليل بدعم من قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني، ومؤسسة أبحاث التسليح أثناء الصراعات، والمؤسسة السويسرية لنزع الألغام.

أعدّ هذا الدليل مستشار "مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية" روبرت فريدل، كما أجرت المراجعة الفنية شركة "بريمستون الاستشارية المحدودة".

يحتوي هذا الدليل معلومات أُخذت من مصادر موثوقة وعالية الأهمية. وبُذلت جهود كثيرة بغية إدراج بيانات ومعلومات موثوقة، ولكن لا يتحمّل "مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية" مسؤولية صحة كافة المعلومات أو عواقب استخدامها. حاول المركز تتبّع أصحاب حقوق نشر جميع المواد المستخدمة في هذا الدليل، ويعتذر من أصحاب حقوق النشر في حال تعذّر الحصول على إذن لنشر كتاباتهم. وإذا تبين عدم الاعتراف بأي حق من حقوق النشر كما يجب، يُرجى إعلامنا كتابياً حتى تتمكن من تصحيح هذه الأخطاء في الإصدارات المقبلة.

مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية

دليل الممارسات السليمة لإزالة العبوات الناسفة المبتكرة، مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية، جنيف، 2021

© مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية

إنّ محتوى هذا المنشور وطريقة عرضه والتسميات المستخدمة فيه لا تعبر عن رأي أيّ من المهنيين من جانب "مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية" بشأن الوضع القانوني لأيّ بلد أو إقليم أو فريق مسلّح، أو بشأن ترسيم حدوده أو تخومه. وتبقى المسؤولية الحصرية عن كلّ المحتوى على عاتق "مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية".

الكيمياء الأساسية للمتفجرات  
وأخطار العبوات الناسفة يدوية  
الصنع والمواد الكيميائية السليفة



# المحتويات

8	1. المقدمة
9	1.1. النطاق
10	2. المتفجرات
10	2.1. الاعتبارات العامة المتعلقة بالمتفجرات
10	2.1.1. تصنيف المتفجرات بحسب تركيبها
12	2.1.2. تصنيف المتفجرات بحسب استخداماتها
14	2.2. الاعتبارات المتعلقة بالعبوات الناسفة يدوية الصنع
14	2.2.1. مبادئ العبوات الناسفة يدوية الصنع
14	2.2.2. أخطار العبوات الناسفة يدوية الصنع
15	2.2.3. العوامل المؤثرة على إنتاج العبوات الناسفة يدوية الصنع وأمانها وموثوقيتها وأدائها
17	2.3. اعتبارات مقارنة بين المتفجرات الصناعية والعبوات الناسفة يدوية الصنع
18	2.3.1. التصنيع الصناعي
18	2.3.2. التصنيع المُبتكر
24	3. المبادئ الفيزيائية والكيميائية المتعلقة بخصائص المتفجرات
24	3.1. تصنيف المتفجرات
25	3.1.1. المتفجرات الشديدة الانفجار
29	3.1.2. متفجرات بطينة الانفجار ووقود الدفع
31	3.1.3. المواد النارية
31	3.2. التفاعلات المتفجرة
32	3.2.1. الاحتراق
32	3.2.2. الاشتعال
33	3.2.3. الانفجار
34	3.2.4. الانتقال بين الاحتراق والاشتعال والانفجار
35	3.3. الخصائص الفيزيائية للمتفجرات
35	3.3.1. القوة التدميرية
36	3.3.2. الاستقرار
36	3.3.3. القوة
36	3.3.4. الحساسية والتأثر
40	3.3.5. توازن الأكسجين
41	3.3.6. التجميع
42	3.3.7. الاعتبارات المتعلقة بالخصائص الفيزيائية للمتفجرات اليدوية الصنع

43	4. المواد الكيميائية السليفة
48	4.1. أساسيات المعلمات الفيزيائية
51	4.2. أحماض
62	4.3. المؤكسدات
63	4.3.1. مجموعة من النترات
71	4.3.2. مجموعة من الكلورات
76	4.3.3. مجموعة من البيركلورات
79	4.3.4. المزيد من المؤكسدات
86	4.4. الوقود
88	4.4.1. الوقود السائل
102	4.4.2. الوقود الصلب
111	4.4.3. الوقود المعدني
117	4.5. المواد المضافة والمحفزات
117	4.5.1. المحسسات ومواد الاشتعال
121	4.5.2. المحفّزات والمواد المتفاعلة والمواد الرابطة والمهدئات
144	4.6. تأثيرات التآكل
149	5. العبوات الناسفة يدوية الصنع
151	5.1. العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من الكلورات والبيركلورات
152	5.1.1. العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من كلورات البوتاسيوم
157	5.1.2. العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من كلورات الصوديوم
159	5.1.3. العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من بيركلورات الأمونيوم
161	5.1.4. العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من بيركلورات البوتاسيوم
162	5.2. العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من النترات
162	5.2.1. العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من نترات الأمونيوم
174	5.2.2. العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من نترات أمونيوم الكالسيوم
175	5.2.3. العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من نترات الميثيل
176	5.2.4. العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من نترات اليوريا
181	5.3. العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من البيروكسيد
181	5.3.1. بيروكسيد الهيدروجين المركّز
183	5.3.2. بيروكسيد الأسيتون
185	5.3.3. سداسي ميثيلين ثلاثي بيروكسيد ديامين
186	5.3.4. بيروكسيد ميثيل ايثيل الكيتون
187	5.4. العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من النتروميثان
189	5.5. العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من استر النترات
194	6. التفاعلات المولدة للغاز

196	7. المواد الحارقة المبتكرة
196	7.1. أساسيات المواد الحارقة المبتكرة
197	7.2. التركيبات الحارقة المبتكرة
199	7.3. مشعلات كيميائية مبتكرة
200	8. الناريات المبتكرة
200	8.1. أساسيات الناريات المبتكرة
203	8.2. مؤثرات الضوضاء والضوء
204	8.3. المؤثرات اللونية
205	8.4. المؤثرات الدخانية
206	9. المتفجرات الأولية المبتكرة
206	9.1. أساسيات المتفجرات الأولية المبتكرة
209	9.2. أمثلة على المتفجرات الأولية المبتكرة
215	10. اعتبارات السلامة العامة
215	10.1. قواعد السلامة الأساسية واعتباراتها
215	10.1.1. اعتبارات السلامة
218	10.1.2. الصحة والسلامة في العمل
219	10.2. معدات الوقاية الشخصية والمعدات الآمنة الاستعمال
219	10.2.1. استخدام معدات الوقاية الشخصية والمعدات الآمنة الاستعمال
221	10.2.2. اعتبارات خاصة بمعدات الوقاية الشخصية المحددة
224	10.3. التخزين المؤقت للعبوات الناسفة يدوية الصنع والمواد الكيميائية
224	10.3.1. اعتبارات عامة بشأن التخزين للعبوات الناسفة يدوية الصنع والمواد الكيميائية
227	10.3.2. اعتبارات التخزين ذات الصلة بالمواد الكيميائية
228	10.3.3. الإجراءات البنائية والتقنية والتنظيمية
232	10.3.4. الفصل المكاني
233	10.4. مكافحة الحريق
233	10.4.1. اعتبارات السلامة
234	10.4.2. طفايات الحريق المحمولة
236	11. الخاتمة
238	12. مسرد الاختصارات
240	13. مسرد المصطلحات
244	14. قائمة العبوات الناسفة يدوية الصنع والمواد الكيميائية
246	15. المصادر
248	16. مراجع إضافية

# 1. المقدمة

وتُرق قطاع الأعمال المتعلقة بالألغام بشكل مكثف الاستعمال الواسع الانتشار للعبوات الناسفة المبتكرة خلال العقد الماضي، الذي ترافق مع استعمال العبوات الناسفة يدوية الصنع. ومع أن العبوات الناسفة المبتكرة لا تحوي جميعها عناصر من المتفجرات اليدوية الصنع، أدت وتيرة استعمالها والتحديات التشغيلية المتعلقة بالعبوات الناسفة يدوية الصنع وسلانها الكيميائية إلى بروز الحاجة إلى توثيق الممارسة السليمة لهذه الفئة من المتفجرات الأقل شهرة.

ولا شك في أهمية معالجة موضوع العبوات الناسفة يدوية الصنع، فهي تشكل خطراً على حياة الإنسان وعلى البيئة. كذلك، قد يتعرّض موظفو الأعمال المتعلقة بالألغام لخطر إيجاد عبوات ناسفة يدوية الصنع في البلدان المتضررة، سواء في العبوات الناسفة المبتكرة أو في أماكن التصنيع أو التخزين المهجورة أو على شكل مخزونات احتياطية من المواد الكيميائية السليفة المستخدمة في عدد من الصناعات. وأدت حدة الآثار المترتبة على العبوات الناسفة يدوية الصنع، فضلاً عن الاحتمالية العالية لإيجادها في أماكن محدّدة، إلى اتخاذ قرار بتطوير دليل يركّز على المتفجرات.

نظراً لمخاطر إيجاد المتفجرات اليدوية الصنع والتفاعل معها التي يتعرّض لها هؤلاء الأفراد، أعد "مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية" الفصل الخامس من دليل الممارسات السليمة لإزالة العبوات الناسفة المبتكرة بهدف تعزيز سلامة موظفي الأعمال المتعلقة بالألغام أولاً، وضمان تعامل برامج الأعمال المتعلقة بالألغام بفعالية مع هذا الخطر بالتحديد بغية حماية المجتمعات من آثاره. لذا، يشكل هذا الدليل جزءاً لا يتجزأ من المعرفة المرتبطة بالأعمال المتعلقة بالألغام الضرورية لإجراء أنشطة البحث عن العبوات الناسفة المبتكرة والتخلص منها ضمن عملية التطهير من العبوات الناسفة المبتكرة في الأماكن ذات الصلة.

حقّقنا أهداف هذا الفصل من خلال تقديم معلومات تقنية حول العبوات الناسفة يدوية الصنع بغية تعزيز فهم هذه المواد، بما يشمل المواد الأولية التي تُكوّن العبوات الناسفة يدوية الصنع، والقدرة على تحديد وجودها، والخصائص الفيزيائية والكيميائية لهذه المتفجرات، وقدرتها على توليد أخطار غير متفجرة، كالتسمم، وإجراءات السلامة التي ينبغي أن يتبناها موظفو الأعمال المتعلقة بالألغام الذين يُرجّح أن يصادفوا عبوات ناسفة يدوية الصنع (كمعدات الوقاية الشخصية).

وبهدف تعزيز المعرفة المرتبطة بالعبوات الناسفة يدوية الصنع والمواد الكيميائية السليفة في قطاع الأعمال المتعلقة بالألغام، يقدّم هذا المنشور معلومات عن مجموعة واسعة من العبوات الناسفة يدوية الصنع التي قد يتم إيجادها في سياق تنفيذ العمليات، وعن التركيبات الكيميائية المستخدمة في سلسلة تفجيرها. وعدا عن مناقشة المجموعات الشائعة من العبوات الناسفة يدوية الصنع (كالكلورات والبيروكلورات والنيترات والبيروكسيدات)، عُرضت أيضاً معلومات أساسية حول الخلطات الأقل شيوعاً، والمواد النارية المبتكرة، والتراكيب الحارقة المبتكرة، والمتفجرات الأولية المبتكرة.

لا يشكل هذا الفصل منشوراً بحثياً ولا دليلاً تقنياً شاملاً، بل يهدف إلى تقديم محتوى مكثف بتصميم سهل القراءة. وأضيفت الوسائل البصرية وصور التركيبات الكيميائية في مختلف أنحاء هذا الفصل لتعزيز عملية التعلّم. كذلك، تم اختيار المحتوى على نحو يوفّر معرفة عملية لممارسي الأعمال المتعلقة بالألغام بناءً على المخاطر المرتبطة بالعبوات الناسفة يدوية الصنع الأكثر شيوعاً التي قد تواجههم. وتشكل المعلومات النظرية حول الكيمياء الأساسية للمتفجرات والمواد الكيميائية السليفة أساس هذا الدليل. مع ذلك، فقد تمّ تجنب المعلومات العلمية المفصلة كالمعادلات والصيغ المعقّدة، كما تمّ تبسيط التعريفات والاشتقاقات بغية تقديم المعلومات الأساسية فحسب للمستخدمين النهائيين.

نأمل أن تشكّل المعارف التقنية المتوفرة في هذا الفصل مرجعاً يفيد موظفي الأعمال المتعلقة بالألغام في سياق العمليات ويمكنهم من تلبية احتياجاتهم الأساسية في ما يخصّ تحديد السلوكيات الكيميائية والتهديدات الناجمة عن الأخطار غير المرتبطة بالمتفجرات وتقييمها. وفي الوقت نفسه، تشكّل المعلومات التقنية الموثوقة والتي يسهل الوصول إليها الأساس لأعلى جودة من المعايير الوطنية والإجراءات التشغيلية وتوثيق السياسات. لذلك، نأمل أيضاً أن يؤدي هذا الفصل دوراً فاعلاً في تطوير أطر عمل برامج الأعمال المتعلقة بالألغام في مجال العبوات الناسفة المبتكرة.

<sup>1</sup> يعود سبب الارتفاع الإجمالي المستمرّ والمسجّل منذ 2014 غالباً إلى العدد الكبير للضحايا المسجّل في البلاد التي تشهد نزاعاً مسلحاً مكثفاً يشمل استعمالاً واسع النطاق للألغام المبتكرة (مرصد الألغام الأرضية "Landmine Monitor" 2020، <http://the-monitor.org/media/3168934/LM2020.pdf>). وفي حين أن الحكومات قد توقّفت تقريباً عن استخدام الألغام، تستمرّ المجموعات المسلحة غير الحكومية في استخدام كميات كبيرة من الألغام المضادة للأفراد، لا سيّما تلك المبتكرة، وخاصة في أفغانستان وكولومبيا ونيجيريا واليمن وعدة دول في الساحل الأفريقي وغيرها. (تقرير التطهير من الألغام 2021، موقع ماين أكشن ريفيو (Mineactionreview)، [https://www.mineactionreview.org/assets/downloads/3644\\_NPA\\_Clearing\\_the\\_Mines\\_2021.pdf](https://www.mineactionreview.org/assets/downloads/3644_NPA_Clearing_the_Mines_2021.pdf))



## 1.1 النطاق

خُصِّصَ الفصل الخامس من دليل الممارسات السليمة لإزالة العيوب النافسة المبتكرة، المُعَنَوَن – الكيمياء الأساسية للمتفجرات وأخطار العيوب النافسة يدوية الصنع والمواد الكيميائية السليفة – لموظفي الأعمال المتعلقة بالألغام المدربين وفقاً للمعايير الدولية للأعمال المتعلقة بالألغام للتخلص من العيوب النافسة (IMAS 09.31) وتطهير المباني (IMAS 09.13). وينبغي أن يُفيد هذا الفصل مشغلي التخلص من العيوب النافسة المبتكرة لأغراض إنسانية فضلاً عن موظفي الأعمال المتعلقة بالألغام المنخرطين في التخطيط لعمليات التطهير من العيوب النافسة المبتكرة وتنفيذها ومراقبتها ومتابعتها.

كذلك، ينبغي على هذا المنشور أن يُطلع العاملين في مجال الإغاثة الإنسانية وأول المستجيبين الإنسانيين وممارسي التوعية بمخاطر الذخائر والمتفجرات على آخر التطورات المرتبطة بالمنهجيات والطرق والأدوات الخاصة بالبيئات التي تتواجد فيها العيوب النافسة يدوية الصنع والمواد الكيميائية السليفة.

في هذا المنشور، تُقدّم المصطلحات والتعريفات بشكل يسمح لمنظمات الأعمال المتعلقة بالألغام باستخدامها والوصول إليها بسهولة يومياً. وينبغي على القارئ أن يدرك أن الأرقام المذكورة في هذا الفصل حول الخصائص الفيزيائية والكيميائية هي حصيلة تجارب مخبرية توافرت فيها الشروط التجريبية للقياسات. وتحت هذه الظروف، تكون المؤشرات مثل نسبة الوقود أو حجم الجسيمات معروفة. أما على أرض الواقع، فتكون هذه المتغيرات مجهولة، بما في ذلك تدهور التركيبة بفعل مرور الزمن، لذلك، قد تختلف الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعيوب النافسة يدوية الصنع بشكل بارز.

لا يُقدّم هذا الفصل توجيهات مفصلة حول عملية إنتاج العيوب النافسة يدوية الصنع، أو نزع حساسيتها<sup>2</sup>، أو إجراءات التخلص منها.

### إخلاء مسؤولية

وُزِعَ هذا المنشور للاستخدام من قبل مجتمع الأعمال المتعلقة بالألغام، وهو يتوافق مع سلسلة المعايير الدولية للأعمال المتعلقة بالألغام (IMAS). ويمكن تعديله من دون إنذار مسبق، لكن لا ينبغي اعتباره معياراً دولياً.

يُرجى من متلقي هذا المستند تقديم إشعار بأي براءات اختراع ذات صلة يعلمون بوجودها وتوفير الوثائق الداعمة لذلك، كما يُرجى إرسال تعليقاتهم عبر البريد الإلكتروني [info@gichd.org](mailto:info@gichd.org).

تمّ تجميع محتوى هذا المنشور من معلومات مفتوحة المصدر، كما تمّ تقييمه للتأكد من دقته ومصداقيته قدر الإمكان. ونظراً للطابع المبتكر الذي تتمتع به العيوب النافسة يدوية الصنع، ستتغير دانماً معاييرها. وكذلك الأمر بالنسبة إلى خصائص المتفجرات المبتكرة التي يصعب تحديد أرقام ثابتة لها. لذا، ينبغي على المستخدمين أن يلتفتوا إلى هذا الموضوع عند استخدام المعلومات الواردة في هذا المنشور وأن يتذكروا أن هذا الأخير ليس توجيهاً رسمياً بل هو مجرد مستند استشاري.

لم يُخصّص هذا المنشور لاستبدال التدريب المتوافق مع المعايير الدولية للأعمال المتعلقة بالألغام، ولا لـ "تعديل" نطاق المؤهلات أو "توسيعه". وقد تبرز الحاجة إلى الاستعانة بموظفين مدربين تدريباً خاصاً عند التعامل مع المواد الكيميائية والعيوب النافسة يدوية الصنع.

لا ينبغي استعمال هذا المنشور لإنتاج العيوب النافسة يدوية الصنع. فهو لا يُقدّم سوى معلومات يحتاجها قطاع الأعمال المتعلقة بالألغام لتعزيز السلامة عند التعامل مع العيوب النافسة يدوية الصنع أو المواد الكيميائية. ولم تُذكر المعلومات الخاصة بالإنتاج (كالصيغ ونسب المكونات) عمداً.

لا يُستبدل هذا المنشور الأنظمة المحددة من قبل المعايير والقوانين الوطنية.

<sup>2</sup> المادة الخافضة للحساسية هي مادة تضاف إلى المتفجرات لتعزيز السلامة أثناء حملها ونقلها.

# 2. المتفجرات

يقدم هذا القسم لمحةً عامةً عن المتفجرات الصناعية وتلك المبتكرة. فيعرض المفاهيم الأساسية ويُشدد على الفوارق بين المتفجرات الصناعية وتلك اليدوية الصنع على صعيد الأخطار. ويقدم فهم محتوى هذا القسم، إضافة إلى المعرفة الأساسية للمواد الكيميائية الواردة في القسم الثالث من هذا الفصل، أساساً صلباً للمعلومات المعروضة في هذا الدليل.

## 2.1 الاعتبارات العامة المتعلقة بالمتفجرات

### 2.1.1 تصنيف المتفجرات بحسب تركيبها

المتفجرة هي مادة أو مزيج من المواد التي تكون، تحت تأثيرات خارجية، قادرة على أن تُطلق، بسرعة، طاقة على شكل غازات وحرارة<sup>3</sup>.

**ملحوظة.** الانفجار هو إطلاق مفاجئ للطاقة يوحد تأثيراً عاصفاً مع احتمال قذف شظايا. ويشمل مصطلح "انفجار" الاشتعال السريع والتفجير والإشعال<sup>4</sup>.

يحدث انفجار داخل مادة متفجرة إذا تم تحفيزها بطريقة معينة. وقد يتم هذا التحفيز عن طريق الاصطدام والاحتكاك أو الحرارة<sup>5</sup> أو الصدمة أو الحرارة. كذلك، قد تحدث الانفجارات عن طريق الخطأ، مثلاً، عندما يختلط غبار الفحم أو بخار البترول مع الهواء ويشعله مصدر حرارة خارجي.

**المركبات المتفجرة (المتجانسة)** هي مواد تحتوي جزيئاتها على المؤكسد والوقود الضروريين لعملية الانفجار، وتتألف من مادتين كيميائيتين سلفيتين على الأقل. أثناء عملية التصنيع، يؤدي التفاعل الكيميائي بين المواد الأولية إلى نشوء روابط كيميائية تتحد لتشكّل مركباً متجانساً جديداً لا يمكن تفكيكه مجدداً بوسائل ميكانيكية (مثلاً، عبر غربلته أو تذويبه في الماء). وتشمل الأمثلة الشائعة على المتفجرات المنتجة صناعياً التي تستوفي هذه المتطلبات على المستوى الجزيئي ثالث نترت (TNT) أو الهيكسوجين (RDX). أما الأمثلة الشائعة على العبوات النافسة يدوية الصنع التي هي عبارة عن مركبات فتشمل بيروكسيد الأسيتون (TATP) أو سداسي ميثيلين تريبروكسيد ديامين (HMTD).



الصورة 2. مثال على مركب متفجر متجانس: ثالث نترت التولوين (TNT) (مُسْتَعْمَل هنا كحشوة للقذائف المدفعية) (المصدر: مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية © GICHD)

<sup>3</sup> المبادئ التوجيهية للتقنية الدولية بشأن الذخيرة 1.40 (IATG)، النسخة الثالثة، آذار/مارس 2021

<sup>4</sup> المبادئ التوجيهية للتقنية الدولية بشأن الذخيرة 1.40 (IATG)، النسخة الثالثة، آذار/مارس 2021

<sup>5</sup> تُعدّ الشرارات الكهربائية مصدر إشعال شديد السخونة وسريع المفعول.

<sup>6</sup> المركبات متجانسة، ما يعني أن المواد الكيميائية السليفة مترابطة على المستوى الذري. مثلاً، الماء (H<sub>2</sub>O) هو مركب متجانس مؤلف من الهيدروجين (H) والأكسجين (O).

تتكوّن **خلطات المواد ذات الخصائص المتفجرة** من مادّتين على الأقل، هما **المؤكسيد والوقود**. وقد تختلف الحالة الإجمالية لمكوّنات كل مادة و/أو قد يتألف كل منها من مواد مختلفة. ومن الضروري توافر كلّ من **المؤكسيد والوقود** لحدوث عملية الانفجار. في حالة الخليط، لا تتشكل المواد الكيميائية السليفة المستخدمة مركباً كيميائياً، ويمكن فصلها عن بعضها مجدداً بوسائل ميكانيكية. وعدا عن الاستثناءات، فالمؤكسيدات وأنواع الوقود القياسية المستخدمة في خلطات العبوات الناسفة يدوية الصنع ليست مواد متفجرة. وتشمل الخلطات المتفجرة الشائعة البارود الأسود أو الخلطات الوميضية<sup>7</sup>، أما خلطات العبوات الناسفة يدوية الصنع فتشمل نترات الأمونيوم والألومنيوم (ANAL)، أو نترات اليوريا وزيت الوقود.



الصورة 3. البارود الأسود (المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

**ملحوظة.** تعتمد كيمياء المتفجرات على انتقال إلكترون واحد أو عدة إلكترونات من ذرّة إلى أخرى. فتخضع الذرّة التي تخسر الإلكترونات لعملية "أكسدة"، بينما تخضع تلك التي تكسب الإلكترونات لعملية "اختزال". المؤكسيد هو مادة أو مركب يعاني نقصاً في الإلكترونات ويُعدّ مصدراً للأوكسجين. ومن الضروري توافر الأوكسجين داخل مركب متفجر أو مادة متفجرة لإتمام عملية الانفجار. ومع أخذ هذا الشرط بعين الاعتبار، لا داعي لتوافر الأوكسجين في الجو من أجل تفجير المتفجرة (ما عدا بعض الاستثناءات، كالانفجارات الغبارية أو الانفجارات الوقودية الهوائية مثلاً). وتشمل المؤكسيدات الصلبة النترات والكلورات والبيركلورات.

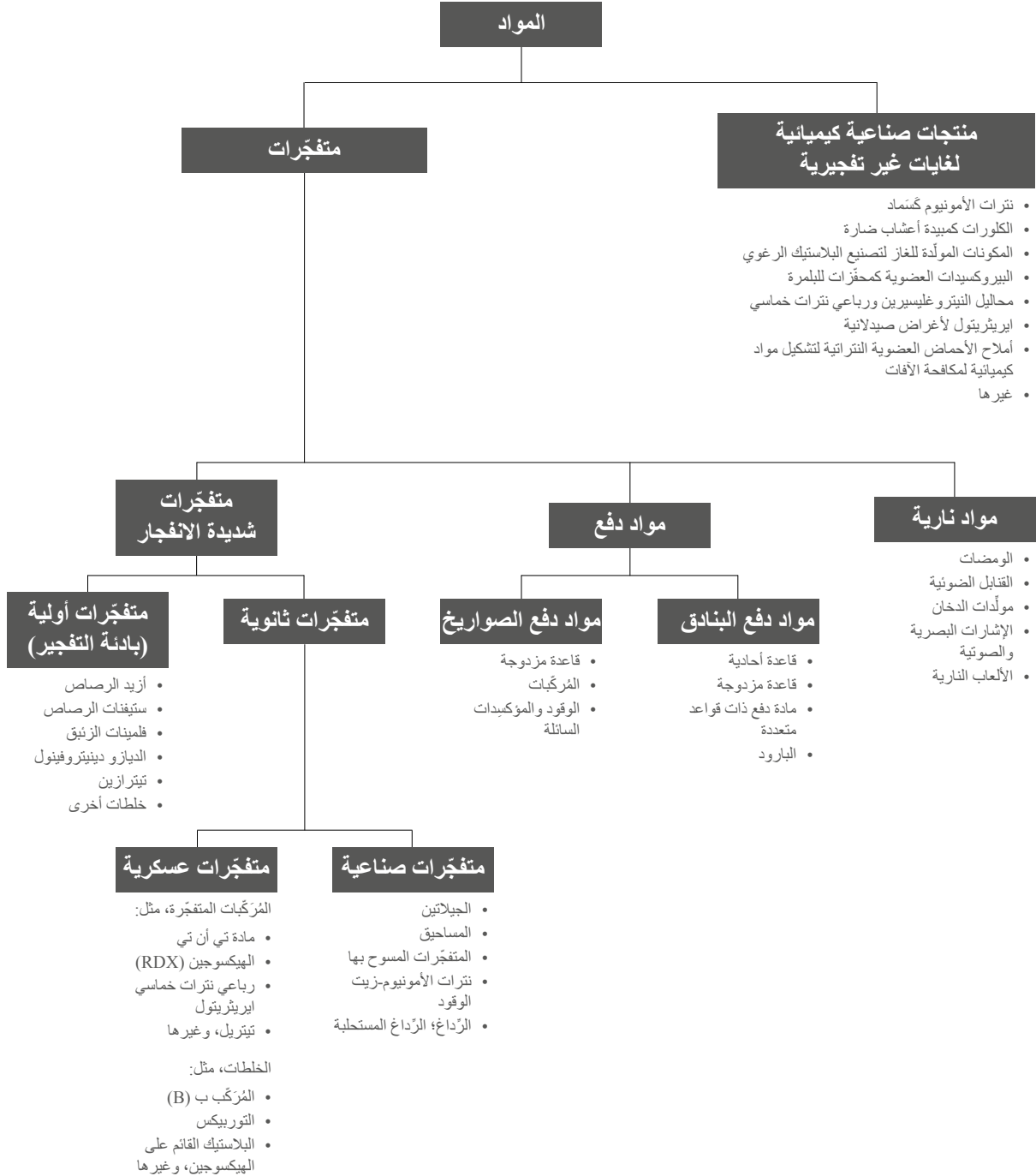
الوقود هو مادة أو مركب غنيّ بالإلكترونات ويؤدي دور العنصر الكيميائي المختزل داخل المتفجرة. وفي ما يخص العبوات الناسفة يدوية الصنع، تحتوي أنواع الوقود الشائعة على الكربون أو الهيدروجين أو النيتروجين (أو على مركبات كيميائية تحوي هذه العناصر) أو على معادن كالألومنيوم أو الزنك أو المغنيسيوم، وهي التي تمنح الإلكترونات أثناء تفاعل الأكسدة-الاختزال.

**تحذير.** على الرغم من عدم تصنيف المواد الكيميائية السليفة على أنها متفجرات، فقد تشكل عدة أخطار أخرى كقابلية الاشتعال أو التآكل أو السميّة.

<sup>7</sup> الفرغ المومي هو خليط من مؤكسيد ووقود (معدي) يحترق بشكل سريع ولامع، وينتج، إذا خُصر، ضوضاء عالية.

## 2.1.2 تصنيف المتفجرات بحسب استخداماتها

بعيداً عن الخصائص الكيميائية، تُصنّف المتفجرات بحسب استخداماتها بين متفجرات مستخدمة صناعياً ومتفجرات عسكرية. كذلك، تُقسّم إلى فئات فرعية بحسب استخداماتها، فتكون إما متفجرات أولية، أو متفجرات ثانوية، أو مواد دفع، أو مواد نارية. وسوف تُرد تعريفات وشروحات أكثر عن ذلك في القسم الفرعي 3.1 من هذا الفصل. ويقدم الجدول 1 أدناه لمحة عامة عن مختلف المتفجرات واستخداماتها.



الجدول 1. المتفجرات واستخداماتها<sup>8</sup> (المصدر: شركة KGaA وWiley-VCH Verlag GmbH & Co.)

<sup>8</sup> رودولف ميير، جوزيف كوهلر، أكسل هومبرغ، المتفجرات. الإصدار السادس. (وينهايم، ألمانيا: شركة KGaA وWiley-VCH Verlag GmbH & Co.) 2007. 134.

تُصمَّم المتفجرات المستخدمة صناعياً وتنتج لاستخدامات تجارية. ومن الأمثلة على ذلك متفجرات التعدين الجيلاتينية المستخدمة في مقالع الحجارة، أو الخلطات النارية المستخدمة في الوسائد الهوائية أو الألعاب النارية. وقد تُستخدم المتفجرات أيضاً لغايات غير تفجيرية، مثل استخدام الكلورات في المبيدات الحشرية، أو استخدام نترات الأمونيوم في الأسمدة، أو استخدام النيتروغليسرين في الطب كموسع للأوعية الدموية<sup>9</sup>.

تُصمَّم المتفجرات العسكرية وتنتج لغايات عسكرية. فيتم تكييف أدائها للحصول على التأثير المراد في ما يخص هدفاً ما، وقد يتم نشرها بواسطة ذخيرة أو نظام توصيل. وقد يشمل الأداء:

- توليد سرعة تفجير عالية تُستخدم، مثلاً، لدفع البطانات المعدنية لتشكيل شحنات مُشكَّلة؛
- إنتاج كمية كبيرة من الغاز تُستخدم، مثلاً، في الرؤوس الحربية للطوربيدات، أو قذائف الأعماق، أو الألغام البحرية؛ أو
- تحديد معدّل احتراق ثابت ومتوقَّع يترافق مع مقاومة عالية للحرارة، ويُستخدم، مثلاً، في مواد دفع الصواريخ.



الصورة 4. مثال عن متفجرة عسكرية: مخلفات رأس حربيّ لطوربيد مُعبأ بالتوربيكس (هيكسوجين، وثالث نترت التولوين (TNT)، ومسحوق الألومنيوم، وشمع) (المصدر: مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية ©)

كلا نوعي المتفجرات، المستخدمة صناعياً والعسكرية، مُؤخَّدان دولياً و/أو وطنياً. فتنبع عملية تصنيعها البروتوكولات والإجراءات المعمول بها، كما تتم مراقبة إنتاجها باستمرار من قِبَل موظفين مؤهلين وبواسطة طُرُق مُوحَّدة. ويضمن ذلك ثبات آثارها التفجيرية الخاصة كيفما استُخدمت. وبشكل عام، ينطبق ذلك على مُجمَل أدائها طوال فترة صلاحيتها.

<sup>9</sup> مُوسَّعات الأوعية الدموية هي أدوية تساعد على فتح (توسيع) الأوعية الدموية.

## 2.2 الاعتبارات المتعلقة بالعبوات الناسفة يدوية الصنع

### 2.2.1 مبادئ العبوات الناسفة يدوية الصنع

غالباً ما تتكوّن العبوات الناسفة يدوية الصنع من خليط من الوقود والمؤكسدات المتاحة تجارياً، أو من بعض المركبات المتجانسة أحياناً. وعادةً ما تكون العبوات الناسفة يدوية الصنع في حالة صلبة أو سائلة، لكن قد تُنقل أحياناً بواسطة نظام ثنائي الطور يسمح بالخلط السريع قبل الاستخدام. وكما هو الحال مع معظم المتفجرات العسكرية والمستخدمة صناعياً، يتواجد الأوكسجين الضروري لتفجير المتفجرة اليدوية الصنع داخل الخليط أو المركب نفسه. وهذا يعني أن العبوات الناسفة يدوية الصنع تتمتع بدرجة عالية من الاكتفاء الذاتي من الأوكسجين، الأمر الذي يميزها بوضوح عن سائر المواد القابلة للاشتعال التي تعتمد على الأوكسجين المتوافر في الغلاف الجوي. وبما أن إنتاج العبوات الناسفة يدوية الصنع لا يتبع عملية التصنيع الدقيقة نفسها التي تخضع لها المتفجرات المستخدمة صناعياً أو تلك العسكرية، فمن المستحيل ضمان جودة أداؤها وموثوقيتها وأمانها.



**ملحوظة.** يُعرّف "قاموس المصطلحات والتعريفات والاختصارات للأعمال المتعلقة بالألغام" التابع للمعايير الدولية للأعمال المتعلقة بالألغام 04.10 العبوات الناسفة يدوية الصنع على أنها "مزيج من المكونات المتاحة تجارياً لخلق مادة متفجرة".

يُعرّف معجم العبوات الناسفة المبتكرة الصادر عن دائرة الأمم المتحدة للأعمال المتعلقة بالألغام UNMAS العبوات الناسفة اليدوية الصنع على أنها مركبات / خلطات متفجرات غير عادية تم إعدادها حسب وصفات / تركيبات معينة من مكونات متوفرة. وعادةً ما تُستعمل عند عدم توافر المتفجرات التجارية / العسكرية".

### 2.2.2 أخطار العبوات الناسفة يدوية الصنع

غالباً ما تستخدم الصحافة ووسائل الإعلام مصطلح "العبوات الناسفة يدوية الصنع" في التقارير التي تشير إلى اكتشاف شحنات رئيسية أو مفجرات مبتكرة تحوي عبوات ناسفة يدوية الصنع تُستعمل في العبوات الناسفة المبتكرة.



الصورة 5: مثال عن شحنات رئيسية مختلفة مُعبأة بعبوات ناسفة يدوية الصنع (المصدر: المؤسسة السويسرية لنزع الألغام ©)

ومع ذلك، فإن التركيز على هذا الاستخدام يحدّ من القدرة على إدراك الأخطار المرتبطة بالعبوات الناسفة يدوية الصنع. فهي لا تُستخدم في المتفجرات الأولية أو الثانوية فحسب، بل أيضاً في مواد الدفّع والمركبات الحارقة أو النارية. وعدا عن استعمال العبوات الناسفة يدوية الصنع والمواد الكيميائية السليفة المتفجرة في العبوات الناسفة المبتكرة، فقد عُثر عليها أيضاً في:

- مرافق التخزين المهجورة؛
- مرافق التصنيع المهجورة؛
- وسائل النقل؛
- مخلفات تصنيع العبوات الناسفة يدوية الصنع.

### 2.2.3 العوامل المؤثرة على إنتاج العبوات الناسفة يدوية الصنع وأمانها وموثوقيتها وأدائها

في مجال تصميم المتفجرات العسكرية أو التجارية وتصنيعها، يعتمد اختيار المكونات بشكل رئيسي على الفعالية التي يتطلّبها المستخدم لكامل فترة صلاحية المنتج. ويحكم هذه الفعالية مزيج متوازن من الأمان والموثوقية (القدرة على العمل بالشكل المطلوب) والأداء. وتُرد تفسيرات هذه الصفات الثلاثة أدناه. في حال تعذّر ضمان الأمان والموثوقية أو تحقيق الأداء الأمثل، تجري عندئذ مقايضات منطقية. ويتم استبعاد مجموعة واسعة من المتفجرات من خزانة المتفجرات المفيدة في الاستخدامات التفجيرية العسكرية أو التجارية لأن المقايضات غير مقبولة، إمّا، مثلاً، بسبب قلة استقرار المتفجرة، وإما بسبب اعتبارها غير آمنة نتيجة حساسيتها العالية تجاه الشحنات الخارجية. واتضح/يُتضح أن بعض المتفجرات التي استبعدتها المستخدمين العسكريون والتجاربيون هي عبوات ناسفة يدوية الصنع.

**ملحوظة.** يُعدّ تريباروكسيد الترياسيتون (TATP) مثلاً عن متفجرة استُبعدت من الاستخدام الصناعي بسبب قابلية تساميتها وحساسيتها العالية للاحتكاك (مقارنة بمتفجرات (أولية) أخرى). ويستخدم بعض المصنّعين (غير القانونيين) مرادفاً شائعاً لتريباروكسيد الترياسيتون هو "أم الشيطان"، في إشارة إلى حساسيته وعدم استقراره (المدمر). كذلك، يُعدّ خليط كلورات البوتاسيوم وشمع البرافين، الذي عُرف بـ "شديت" في أوائل القرن العشرين، مثلاً عن متفجرة عسكرية فاقتها مركبات أخرى قوة في تطوير القذائف المدفعية.

حين تتوافر الذخائر والمتفجرات العسكرية، يُفضّل دوماً استخدامها في تصميم العبوات الناسفة المبتكرة وتصنيعها، وذلك بسبب ضمان أمانها وموثوقيتها وأدائها. فلا حاجة للمعالجة الكيميائية، ولا للمعرفة الخاصة، ولا للمعدات اللازمة لتصنيع العبوات الناسفة يدوية الصنع. مع ذلك، فقد شهد القرن الحادي والعشرون تقدماً كبيراً على صعيد أمن المخزونات، ومبادرات إزالة الألغام للأغراض الإنسانية، وإيقاف المجتمع الدولي لسلاسل التوريد، ما أدى إلى الاستخدام المتزايد للعبوات الناسفة يدوية الصنع. وتكثر الخيارات المتوافرة للوقود والمؤكسيدات، ونظراً لاستخدام العديد من المواد السليفة لأغراض مشروع، قد لا يتم تصنيفها على أنها متفجرة أو حارقة، لذا يصعب بشدة ضبط الشرطة الدولية لها. لكن عند جمعها أو معالجتها أو تصنيعها، فيزيائياً أو كيميائياً، مع مواد سليفة أخرى، فقد تثير فوضى كبيرة.

غالباً ما يترافق تصميم العبوات الناسفة يدوية الصنع وتصنيعها واستخدامها مع إجراءات كيميائية غير آمنة ومعقدة أحياناً. وقد استُبعدت مواد متفجرة عديدة تُستخدم كعبوات ناسفة يدوية الصنع من الأعمال العسكرية أو التجارية لأن أداءها لا يقترن بالأمان والموثوقية. لذلك، لا يُعدّ تصنيع العبوات الناسفة يدوية الصنع خياراً بسيطاً أو موثقاً. ويعود ذلك إلى عدة أسباب منها:

- قد تبرز الحاجة إلى استخدام أحماض وقواعد قوية، وهي مواد كيميائية سامة ومُسببة للتآكل أصلاً، من أجل تصنيع المحفّزات أو المتفاعلات أو تخليقها أو تأدية دورها؛
- قد يصعب التحكم بالمركبات الوسيطة أثناء عملية الإنتاج من دون معدّات خاصة وموثوقة، ما قد يؤدي إلى تفاعلات عنيفة، أو اشتعال ذاتي، أو حتى تفجير ذاتي؛
- قد يزيد وجود شوائب كيميائية في معدات التصنيع من حساسية المنتج المتفجّر؛

- توافر المواد الكيميائية السليفة نفسها: قد تمتلك المنتجات الرخيصة الثمن نسبة نقاء أدنى من غيرها (ما قد يتطلب معالجة كميات أكبر أو اعتماد خطوة معالجة إضافية، إذ إن نسبة النقاء المتدنية قد تؤثر على موثوقية المنتج وأدائه)، أو قد يتوافر الوقود والمؤكسد بكميات غير كافية لإنشاء خليط مثالي؛
- الخصائص الفيزيائية للمواد الكيميائية السليفة نفسها – مثلاً، قد يؤدي كل من حجم الجسيمات، والنقاء، والتغير في السحنة البلورية إلى خلطات غير مستقرة بشكل كبير (في وقت التصنيع أو مع مرور الزمن) وقد تنفجر عن غير قصد بفعل الحرارة أو الاحتكاك أو الكهرباء الساكنة أو الصدمة أو الاصطدام.

قد يؤدي افتراض أن المتفجرات المبتكرة تتمتع بالخصائص الفيزيائية نفسها التي تتمتع بها نظيراتها الموحدة والمُنتجة صناعياً إلى آثار مميّنة على موظفي الأعمال المتعلقة بالألغام أو على أول المستجيبين. على سبيل المثال، يتكوّن البارود الأسود من خليط كثيف من مُؤكسد نترات البوتاسيوم (75% من الوزن) ووقود الفحم (15%) ووقود الكبريت (10%)، وهذه الكميات منشورة في مواد مفتوحة المصدر ومتاحة للجميع. وقد يؤثر أي اختلاف في كميات المواد البادئة، أو حجم الجسيمات، أو النقاء، أو مدة الخلط، أو الرطوبة، أو نوع الخشب المستخدم لإعداد الفحم، على أمان البارود الأسود وموثوقيته وأدائه. ومع أن هذه الانحرافات بالكاد مرئية، فقد تُشكل، في أسوأ الحالات، مخاطر إضافية مثل الحساسية المتزايدة تجاه الاحتكاك والحرارة. لذا يمكن هدف هذا المثال في توضيح مدى صعوبة تقييم أمان العبوات الناسفة يدوية الصنع وموثوقيتها وأدائها، بمجرد مقارنتها البسيطة مع مُنتج تجاري. وعدا عن خطر الانفجار، ينبغي أخذ المخاطر الصحية الجسيمة بعين الاعتبار عند التعامل مع العبوات الناسفة يدوية الصنع وموادها الكيميائية السليفة.

**ملحوظة.** تؤثر موارد مُصنّع العبوات الناسفة يدوية الصنع وقدراته ومعارفه على جودة العبوات الناسفة يدوية الصنع وخصائصها الفيزيائية. لذا، قد تختلف العبوات الناسفة يدوية الصنع بشكل كبير عن نظيراتها المُنْتِجة صناعياً.



الصورة 6: شحنات رئيسية معبأة بعبوات ناسفة يدوية الصنع ذات جودة وحساسية مجهولتين تشكل خطراً تفجيرية وغير تفجيرية (المصدر: المؤسسة السويسرية لنزع الألغام ©)

يُرد تصنيف المتفجرات بحسب استخداماتها في الجدول 1 في القسم الفرعي 2.1.2 أعلاه، ويُستعمل هذا التصنيف في كامل هذا المنشور. ويعتمد النظام المستخدم لتصنيف العبوات الناسفة يدوية الصنع، حيث أمكن، على مُؤكسداتها، إذ إنها متغير مهم يؤثر على الخصائص الفيزيائية للعبوات ناسفة يدوية الصنع.



## 2.3 اعتبارات مقارنة بين المتفجرات الصناعية والعبوات الناسفة يدوية الصنع

تنتج كإلا المتفجرات الصناعية وتلك اليدوية الصنع لكي تُستخدم كمواد متفجرة.

في ما يخص العبوات الناسفة يدوية الصنع، يمكن ملاحظة طريقتين للإنتاج:

- تقليد طرق؛

- إنتاج متفجرة مبتكرة بواسطة الوقود والمؤكسد المتأخين.

تُبين الصور الثلاثة أدناه المظهر المحتمل لمادة ثالث نترتيت التولوين (تي أن تي) الصناعية مقارنةً بمظهر تلك اليدوية الصنع.



الصورة 7. مادة تي أن تي الصناعية (المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)



الصورة 8. مادة تي أن تي الصناعية (المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)



الصورة 9. مادة تي أن تي اليدوية الصنع (المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

### 2.3.1 التصنيع الصناعي

تُنْتَج المتفجرات الصناعية، مهما كانت استخداماتها في القطاعين التجاري والعسكري، من قِبَل علماء كيمياء ومهندسين ذوي خبرة. ويتم توحيد المنتجات فضلاً عن طرق تصنيعها. وتبقى العوامل التالية ثابتة أثناء عملية التصنيع:

- نسبة المكونات؛
- درجة خلط المواد الأولية ونقاؤها وكسرها الحجمي؛
- كثافة المتفجرة المنتجة؛
- حجم الجسيمات؛
- شكل الجسيمات (أو السحنة البلورية)؛
- المواد المضافة لتعزيز استقرار المتفجرات ونزع حساسيتها، مثلاً.

ويجري الإنتاج الآلي تحت شروط نظافة صناعية صارمة، بحيث يصبح من المُستبعد التلوث بمواد أخرى (ما يؤدي إلى آثار خطيرة كندهور حالة المواد، مثلاً). وتُتَبَع هذه الإجراءات لأسباب متعلقة بالسلامة والاقتصاد، وبغية ضمان جودة المنتج وأدائه طوال فترة صلاحيته.

### 2.3.2 التصنيع المُبتكر

تُنْتَج معظم العبوات الناسفة يدوية الصنع محلياً من قِبَل مجموعات أو أفراد يفتقرون إجمالاً إلى التدريب اللازم لإجراء هذه العملية مقارنةً بمعايير التصنيع المتبعة في المصانع. فهم يعرفون "الكيفية" (عملية التصنيع نفسها) و"الأسباب" (كالحاجة إلى اتباع خطوات التصنيع بالترتيب) من خلال تصفح شبكة الإنترنت أو الحصول على التدريب والكتيبات والأدلة التنظيمية (مثل "كُتُب الطهو")، لكنهم يفتقرون إلى الوعي ("الماهية") المرتبط بالمخاطر المترتبة على عملية الإنتاج أو المنتج النهائي. ويمتلكون معلومات محدودة عن تخفيف الخطر، وإجراءات التصنيع وتنفيذها مقارنةً بالمعايير الصناعية، ما يسلب الضوء على كون هذه المركبات والخلطات "مبتكرة"، وبالتالي غير متوقَّعة. على الرغم من ذلك، ثمة حالات استثنائية قام فيها أفراد مدربون تدريباً عالياً بإنتاج عبوات ناسفة مبتكرة متطورة مع مراعاة إجراءات تخفيف الخطر، لكن لا ينبغي اعتماد هذه الاستثناءات كمعيار عند التعامل مع العبوات الناسفة يدوية الصنع.

ويعتمد اختيار العبوات الناسفة يدوية الصنع على الموارد المُتاحة ضمن سلسلة التوريد، والمعرفة والقدرة التنظيميتين، والغاية المُحددة من المتفجرة المبتكرة (ما إذا ينبغي إعداد مُركَّب / خليط متفجّر أو حارق أو ناري).



الصورة 10. مواد كيميائية سليفة في ظروف ميدانية (المصدر: مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية ©)

قد يضطرّ المُصنِّعون إلى الابتكار بغية تصنيع المواد الكيميائية السليفة المطلوبة عند عدم توافر المواد الكيميائية المخبرية. فضلاً عن الوصفة المبتكرة، قد تدفعهم قلة الموارد إلى اصطناع مواد كيميائية سليفة أو استخدام بدائل تحوي كمّيات مُركّزة من المادة الكيميائية أو المُركّب المطلوب. على سبيل المثال، في حال عدم توافر مادة نترات الأمونيوم، يمكن استبدالها بنترات الباريوم. وعدا عن المواد المضافة، قد تحتوي بدائل هذه المتفجرات السليفة على شوائب لا تؤثر على الاستخدام التجاري المُراد للبدائل المُختار إلا أنها قد تؤدي إلى عواقب وخيمة في ما يخص العيوب النافسة يدوية الصنع. ويُطبَّق المُصنِّعون هذه الطريقة المُمنهجة في الابتكار عند تصنيع المتفجرات المبتكرة كما عند استخراج مادة من خليط مُتاح، مثل استخراج نترات الأمونيوم من أسمدة نترات أمونيوم الكالسيوم.



الصورة 11. كيس من سماد نترات البوتاسيوم. يمكن استخدام هذا السماد لاستخراج كلورات البوتاسيوم (المصدر: مؤسسة أبحاث التسليح أثناء الصراعات ©)

قد تتلوث المتفجرات المبتكرة بواسطة مجموعة واسعة من المواد الكيميائية التي قد تعمل كمُحسّسات. وقد تؤدي هذه الشوائب إلى عدم الاستقرار، سواء كانت مواد كيميائية، كالأحماض، أو مواد صلبة ذات نقطة انصهار منخفضة، كالكبريت. فقد تزيد من حساسية العبوات الناسفة يدوية الصنع تجاه الاحتكاك، أو الاحتراق، أو الانفجار، أو قد تسبب آثاراً جانبية غير مقصودة كتوليد الحرارة أو تشكّل منتجات ثانوية خطيرة. على سبيل المثال، إذا تلوثت كلورات البوتاسيوم بالكبريت أو بنترات الأمونيوم، فستزيد حساسية الخليط تجاه الاحتكاك والحرارة بشكل بارز، ما قد يؤدي إلى انفجارات تلقائية لهذه الخلطات أثناء المناولة والنقل، حتى في درجة حرارة الغرفة.

**تحذير.** يُنتج الاحتكاك حرارةً داخل المركّب أو الخليط عبر توليد ضغط بين البُورات وضغط الهواء المحبوس في الفراغات. وقد تؤدي هذه المساحات ذات الحرارة الموضعية داخل المتفجرات إلى تحلّل غير مقصود.<sup>10</sup>

**ملحوظة.** قد يختلف أداء العبوات الناسفة يدوية الصنع واستقرارها عن نتائج التحليل المخبري. وبالتالي ستؤدي قلة الموارد وانعدام المعرفة لدى مُصنّع العبوات الناسفة يدوية الصنع إلى تفاقم مخاطر السلامة التي يتعرّض لها موظفو الأعمال المتعلقة بالألغام عند التعامل مع المتفجرات المبتكرة. لذا ينبغي على موظفي الأعمال المتعلقة بالألغام، عند التعامل مع العبوات الناسفة يدوية الصنع، أن يعتبروا أن المتفجرة المبتكرة لم تُنتج وفق المعايير الصناعية، وبالتالي يجب التعامل معها بحذر شديد.

ينبغي على المتفجرات الصناعية أن تستوفي الحد الأدنى من الشروط المتعلقة بالأداء، والحساسية، والاستقرار، والسلوك الحراري، والسلوك أثناء التخزين، ومقاومة الماء، والاتساق قبل أن تتم الموافقة على استخدامها. وقد تختلف هذه الشروط بحسب متطلبات الزبون (كالجيش مثلاً) أو قوانين الدولة.

الأداء	تتوافق الخصائص الفيزيائية للمتفجرة مع استخدامها المُراد، مثل سرعة التفجير المنخفضة لمتفجرات التعدين.
الحساسية	يجب أن تُحمل المتفجرة بسلامة. ينبغي أن تكون حساسة تجاه كبسولة التفجير (المفجّر) أو تجاه الشعلة بحسب شروط استخدامها المطلوبة. وينبغي على المتفجرات العسكرية ألا تكون حساسة قدر الإمكان بسبب دقة استخدامها.
الاستقرار والسلوك أثناء التخزين	ينبغي أن تكون المتفجرة مستقرة كيميائياً ضمن فترة زمنية محدّدة بحسب غايتها واستخدامها. في ما يخص المتفجرات العسكرية، قد تمتد هذه الفترة لعشر سنين أو أكثر. وينبغي ألا تحدث الآثار الزمنية التي تحدّ من استخدام المتفجرة ضمن هذه الفترة، كما ينبغي ألا تتفاعل المتفجرات بشكل عكسي مع البيئة. مثلاً، يجب ألا تتفاعل المركّبات المتفجرة الأولية مع الغلاف المعدني لكبسولة التفجير، في حين أن المتفجرات الثانوية يجب ألا تتفاعل مع حاوية الذخيرة.
مقاومة الماء	ينبغي على المتفجرات الصناعية، عند تحميلها بخراطيش، أن تحتمل أثر ساعتين في المياه الراكدة. أما المتفجرات العسكرية فيجب أن تكون مقاومة تماماً للماء وللتآكل بفعل المياه المالحة.
الاتساق	ينبغي على المتفجرات المستخدمة صناعياً أن تكون قابلة للتشكيل، في حين أن المتفجرات العسكرية ينبغي أن تكون قابلة للسبك أو الضغط.
السلوك الحراري	ينبغي على المتفجرات المستخدمة صناعياً أن تعمل بشكل كامل بين درجة حرارة -25°م و +60°م، بينما ينبغي ذلك على المتفجرات العسكرية بين درجة حرارة -40°م و +60°م.

الجدول 2. لائحة بالشروط الخاصة بالمتفجرات المستخدمة صناعياً والمتفجرات العسكرية

<sup>10</sup> يرد تفسير مُفصّل أكثر في القسم الفرعي 3.3.4. المُختون الحساسية والتأثر.

**تحذير.** قد يتأثر سلوك العبوات الناسفة يدوية الصنع المُخزَّنة بتفاعليتها. مثلاً، يزيد استخدام حاوية مصنوعة من النحاس أو النحاس الأصفر لتخزين نترات الأمونيوم<sup>11</sup> أو أزيد الرصاص من حساسية هذه المواد تجاه التفجير.



لا يراعي تصنيع العبوات الناسفة يدوية الصنع اعتبارات السلامة المتعلقة بالمنتج وفترة صلاحيته نفسها التي تُطبَّق على المتفجرات المنتجة صناعياً. فغالباً ما تُنتج المتفجرات المبتكرة عند الضرورة الملحة ولا ينبغي عليها عادةً أن تعمل أو تبقى مستقرة لفترات زمنية طويلة. لذا، تقترن اعتبارات السلامة الخاصة بالعبوات الناسفة يدوية الصنع بمدى تقبل المنتج للمخاطر، كالانفجار المُبكر.

وغالباً ما تتأثر العبوات الناسفة يدوية الصنع بعوامل الزمن ضمن فترات زمنية أقصر من الفترات التي تتطلبها المتفجرات المُنتجة صناعياً. وتعتمد سلامة مناولة بعض العبوات الناسفة يدوية الصنع وحساسيتها على الرطوبة، والحرارة، ودرجة التلوث الحاصل أثناء التصنيع. على سبيل المثال، يمكن لبعض العبوات الناسفة يدوية الصنع التي يُنتجها إنتاجها استخدام حمض النيتريك أو حمض الكبريت أن تحترق أو تنفجر مع مرور الوقت إذا تُبقت كمية فائضة من الحمض في الخليط.



الصورة 12. VS-500 تُظهر توسع المتفجرة اليدوية الصنع نتيجة الرطوبة بفعل مرور الزمن (المصدر: المؤسسة السويسرية لنزع الألغام ©)

عند المناولة، ينبغي اعتبار المتفجرات المبتكرة أقل سلامةً من المتفجرات المُنتجة صناعياً، فحساسيتها العبوات الناسفة يدوية الصنع غالباً ما تفوق حساسية الأنواع المُنتجة صناعياً. وفضلاً عن الأخطار التجبيرية، قد يسبب كلا النوعين خطراً جسيماً، وأحياناً مميتاً، على الصحة بسبب سُميتهما.

<sup>11</sup> تُرد معلومات أكثر في القسم الفرعي 3.2. المُعنون التفاعلات المتفجرة.

## مثال: مقارنة عمليات الإنتاج

حتى لو بدت المتفجرات متطابقة، قد تؤثر موارد التصنيع المتاحة لدى المُصنِّع وقدرته على استخراج المواد الأولية ومعالجتها بشكل كبير على المُنتج النهائي.

نترات الأمونيوم-زيت الوقود (ANFO) هي مادة متفجرة تجارية متاحة بوفرة ومُستخدمة بشكل أساسي في عمليات التعدين وقلع الحجارة. وتُستخدم مادة نترات الأمونيوم-زيت الوقود اليدوية الصنع كمتفجرة مبتكرة في العبوات الناسفة المبتكرة عالمياً.



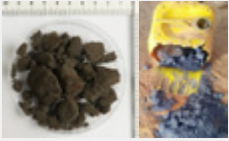

تُصنَّع مادة نترات الأمونيوم-زيت الوقود المتفجرة التجارية من مادة نترات الأمونيوم الصناعية (كثافتها بين 0.7 و 0.9 غ/سم<sup>3</sup>؛ عبارة عن حبيبات<sup>12</sup> غير متجانسة قطرها 1 مم) ووقود عضوي مثل الكيروسين أو الديزل. تُستخدم نسبة نترات الأمونيوم إلى زيت الوقود، إلى درجة معينة، من أجل التحكم بسرعة الانفجار، وبالتالي بالأداء التفجيري. ويمكن إضافة المُحسِّنات لتحسين عملية بدء التفجير، كما يمكن استعمال المهدئات لتخفيف سرعة التفجير.

في ما يخص العبوات الناسفة يدوية الصنع، يُعد استخراج سماد نترات الأمونيوم (كثافته بين 0.9 و 0.97 غ/سم<sup>3</sup>؛ عبارة عن حبيبات غير متجانسة قطرها 2 مم) من أسمدة النيتروجين التي تحوي نترات الأمونيوم نهجاً شائعاً معتمداً لتحصيل هذه المادة الأولية. ويتمتع سماد نترات الأمونيوم بمسامية<sup>13</sup> منخفضة نسبياً. وتتضمن أسمدة النيتروجين هذه مركبات كيميائية أخرى كالفوسفور، والكبريت، والبوتاس، واليوريا، وعوامل الإخفاء لمنع التكتل.

بغض النظر عن طريقة التسويق لسماد نترات الأمونيوم، يستطيع مُصنِّعو العبوات الناسفة يدوية الصنع استخراج بلورات نترات الأمونيوم المتفجرة منه عند اتباع الإجراءات المناسبة. وتتحكم كمية نترات الأمونيوم الموجودة في السماد بكمية بلورات نترات الأمونيوم التي يمكن استخراجها منه، وينبغي عليها إجمالاً أن تقل عن نسبة معينة من أجل تصعيب تصنيع العبوات الناسفة يدوية الصنع بدون معالجة إضافية. وعلى عكس نترات الأمونيوم الصناعية، يحتوي سماد نترات الأمونيوم (المُستخرج) على شوائب وتلوث نتيجة عملية التصنيع الأصلية.

<sup>12</sup> الحبيبات هي حبات أو كُريات صلبة من مادة معينة تتكون نتيجة تجمد سائل ما أثناء عملية صناعية.

<sup>13</sup> تمثل المسامية نسبة الفجوات إلى الكتلة الكلية لمادة أو خليط من المواد.

ذو الكثافة العالية / السماد (HDAN/FGAN)	الصناعي (TGAN)	
<p>حبيبات ناعم أبيض لامع قطر ~ 2 مم متجانس</p> 	<p>حبيبات خشن ومسامي أبيض غير لامع قطر ~ 1 مم غير متجانس</p> 	الوصف
بين 0.9 و 0.97 غ/سم <sup>3</sup>	بين 0.7 و 0.9 غ/سم <sup>3</sup>	الكثافة
<p>يُرَجَّح أن تكون الحبيبات مطحونة عندما تكون جاهزة للاستخدام يُرَجَّح أن يُخَلَط مع وقود عندما يكون جاهزاً للاستخدام ← يتغير اللون بحسب الوقود المُستخدَم نترات الأمونيوم + زيت الوقود</p> 	<p>يُحتمل أن تكون الحبيبات مطحونة عندما تكون جاهزة للاستخدام يُرَجَّح أن يُخَلَط مع وقود عندما يكون جاهزاً للاستخدام ← يتغير اللون بحسب الوقود المُستخدَم نترات الأمونيوم + ألومنيوم</p> 	ملاحظات

الجدول 3. مقارنة مختلف أنواع نترات الأمونيوم (المصدر: دائرة الأمم المتحدة للأعمال المتعلقة بالألغام ©)

# 3. المبادئ الفيزيائية والكيميائية المتعلقة بخصائص المتفجرات

يُقدّم هذا القسم لمحةً عامّةً وتفسيراً عن المصطلحات التقنية والتعريفات الرئيسية المستخدمة لوصف المواد النشطة والمتفجرات. ويكمن هدفه في بناء فهم مشترك للعبوات النافسة يدوية الصنع وتلك الصناعية لدى موظفي الأعمال المتعلقة بالألغام، وأول المستجيبين، والمسعفين، بغية تعزيز إدارة المخاطر والتخطيط التشغيلي. كذلك، يعالج هذا القسم الخصائص الفيزيائية المتعلقة بالسلامة والحساسية. في ما يلي، تم تكييف تفاصيل المصطلحات المستخدمة ودرجة تعقيدها لتلبية متطلبات هذا الدليل، وقد تكون أبسط من تلك المستخدمة في المنشورات العلمية.

**ملحوظة.** يُستخدَم مصطلح "العبوات النافسة يدوية الصنع" كمُعادل (أو مُرادف) للمتفجرات الأولية أو الثانوية، لكنّ هذا الاستخدام خاطئ لأن المواد المتفجرة المبتكرة تُستعمل أيضاً في المواد النارية أو مواد الدفع.

## 3.1 تصنيف المتفجرات

يُقدّم هذا القسم الفرعي تصنيفاً مُتفقاً عليه للمتفجرات. وقد يُستفاد من هذه المعلومات لتمييز المتفجرات واستخداماتها، أو للتفريق بين الأخطار، أو لتحسين إعداد التقارير.

في حين تكثُر الطُرُق المستعملة لتقسيم المتفجرات، تصنّفها الطريقة الشائعة بحسب أدائها واستخداماتها (راجع القسم الفرعي 2.1.2، الجدول 1).

تُقسَم المتفجرات إلى:

- متفجرات شديدة الانفجار، تُقسَم بدورها إلى:
  - متفجرات أولية؛
  - متفجرات ثانوية؛
  - متفجرات فرعية؛
  - متفجرات عديمة الحساسية<sup>14</sup>
- متفجرات بطيئة الانفجار، أو مواد دفع؛
- ومواد نارية.

<sup>14</sup> تتميز المتفجرات العديمة الحساسية بمقاومتها الخاصة للمخزات الخارجية كالصدمة الميكانيكية أو الحرارة، لذا من المستبعد تماماً أن تنفجر عن غير قصد.



## 3.1.1 المتفجرات الشديدة الانفجار

تشمل أبرز المسائل التي تُؤخَذ بعين الاعتبار عند تصميم المتفجرات العسكرية والصناعية:

- ما إذا كان الاحتراق أم التفجير لازماً كي تؤدي المتفجرات العمل المطلوب
- مدى سهولة تفعيلها لتأدية هذا العمل

يُستخدَم مصطلح "متفجرة شديدة الانفجار" عندما تنفجر المتفجرة بشكل فوري. في هذه الحالة، تنتقل جبهة التفاعل عبر المتفجرة بسرعة تعادل سرعة صوت المتفجرة أو تفوقها. فتحرر كميات كبيرة من الطاقة على شكل حرارة وغاز في أجزاء من الثانية بسبب لزوم "تأدية أعمال" في الأماكن المحيطة مثل التحطيم، والإتلاف، والانفجار، والاحتراق، والرفع / السحب، وخلق موجات صدمة / انفجارات هوائية / انفجارات تحت الماء / رمي الشظايا على مساحة واسعة. وتُقاس سرعة التفاعل بوحدة قياس كلم/ ثانية.

### 3.1.1.1 المتفجرات الأولية

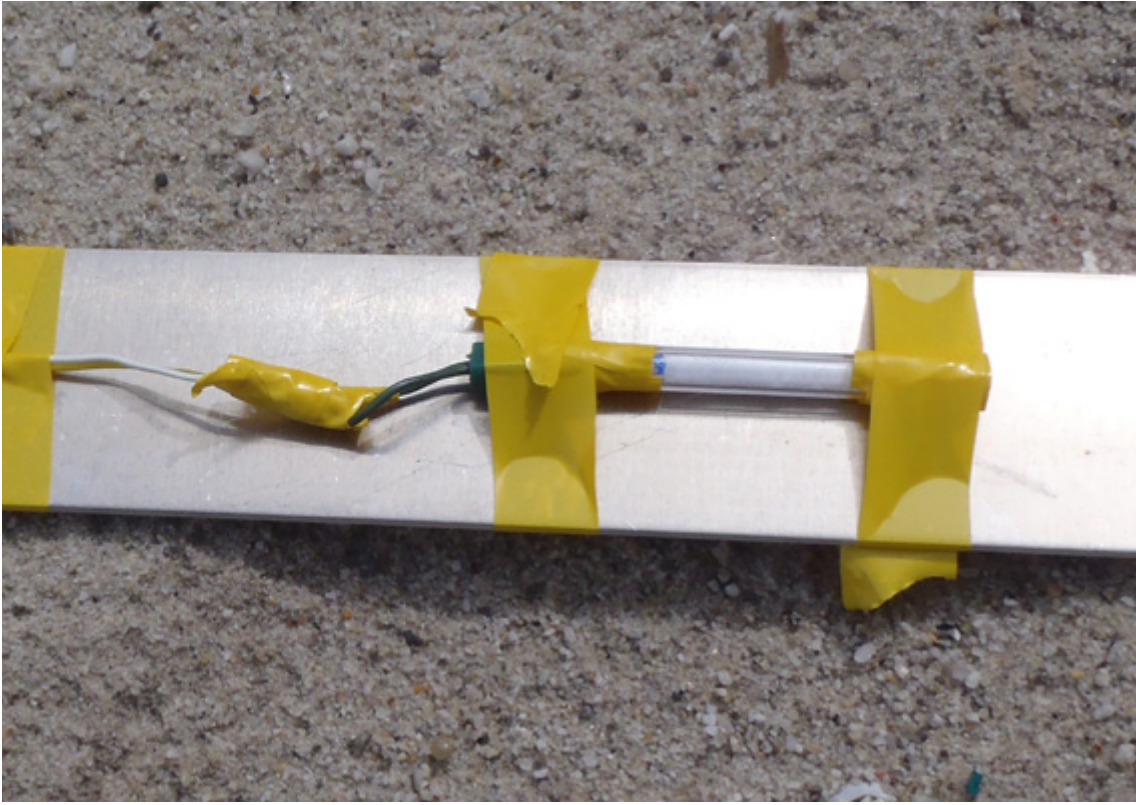
تُعرّف المتفجرات التي تنفجر بفعل مُحفّر صغير باسم المتفجرات الأولية (أو المتفجرات بادئة التفجير). يمكنها أن تحترق أو تنفجر سواء أكانت محصورة أو غير محصورة، وتنتقل من حالة الاحتراق إلى الانفجار بسرعة فائقة. غالباً ما تُستخدم هذه المتفجرات الأولية لبدء تفاعلات تُنتج بموجها كيميائياً موجة صدمة (أو معدل احتراق) بحجم يكفي لإحراق / تفجير متفجرة أقل حساسية. ويحصل الاشتعال لدى معظم المتفجرات الأولية بفعل الاحتكاك بين البلورات الذي يؤدي إلى توليد البقع الساخنة (البقع داخل المتفجرة التي يؤدي فيها الضغط الأديابي على فقاعات الغاز الصغيرة والمحبوسة إلى توليد حرارة تصل إلى 400 - 500 درجة مئوية؛ وتدوم هذه البقع  $10^{-5}$  أجزاء من الثانية) اللازمة لبدء عملية الانفجار.<sup>15</sup> بشكل عام، تتمتع المتفجرات الأولية بحساسية أكبر بكثير من حساسية المتفجرات الثانوية تجاه الاحتكاك، والحرارة، والشرارات، والصدمة. وتجعلها هذه الخصائص أساسية لتأدية دور المفجر أو كبسولة التفجير. تشمل الأمثلة على هذه المتفجرات ستيغيات الرصاص، وفلمينات الزنق، وأزيد الرصاص، والديازو دينيتروفينول، والتيترازين، وسداسي ميثيلين ثلاثي بيروكسيد ثنائي أمين (HMTD)، وبيروكسيد الأستون (TATP)، التي استُخدمت جميعها كمفجرات في مركبات العبوات الناسفة يدوية الصنع. ومع ذلك، استُخدمت بعض مركبات العبوات الناسفة يدوية الصنع الأولية، مثل "HMTD" و "TATP"، كمتفجرات أولية وثانوية بسبب أداؤها التفجيري.

**ملحوظة.** في ما يخص المتفجرات، يشير مصطلح "إشعال" إلى بدء الاحتراق، بينما يشير مصطلح "بدء التفجير" إلى بدء تفاعل الاشتعال الشديد أو الانفجار.



الصورة 13. كبسولات تفجير كهربائية مبتكرة تحوي متفجرات أولية (المصدر: المؤسسة السويسرية لنزع الألغام ©)

<sup>15</sup> جون إ. فيلد، "آليات إشعال البقع الساخنة في المتفجرات"، مجلة Accounts of Chemical Research، الإصدار 1 (1 تشرين الثاني/نوفمبر 1992): 489-496.



الصورة 14. مُفجّر مبتكر (مملوء بمادة بيروكسيد الأستون) على صفيحة من الألومنيوم (المصدر: شركة بريمستون الاستشارية المحدودة ©)



الصورة 15. آثار مُفجّر مبتكر (مملوء بمادة بيروكسيد الأستون) على صفيحة من الألومنيوم (المصدر: شركة بريمستون الاستشارية المحدودة ©)

### 3.1.1.2 المتفجرات الثانوية والعناصر المتفجرة

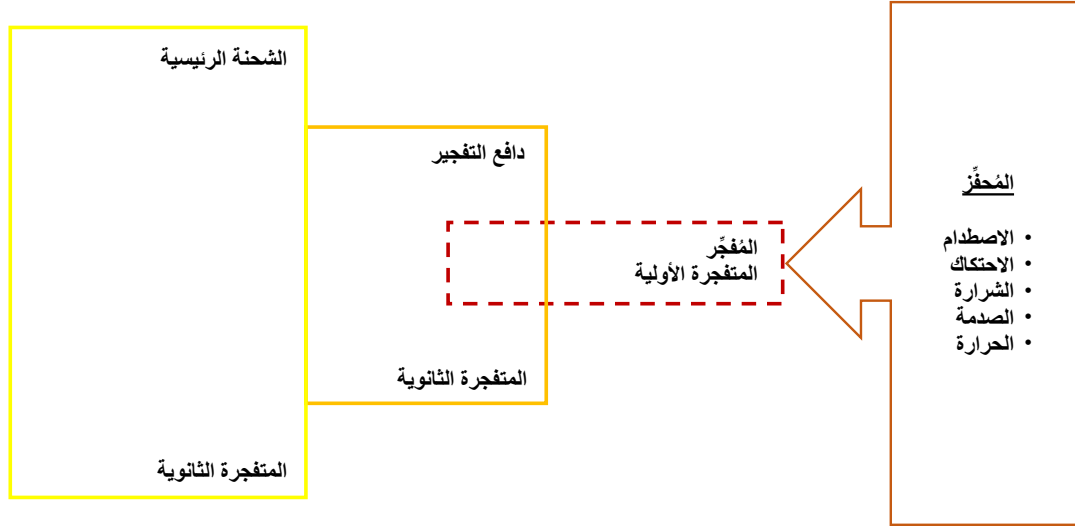
تُعرّف المتفجرات التي تتطلب مُحفراً كبيراً كي تنفجر (كتأثير موجة الصدمة) باسم المتفجرات الثانوية. ويعني ذلك أن هذه المتفجرات الثانوية لا يمكن أن تنفجر بمفردها من دون قوة متفجرة خارجية. وعادةً ما تُستخدم المتفجرات الأولية لتأمين الصدمة التي تسبب الانفجار، الذي يبدأ بشكل رئيسي بفعل ضغط مساحات الغاز الصغيرة بين البلورات. وتُعدّ هذه المتفجرات عديمة الحساسية نسبياً تجاه الحرارة والصدمة الحركية والتفريغ الكهروستاتيكي والاحتكاك، ما يضمن السلامة أثناء عمليات مناولتها وقولبتها ونقلها الروتينية. لكن بعض المتفجرات الثانوية، كـ "رُباعي نترات خماسي ايريثريتول" (PETN)، تتمتع بحساسية أكبر قليلاً وبسرعة تفجير عالية جداً تفوق 8400 م/ثانية. وقد تُستخدم مثل هذه المتفجرات كدافع تفجير للعناصر المتفجرة. وتشمل الأمثلة على المتفجرات الثانوية الأوكتجين (HMX)، والهيكسوجين (RDX)، وثالث نترتيت التولوين (TNT)، وتيترايل. وتُعدّ سرعة التفجير والقوة التفجيرية من أبرز الخصائص التي تُحدّد أداء المتفجرات الثانوية. ويتمّ تحديد هذه القوة (قدرتها على التأثير على المحيط) استناداً إلى حرارة الانفجار نفسه (كمية الحرارة المتوافرة لتوسيع المنتجات الغازية) وكمية الغاز المنتج لكل وحدة حجم من المتفجرة.

**ملحوظة.** صحيح أن المتفجرات الثانوية المُستخدمة في المجال العسكري أو التجاري تُعدّ أقل حساسية من نظيراتها الأولية وأكثر سلامة في المناولة عموماً، إلا أن ذلك لا يعني أنه بات من الأمن مناولة العبوات الناسفة يدوية الصنع التي تتمتع بخصائص المتفجرات الثانوية (المُفترضة) نفسها أو أنها ستتأثر بالعوامل الخارجية بنسبة أقل. فقد يصبح أداؤها غير متوقع نتيجة احتوائها على الشوائب، وتأثرها بمرور الزمن، وخلط مُركبات العبوات الناسفة يدوية الصنع الأولية مع تلك الثانوية ضمن الشحنة المتفجرة الرئيسية نفسها.



الصورة 16. رُباعي نترات خماسي ايريثريتول، متفجرة ثانوية (المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

تمتاز بعض المتفجرات الثانوية، بفضل خصائصها الكيميائية أو طريقة معالجتها، بقلّة حساسيتها، فلا يمكن أن تُفعلها متفجرات أولية بواسطة المُفجّر وحده. في هذه الحالة، يُستخدم دافع تفجير مصنوع من متفجرة يمكن تفعيلها بواسطة متفجرة أولية من أجل تأمين الصدمة اللازمة لتفعيل هذه المتفجرة الثانوية. ويُطلق على جمع المفجّر مع المتفجرة الأولية، وكل من دافع التفجير والشحنة الرئيسية مع المتفجرة الثانوية، اسم "سلسلة التفجير".



الرسم 1. رسم توضيحي أساسي لسلسلة تفجير. يتم تفعيل المتفجرة الأولية في المفجّر بواسطة مُحفّز خارجي، ثم يُفعل انفجارها المتفجرة الثانوية في دافع التفجير. بعدها تُحفّز موجة الصدمة الناتجة عن انفجار دافع التفجير بدورها المتفجرة الثانوية في الشحنة الرئيسية، ما يؤدي إلى انفجار هذه الشحنة. (المصدر: مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية ©)

تُعرّف المتفجرات التي تحتاج دافع تفجير بالعناصر المتفجرة. وتشمل الأمثلة الشائعة عليها: خلطات نترات الأمونيوم، والهيكسوجين، ونيتروتريازولون، ونترات الغوانيديين، ونيتروغوانيديين، وبعض المتفجرات القائمة على بيروكسيد الهيدروجين.



الصورة 17. دوافع تفجير لشحنات رئيسية من العبوات الناسفة يدوية الصنع، مصنوعة من حبل تفجير مبتكر (المصدر: المؤسسة السويسرية لنزع الألغام ©)

**تحذير.** في ما يخص العبوات الناسفة يدوية الصنع التي يتطلب تفعيلها متفجرة أولية، لا ينبغي اعتبار درجة حساسيتها مماثلة لدرجة (عدم) حساسية المتفجرات الثانوية أو العناصر المتفجرة، سواء العسكرية أو التجارية.



**ملحوظة.** قد تتضمن سلسلة التفجير مزيجاً من المتفجرات التجارية والعسكرية واليدوية الصنع، وذلك وفقاً لتوافر سلسلة التوريد والحساسية تجاه التفجير. على سبيل المثال، تمتاز العبوات الناسفة يدوية الصنع القائمة على نترات الأمونيوم بعدم حساسيتها تجاه الصدمة وحدها، إذ تحتاج دافع تفجير من متفجرة عسكرية / تجارية أقوى (مثل نيتريل أو رباعي نترات خماسي ايريثريتول) كي تنفجر. وتشمل الأمثلة على ذلك أحد الألغام البحرية المبتكرة التي استُخدمت في اليمن، وتم فيها تفعيل الشحنة الرئيسية المؤلفة من نترات الأمونيوم والألومنيوم والبالغ وزنها 20.3 كلف بواسطة دافع تفجير من الهيكسوجين يبلغ وزنه 0.7 كلف ومُفجر تجاري.<sup>16</sup> كذلك، من الضروري توافر قطر دقيق، يفوق قطر المتفجرات العسكرية، لضمان انتقال التفجير، ويُعدّ هذا أحد الأسباب الرئيسية التي تجعل وزن العبوات الناسفة يدوية الصنع القائمة على نترات الأمونيوم يفوق 20 كلف. ويستفيد خبراء الأعمال المتعلقة بالألغام من هذه الملاحظة إذ تُمكنهم من فصل العبوات الضخمة عن العبوات التي يُمكن حملها يدوياً بفعالية (أقل من 20 كلف).



### 3.1.2 متفجرات بطيئة الانفجار ووقود الدفع

يُستخدم مصطلح "متفجرات بطيئة الانفجار" للإشارة إلى المتفجرات (مواد الدفع) التي تنتفك بفعل الاشتعال عندما لا تكون محصورة. في هذه الحالة، تنتقل جبهة التفاعل عبر المتفجرة بسرعة تقل عن سرعة صوت المتفجرة. وتُصمّم مواد الدفع بطريقة تسمح باحتراقها بسرعة فائقة (خلال ملي ثوان) عند حصرها بغية توليد أكبر كمية ممكنة من الغازات الساخنة، الأمر الذي يوفر قوة الدفع اللازمة لرمي المتفجرة الشديدة الانفجار، أو مادة مشابهة، إلى البقعة المحددة التي ينبغي أن تعمل فيها. تُقاس سرعة التفاعل بوحدة قياس متر/ثانية. وغالباً ما يُسم احتراق مواد الدفع بالسرعة وبالانساق. ويتميّز التفاعل الكيميائي الحاصل بالخصائص التالية:

- لا يتطلب توافر أكسجين إضافي من الجو؛
- يطرد الحرارة؛
- يشمل توليد كميات كبيرة من الغازات الساخنة التي تؤدي دور وسيط الدفع.

تُنتج مواد الدفع على شكل مساحيق، أو حبيبات، أو قطع صلبة، أو سوائل. وتشمل الأمثلة على هذه المواد مركبات النيتروغوانيديين والنيتروغليسرين المُستخدمة في الذخائر التي تُطلق بواسطة أنبوب، أو الهيدرازين، وهي مادة دفع سائلة مُستخدمة في الصواريخ.

**تحذير.** تُصمّم مواد الدفع عموماً بشكل يجعلها تحترق أو تشتعل بسرعة. وقد يؤدي تلوثها بعناصر كيميائية أخرى، أو حصرها، أو الخلط المفاجئ لكميات كبيرة من الوقود والمؤكسد لمادة دفع سائلة وتلقائية الاشتعال (كذلك المُستخدمة في مُحركات الصواريخ) إلى التحلل المتفجر لهذه المادة.



<sup>16</sup> رسالة مؤرخة 26 كانون الثاني/يناير 2018 موجهة إلى رئيس مجلس الأمن من فريق الخبراء المعني باليمن والمكلف بموجب قرار مجلس الأمن 2342 (2017). أ. حميش، ف. ر. كارفاجيل، د. ر. غوناراتني، غ. جونسن، أ. ويلكسون، ص 170، الجدول 41.1.



الصورة 18. مثال عن سلوك حرق لمواد الدفع الصلبة عندما لا تكون محصورة (المصدر: مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية ©)



الصورة 19. مادة دفع مصنوعة من النيتروسيلولوز (المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)



الصورة 20: مثال آخر عن مادة دفع مصنوعة من النيتروسيلولوز. يزيد حفر الثقوب من مساحة الحبيبات، وبالتالي، من الاحتراق. (المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

### 3.1.3 المواد النارية

تتألف المواد النارية من خلطات من الوقود والمؤكسيدات المُصمَّمة للاحتراق، وليس للاشتعال أو الانفجار. تقلّ سرعة تفاعلها بكثير عن سرعة تفاعل مواد الدفع، وتقع ضمن نطاق ميليمتر/ثانية. وتُستخدَم الحرارة المؤلّدة لإنتاج مزيج من الأضواء والألوان (كالشعلات والألعاب النارية)، والدُخان (كالمُعتمات)، والحرارة (كالثرميت والثرمايت)، والضجيج (كالقنابل الصوتية و مُحاكيات ساحة المعركة)، والغازات النشيطة (كما في الوسائد الهوائية للسيارات)، ومُركّبات المهلة النارية (كصواعق القنابل اليدوية، والصواعق الموقوتة، وصواعق الأمان). تخضع المواد النارية لتفاعلات طاردة للحرارة تكون (غالباً) غير متفجرة ومكتفية بذاتها.

المواد النارية عبارة عن مُركّبات و/أو خلطات نشيطة ذات حساسيات تختلف بحسب تصميمها.

- قد تؤدي المواد النارية إلى آثار شبيهة بالانفجارات في ظل ظروف معيَّنة، مثل الحصر.
- تتألف معظم المواد النارية من خلطات من الوقود والمؤكسيدات. المؤكسيدات هي المواد المسؤولة عن قوة خلطات العبوات الناسفة يدوية الصنع.
- تتأثر مجموعات المواد النارية بعوامل الزمن ويمكن تخزينها لفترات محدودة جداً.

### 3.2 التفاعلات المتفجرة

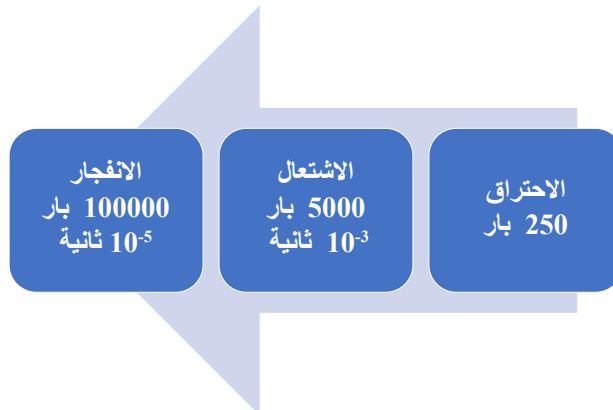
يُقدّم هذا القسم الفرعي نبذة موجزة عن التفاعلات المتفجرة. وينبغي أن يُستفاد من هذه المعارف لبناء فهم للتفاعلات النشيطة ودعم تقييمات المخاطر والأخطار.

تشمل أبرز التفاعلات النشيطة المرتبطة بالمتفجرات:

- الاحتراق؛
- الاشتعال؛
- الانفجار.

يتميّز الاشتعال والانفجار عن الاحتراق العادي بإنتاج القوة، وسرعة الانتقال (عدة ميليمترات/ثانية للاحتراق، مئات الأمتار/الثانية للاشتعال، وآلاف الأمتار/ثانية للانفجار)، ومصدر الأوكسجين المُستخدَم. ويتم تحديد كل من هذه التفاعلات بحسب خصائص المواد النشيطة، بما يشمل الطاقة اللازمة للإشعال أو بدء التفجير، وكثافة الطاقة في المادة، والحصر، ومدى التأثير بعوامل الزمن وعمليات التدهور الأخرى.

تتحلّل المواد الحارقة أو المشتعلة بفعل آلية حرارية تجري على سطح المواد، في حين أن المتفجرات تتحلّل بسرعة فائقة وتولّد موجة صدمة. ولخصت هذه المعلومات في الرسم التوضيحي والجدول التالي.



الرسم 2. التفاعلات النشيطة (المصدر: مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية)

نوع التفاعل	سرعة التفاعل	إنتاج القوة والضغط	مصدر الأوكسجين	مثال
الاحتراق	بطيء (ملم/ثانية)	100 واط/سم <sup>3</sup> 250 بار	الجو	احتراق الخشب
الاشتعال	أبطأ من الصوت (100+ م/ثانية)	100 واط/سم <sup>3</sup> 5000 بار	داخل المركب	البارود المحصور
الانفجار	أبطأ من الصوت	1000 واط/سم <sup>3</sup> 100000 بار	داخل المركب	ثالث نترتيت التولوين (تي أن تي)

الجدول 4: لمحة عامة عن خصائص الاحتراق، والاشتعال، والانفجار

### 3.2.1 الاحتراق

الاحتراق هو تفاعل كيميائي يجري بين مادة مشتعلة والأوكسجين الخارجي (الجوي مثلاً) على سطح هذه المادة. ويحدث الاحتراق في خلال ثوانٍ؛ لذا فهو تفاعلٌ بطيء.

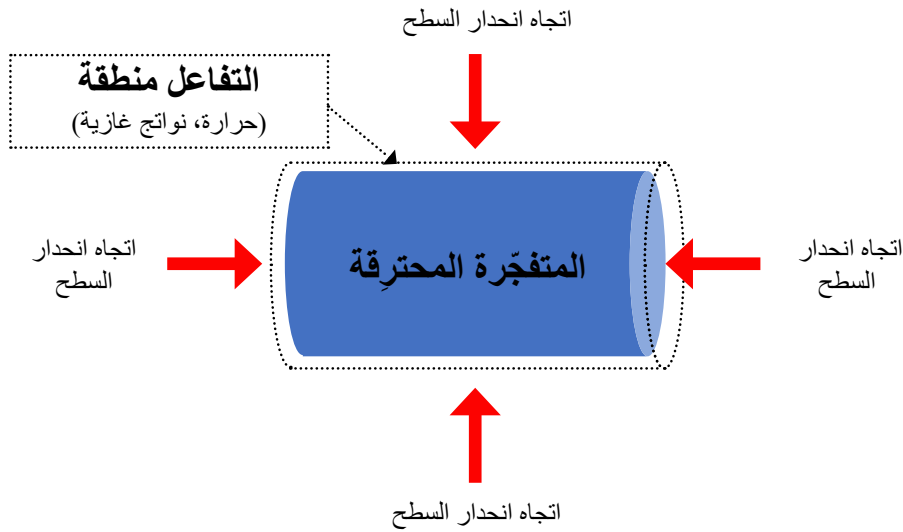
يُنْتِج الاحتراق حرارة ودخاناً، وقد يُولّد ضغطاً يصل أقصاه إلى 250 بار.

تُستخدَم المواد النَشِيطَة التي تتحلَّل بفعل الاحتراق في مُحرِّكات الصواريخ وصواعق الأمان على سبيل المثال.

### 3.2.2 الاشتعال

يحدث الاشتعال حين تشتعل مادة غير محصورة فجأة عند تعرُّضها لشمعة، أو شرارة، أو صدمة، أو احتكاك، أو حرارة عالية.

تتفاعل المواد المشتعلة بشكل أسرع وأكثر عنفاً من المواد المحترقة. ومع ذلك، يجري التفاعل على سطح المادة، التي تتبدد طبقة بعد أخرى، أو فوقه مباشرةً.



الرسم 3: رسم توضيحي يُظهر متفجرةً محترقةً / مشتعلةً (المصدر: شركة بريمستون الاستشارية المحدودة ©)



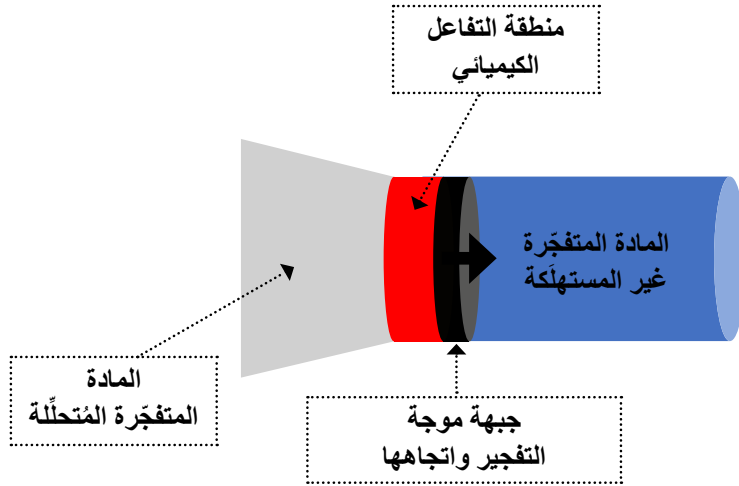
يحدث الاشتعال خلال ملي ثوانٍ ( $10^{-3}$  ثوانٍ)؛ لذا فهو يُعد انفجاراً كيميائياً سريعاً، لكن سرعته تبقى أدنى من سرعة الصوت. يُنتج الاحتراق حرارةً، ودخاناً، وضغطاً قد يصل إلى 5000 بار.

تُستخدم المواد التي تتحلل بفعل الاشتعال كمواد دفع لذخيرة الأسلحة الصغيرة في الأسلحة النارية. وعادةً ما يُستعمل مصطلح "الاشتعال" لوصف الاحتراق العنيف لمتفجرة لم تنفجر.


### 3.2.3 الانفجار

يُحصل الانفجار حين تتحلل مادة مُفعّلة نتيجة موجة صدمة. ويُعرّف الانفجار على أنه تحلل تفجيري فائق السرعة، تحافظ فيه موجة التفاعل الطارد للحرارة على جبهة الصدمة داخل المادة المتفجرة. وتتراوح سرعة هذه الجبهة بين 1800 و10000 م/ثانية وفق المتفجرة. وعلى عكس الاشتعال، لا تعتمد سرعة تحلل المادة المتفجرة على سرعة انتقال الحرارة على سطحها، بل على سرعة نقل هذه المادة لموجة الصدمة.

يختلف الانفجار عن سائر أشكال الاحتراق في كيفية نقل الطاقة المُهمّة، إذ تجري هذه العملية عبر تدفق الكتلة في موجات ضغط قوية، مع مساهمات بسيطة من عمليات أخرى (كالتوصيل الحراري) تُعدّ مهمة جداً في ما يخص الشعلات. يتألف الجزء الرئيسي لجبهة التفجير من موجة صدمة قوية تنتشر في المتفجرات. وتُسَخّن هذه الموجة المادة عبر ضغطها، فتبدأ تفاعلاً كيميائياً، ويتحقق التوازن عبر تعزيز التفاعل الكيميائي لانتشار موجة الصدمة. في هذه العملية، تُستهلك المادة المتفجرة أسرع مما تُستهلك في الشعلة، لذا يسهل تمييز الانفجار عن عمليات الاحتراق الأخرى.



الرسم 4. رسم بياني يوضح حصول انفجار في مادة متفجرة (المصدر: شركة بريستون الاستشارية المحدودة ©)

**ملحوظة.** بغية حصول الانفجار، ينبغي أن تنتقل موجة صدمة في أرجاء المتفجرة بسرعة تعادل سرعة الصوت في المادة المتفجرة أو تفوقها. 

يُحصل الانفجار خلال ميكرو ثوان ( $10^{-5}$  ثوان)؛ لذا فهو يُعدّ انفجاراً كيميائياً فائق السرعة. وتُفوق سرعته سرعة الصوت، إذ تصل إلى ما بين 1500 م/ثانية (كالمفجرات المُستخدمة في أنشطة التعدين تحت الأرض) و10050 م/ثانية (مثل مادة CL-20، وهي أقوى متفجرة كيميائية معروفة حالياً).

يُؤد الانفجار موجة صدمة وضغطاً يتجاوز 100000 بار في منبعه.

تُستخدم المواد التي تتحلل بفعل الانفجار كمفجرات شديدة الانفجار، وتُعرف أيضاً باسم المفجرات التفجيرية.

### 3.2.4 الانتقال بين الاحتراق والاشتعال والانفجار

قد يتم الانتقال إلى الانفجار في العبوات الناسفة يدوية الصنع عبر آليتين محدّتين:

- من الاحتراق إلى الانفجار؛ و
- من الصدمة إلى الانفجار.

يُحصل الانتقال من الاحتراق إلى الانفجار عندما يزيد الضغط على سطح المتفجرة المحترق من سرعة جبهة الشعلة بحيث تتجاوز سرعة صوت المادة المتفجرة في ظل الظروف الحالية. ويُشبه ذلك تجاوز الطائرات لسرعة الصوت في الهواء، بحيث يمكن سماع دويّ اختراقها جدار الصوت. ويشير الانتقال من الاشتعال إلى الانفجار إلى تأخر في انطلاق الانفجار، ويعتمد ذلك على طبيعة المتفجرة، وكثافة الشحنة، وشروط الحصر. على سبيل المثال، قد تتعرض المتفجرة غير المحصورة لمجرد الاحتراق أو الاشتعال من دون أن تنفجر. أما إذا تعرضت المتفجرة للاحتراق أثناء حصرها فلن تتمكن غازات الاحتراق من الخروج. ويؤدي ذلك إلى تراكم الضغط على سطح المتفجرة، ما يزيد من سرعة الاحتراق أكثر. وإذا بلغت سرعة الاحتراق سرعة الصوت في المادة المتفجرة، عندئذ يحصل الانفجار. ولهذا السبب، قد تنفجر المتفجرات الثانوية أو العناصر المتفجرة المحصورة عند تعرضها للنار.

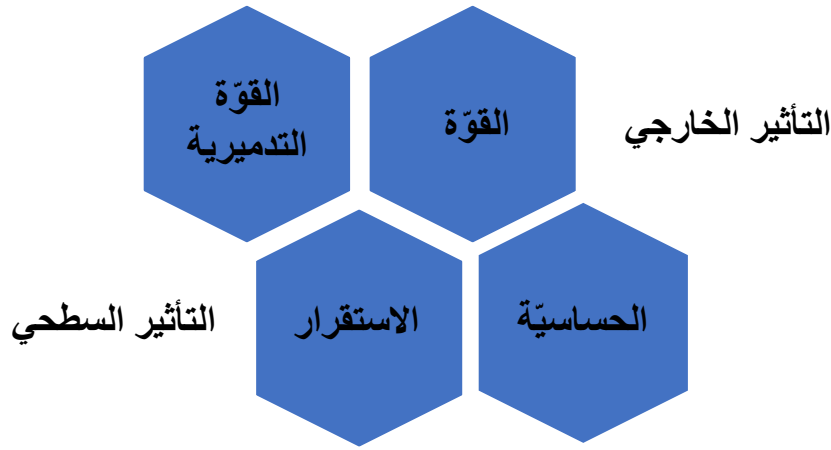
يُستخدم التفعيل عبر موجة الصدمة لتفجير المتفجرات الثانوية بواسطة المتفجرات الأولية. ولا يتطلب الانتقال من الصدمة إلى الانفجار البدء بجبهة الشعلة عبر عملية احتراق، بل تتولّى موجة الصدمة الفائقة السرعة التي ولدها مصدر الإشعال عملية تكوين الانفجار. وبينما تنتقل موجة الصدمة إلى المتفجرة، يجري في جبهة الصدمة ضغط الجسيمات والتسخين الأديابي. وتُولد هاتان العمليتان الطاقة فيما تتحلل المتفجرة، ما يُسرّع موجة الصدمة أكثر. وحين تتجاوز سرعة موجة الصدمة سرعة الصوت في المادة المتفجرة، يحصل الانفجار. وينبغي على موجة الصدمة عبور مسافة مُعيّنة على طول المتفجرة (مليمترات أو حتى سنتيمترات) قبل أن تنتشر ذاتياً، لكن على عكس الانتقال من الاحتراق إلى الانفجار، يستغرق التأخير ميكرو ثوان.

## 3.3 الخصائص الفيزيائية للمتفجرات

تسمح المعلومات الواردة في هذا القسم الفرعي بتقييم استقرار المتفجرات وحساسيتها، ما يتيح تقييم المخاطر والتهديدات المحتملة. ومن الضروري معرفة الخصائص الفيزيائية للمتفجرات عند تقييمها.

**ملحوظة.** من الضروري فهم حساسية المتفجرات للمُحَفَّرات، كالاصطدام أو الاحتكاك، لضمان المناولة الآمنة. وتساعد الحساسية على تحديد إجراءات التأمين المناسبة وتطبيقها.<sup>17</sup>

**ملحوظة.** تُحدّد معرفة قوة المتفجرة إجراءات الحماية الضرورية والمناسبة التي ينبغي اتخاذها. ولمقارنة قوة المتفجرات، يمكن تحديد قوة المتفجرة من حيث تكافئها مع مادة تي أن تي. ولا يُعدّ "مكافئ تي أن تي" وحدة قياس معتمدة في النظام الدولي للوحدات (SI). مثلاً، يكافئ البارود الأسود 0.4-0.2 من تي أن تي، ويكافئ الهيكسوجين 1.5 من تي أن تي.



الرسم 5: خصائص المتفجرة (المصدر: مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية) ©

### 3.3.1 القوة التدميرية

تشير القوة التدميرية إلى قدرة المتفجرة على النحطم؛ ومؤشراها الأساسيان هما سرعة التفجير وكثافة التحميل، إلى جانب إنتاج الغاز وحرارة الانفجار. كثافة التحميل هي نسبة الوزن المتفجر إلى مقدار المساحة التي تنفجر فيها المتفجرة (الانضغاط).

تُستخدم المتفجرات ذات القوة التدميرية العالية في الأنشطة العسكرية الشديدة الانفجار. أما المتفجرات ذات القوة التدميرية المنخفضة فتُستخدم في الأنشطة التجارية كقلع الحجارة، أي فصل الحجارة ورفعها من المناطق المحيطة من دون تحطيمها.

<sup>17</sup> المعايير الدولية للأعمال المتعلقة بالألغام 04.10 IMAS، إجراءات التأمين: استخدام طرق وأدوات خاصة للتخلص من الذخائر والمتفجرات على الذخائر والمتفجرات للتمكن من إيقاعها عن العمل أو الفصل بين مكونات ضرورية لمنع حدوث تفجير غير مقبول.

## 3.3.2 الاستقرار

يشمل الاستقرار كلا الجانبين الفيزيائي والكيميائي. ويُعدّ الاستقرار الكيميائي أساسياً لتقييم فترة الصلاحية المتوقعة للمتفجرة. يُحدّد الاستقرار الكيميائي، أو الثيرموديناميكي، مدى المقاومة أو الحساسية تجاه تحلل التركيبة الكيميائية. ويُعدّ المركب الذي لا يتغير أو يتأثر بعوامل الزمن مُركباً مستقرّاً.

يتمثّل الاستقرار الفيزيائي بالقدرة على عدم التغيّر فيزيائياً مع الوقت في ظروف محدّدة ومتوقّعة أثناء التصنيع، والتخزين، والمناولة، والاستعمال. ويحظى الاستقرار الفيزيائي في مواد الدفع الصلبة بأهمية بالغة، إذ تزيد الشقوق في الهيكلية من مساحة السطح، فتؤدي إلى احتراق عشوائي وغير متوقّع. وفي حالة المتفجرات الشديدة الانفجار، كمادة تي أن تي في القذائف المدفعية، قد تؤدي الشقوق في الحشوة إلى انفجار غير مقصود بسبب قوة الارتداد الهائلة الناجمة عن إطلاق النار.

**ملحوظة:** التفاعلية هي استجابة المادة من حيث الاستقرار. وتُعدّ المادة أقل استقراراً عندما تتمتع بتفاعلية عالية. مثلاً، تُولّد بعض المتفجرات (كحمض البيكريك) أملاحاً معدنية حساسة تجاه الاصطدام داخل حاوياتها المعدنية عندما تتفاعل مع غلافها المعدني. وتُسبّب الأغلفة المصنوعة من النحاس والنحاس الأصفر مثل هذه المشاكل لبعض المركبات المتفجرة.



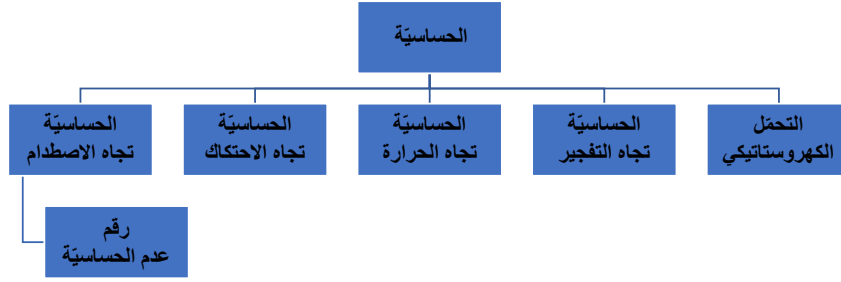
## 3.3.3 القوة

يعتمد تحديد القوة على حجم الغاز وكمية الطاقة (الحرارة) اللتين يولّدهما الانفجار، إضافة إلى سرعة التفجير. يُحدّد حجم الغاز كمية العمل التي تستطيع المتفجرة إنجازها. أما حرارة الانفجار فتحدّد قدرة المتفجرة على العمل. بشكل عام، تُولّد المتفجرات الثانوية الحرارة أكثر بكثير ممّا تُولّدتها المتفجرات الأولية. وتُعتمد المقايضة بين حجم الغاز وحرارة الانفجار لتحقيق الأداء المرغوب للمتفجرة. على سبيل المثال، تُنتج خلطات نترات الأمونيوم-زيت الوقود المُستخدمة تجارياً كميات كبيرة من الغاز وحرارة منخفضة، لذا تُستخدّم في أعمال التفجير في مقالع الحجارة أو المناجم حيث لا داعي لتحطيم الحجارة. أما المتفجرات العسكرية، كرباعي نترات خماسي ابريثريتول (PETN)، التي تنتج كميات كبيرة من الغاز وعائداً كبيراً منه، فُستخدّم عند الحاجة إلى تحطيم جسم ما، مثلاً عند تحطيم الجسور الاسمنتية.

## 3.3.4 الحساسية والتأثر

تشير الحساسية إلى كيفية تفعيل المتفجرة بفعل المُحفّزات الخارجية. وتشمل أبرز المُحفّزات في ما يخص المتفجرات التفريغ الكهروستاتيكي (الشرارة)، والاحتكاك، والحرارة، والشعلة، والصدمة، والاصطدام. لذا، تُستخدّم الحساسية لتحديد موثوقية عمل المتفجرة، ما يساعد على ضمان سلامة المناولة وتحديد قيود استخدام المتفجرة.

ينبغي تمييز التأثير عن الحساسية، إذ يشير التأثير إلى التفعيل غير المقصود للمتفجرة واحتمال تفعيلها من جرّاء مُحفّزات غير مرغوب فيها. ونظراً لعدم توحيد العبوات الناسفة يدوية الصنع، يحظى فهم تأثيرها بأهمية قصوى لضمان أمان المتفجرات.



الرسم 6. نبذة عن الحساسيات المستخدمة لوصف سلوك المتفجرات (المصدر: مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية ©)

### الحساسية تجاه الاصطدام

تشير الحساسية تجاه الاصطدام إلى الحساسية تجاه الاصطدام الميكانيكي. وتستخدم لقياسها وحدة القياس نيوتن<sup>18</sup> متر [N m] أو جول [J]. ويتم تحديد الحساسية تجاه الاصطدام في ظل شروط مخبرية، حيث يتم إسقاط وزن على عينة متفجرة إلى أن تصبح طاقة التفعيل الناتجة عن (زيادة) ارتفاع السقوط كافية لتحلل العينة أو انفجارها.

كلما زادت قيمة الرقم، زادت كمية الاصطدام المطلوبة الناتجة عن طاقة التفعيل. تبلغ حساسية مادة تي أن تي تجاه الاصطدام 15 جول تقريباً.<sup>19</sup> ونظرياً، على مستوى سطح البحر، إذا تم إسقاط وزن يبلغ 1.52 كغ من ارتفاع متر واحد على عينة محددة من مادة تي أن تي، فستحدث عملية تفاعل. أما بالنسبة إلى نيترازين، وهي متفجرة أولية، فعند إسقاط وزن يتراوح بين 100 و200 غ من ارتفاع متر واحد، تتراوح الحساسية بين 1 و2 جول. كذلك، تبلغ حساسية المتفجرة اليدوية الصنع المكونة من كلورات البوتاسيوم-البرافين 2.6 جول.<sup>20</sup>

ينبغي على المتفجرات العسكرية أن تكون عديمة الحساسية تجاه اصطدام الرصاص، وهو شرط قاس جداً بغية تعزيز السلامة.

### الحساسية تجاه الاحتكاك

تشير الحساسية تجاه الاحتكاك إلى الحساسية تجاه الاحتكاك الميكانيكي. تحتوي كافة الخلطات المتفجرة، الصلبة أو السائلة، على الهواء والشوائب (كالرمل والحصى). وعندما تتعرض المتفجرة اليدوية الصنع الصلبة لمُحفزٍ ماء، كالمُحفزات الحاصلة أثناء الطحن (الضغط والاحتكاك)، يتم ضغط جيوب الهواء بين الجسيمات. ويؤدي هذا الضغط إلى تسخين أديابي يتراوح بين 400 و500 درجة مئوية، وإلى تشكّل "بقع ساخنة" قد تدوم لجزء من الثانية فحسب. والبقع الساخنة هي تفاعلات متطايرة تحصل على المستوى المجهرى البلوري ويتراوح حجمها بين  $10^{-3}$  و  $10^{-5}$  ملم. تستطيع هذه البقع الساخنة رفع حرارة المتفجرة اليدوية الصنع بحيث تفوق حرارة إشعالها، ما قد يؤدي إلى اشتعالها أو انفجارها في حال فاقت كمية الطاقة التي تولدها البقع كمية الطاقة المفقودة في المناطق المحيطة في تلك الفترة. ويحصل الأمر نفسه في حال تواجد شوائب، فإذا كانت هذه الشوائب صغيرة وحادة / خارقة، لن يلزم سوى قدر قليل من الاحتكاك أو طاقة الاصطدام لإنتاج بقعة ساخنة (حيث يتم توليد الطاقة الموضعية عند السطح الفاصل بين الشوائب والجسيم المتفجر). بالتالي، قد تشتم بعض مركبات العبوات الناسفة يدوية الصنع (مثل بيروكسيد الأسيتون أو كلورات البوتاسيوم-الكبريت) بحساسية فائقة بحيث تُشعلها أصغر نسمة.

<sup>18</sup> نيوتن هي وحدة القياس الفيزيائية الموحدة لقياس القوة.

<sup>19</sup> يعادل 1 نيوتن 102 غ من الوزن على مستوى سطح البحر.

<sup>20</sup> بحسب الظروف المخبرية، سيكون هناك تغيرات.

**ملحوظة.** قد يحصل الاحتكاك أثناء نقل المتفجرات المبتكرة. لذا، ينبغي أن يكون الهدف منع التأثيرات الخارجية على العبوات الناسفة يدوية الصنع، أو على الأقل تقليلها.



تُستخدم وحدة القياس الفيزيائية نيوتن [N] لقياس الحساسية تجاه الاحتكاك. ويتم تحديد هذه الحساسية ضمن ظروف مخبرية عبر وضع أوزان على عيّنات متفجرة. ويغير الوزن المُستعمل عندما تبدأ العيّنة بالاشتعال، أو التشفق، أو الانفجار، عن مستوى الحساسية تجاه الاحتكاك. وكلما زادت قيمة الرقم (الوزن)، زادت مقاومة المتفجرة للتفعيل الناجم عن الاحتكاك.

على سبيل المثال، يبلغ مستوى الحساسية تجاه الاحتكاك لدى مادة تي أن تي 353 نيوتن تقريباً. أما لدى نيترازين، وهي متفجرة أولية، فيتراوح رقم الحساسية بين 5 و8 نيوتن.

الطاقة الحركية		القوة نيوتن	الوزن كلغ
جول/نيوتن متر	جول/نيوتن متر		
وزن أسقط من ارتفاع 2 متر	وزن أسقط من ارتفاع 1 متر	على مستوى سطح البحر	
1.962	0.981	0.981	0.1
3.924	1.962	1.962	0.2
5.886	2.943	2.943	0.3
7.848	3.924	3.924	0.4
9.81	4.905	4.905	0.5
11.772	5.886	5.886	0.6
13.734	6.867	6.867	0.7
15.696	7.848	7.848	0.8
17.658	8.829	8.829	0.9
19.62	9.81	9.81	1
29.43	14.715	14.715	1.5
39.24	19.62	19.62	2
58.86	29.43	29.43	3
78.48	39.24	39.24	4
98.1	49.05	49.05	5
196.2	98.1	98.1	10
392.4	196.2	196.2	20
588.6	294.3	294.3	30
1962	981	981	100

الجدول 5. لمحة عن القوة والطاقة الناتجتين عن إسقاط الأوزان

## الحساسية تجاه الحرارة

تقيس الحساسية تجاه الحرارة الحساسية تجاه الطاقة الناتجة عن الحرارة قبل حصول التحلل أو الانفجار. وتختلف طرق القياس، حيث تتعرض المتفجرة للحرارة بفعل الشعلات، أو الشرارات، أو الأجسام الشديدة السخونة، أو شعلة التفجير من صاعق الأمان المكوّن من البارود الأسود.

وتتأثر عملية التحلل بدرجة الحصر، فضلاً عن الطاقة الحرارية المنتجة. فكلما زادت درجة الحصر، زادت سرعة عملية التحلل.

يُستخدَم مصطلح "نقطة الاشتعال" للإشارة إلى الحرارة التي تبدأ عندها المتفجرة بالاشتعال.

### مثال: العوامل المؤثرة على الحساسية تجاه الحرارة والتفعيل غير المقصود

بسبب خصائص البقع الساخنة المتعلقة بالحجم ومدى الحياة، يتطلب تفعيل المتفجرات عبر البقع الساخنة طاقة / حرارة أكثر مما يتطلب تفعيلها عبر التعرض الدائم للشعلة أو الفولاذ الشديد السخونة. مثلاً، تتراوح حرارة إشعال مادة رباعي نترات خماسي إيريثريتول، وهي متفجرة ثانوية، عبر البقع الساخنة، بين 400 و430°م، في حين أن حرارة إشعالها عبر مصدر حرارة دائم (الحساسية تجاه الحرارة) تفوق 205°م.

تستطيع المواد المضافة كالصوفان والوقود رفع حساسية العبوات الناسفة يدوية الصنع تجاه الحرارة أو تخفيضها. على سبيل المثال، تتعرض مركبات كلورات البوتاسيوم للتفعيل غير المقصود لعدة أسباب، أولها تمتع مادة كلورات البوتاسيوم نفسها بنقطة انصهار (356°م) وحرارة تحلل (>400°م) منخفضتين. ويعود السبب الثاني إلى حرارة إشعال الوقود المستخدم - فكلما تددت حرارة إشعاله، زادت حساسية المركب. وتساهم إضافة الكبريت (نقطة انصهاره 119°م) في تخفيض حرارة إشعال مركب كلورات البوتاسيوم-الكبريت إلى 220°م. كذلك، غالباً ما يُحفز الوقود العضوي الإشعال على حرارة تعادل (أو تقارب) حرارة تحلله الحراري. ويؤدي كل من اللاكتوز والديزل إلى حرارة إشعال تبلغ 195°م و230°م على التوالي. أما السبب الثالث فهو وجود الشوائب التي تتغلغل إلى المركب أثناء التصنيع، سواء كانت مواد كالأحماض، أو مواد صلبة ذات نقطة انصهار متدنية كالكبريت. وقد تُخفض هذه الشوائب نقطة الانصهار أكثر، فتؤدي بذلك إلى عدم الاستقرار.

### الحساسية تجاه كبسولة التفجير (المُفجّر)

تقيس الحساسية تجاه كبسولة التفجير القدرة على الانفجار بفعل كبسولة تفجير واحدة أو مُفجّر واحد. وتختلف الطرق والاختبارات المعتمدة للقياس.

ولا تعتمد الحساسية تجاه كبسولة التفجير على خليط المتفجرة أو مركبها فحسب، بل تتأثر أيضاً بكثافتها.

### التحمل الكهروستاتيكي

يقيس التحمل الكهروستاتيكي الحساسية تجاه التفجير بفعل الانبعاثات الكهربائية، التي قد تنتج عن تفريغ كهروستاتيكي، أو إغلاق نقطة تلامس إلكترونية، أو قوس كهربائي.

## رقم عدم الحساسية

يعتبر رقم عدم الحساسية نهجاً دولياً موحداً للتعبير عن قدرة المتفجرات على مقاومة الاشتعال الناجم عن الارتطام. كلما انخفضت قيمة رقم عدم الحساسية، زادت حساسية المتفجرات. يستخدم متفجر التدمير السريع الثانوي كمتفجر معيار مرجعي لتحديد رقم عدم الحساسية. إن رقم عدم الحساسية لمتفجر التدمير السريع هو ٨٠.

يستخدم رقم عدم الحساسية لتصنيف المتفجرات: حساسة جداً (رقم عدم الحساسية أقل من أو يساوي ٥٠)، حساسة (رقم عدم الحساسية أكبر من ٥٠ وأقل من ١٠٠) وغير حساسة نسبياً (رقم عدم الحساسية أكبر من ١٠٠).

أرقام عدم الحساسية	
رقم عدم الحساسية > = ٥٠	حساسة جداً
٥٠ < رقم عدم الحساسية < ١٠٠	حساسة
رقم عدم الحساسية < ١٠٠	غير حساسة نسبياً

### الجدول 6. نظرة عامة على أرقام عدم الحساسية

على سبيل المثال، تسجل مادة "تي إن تي" رقم ١٥٢ في عدم الحساسية وتسجل مادة تتراسين رقم ١٣ في عدم الحساسية. يمكن أن يتراوح رقم عدم الحساسية لمزيج مرتجل مثل كلورات البوتاسيوم والسكر بين ٣٠ و٦٧، وذلك اعتماداً على نوع السكر والنسبة المئوية للمزيج. على هذا النحو، يمكن أن يقدم المتفجر اليدوي الصنع بتركيبة كلورات البوتاسيوم خصائص حساسة أو بالغة الحساسية.



صورة 20. متفجرات تدمير سريع (المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

## 3.3.5 توازن الأكسجين

يشير توازن الأكسجين إلى كمية الأكسجين المرتبط جزئياً التي تبقى بعد التحلل الكامل أو بدلاً من ذلك، كمية الأكسجين المفقودة لضمان التحلل الكامل. يؤدي توازن الأكسجين السلبي إلى تكوين غازات سامة مثل أول أكسيد الكربون أو أول أكسيد الكبريت. وإذا كان التوازن إيجابياً، فلن يتم تشكيل غازات سامة.

**ملحوظة.** يشير توازن الأكسجين إلى المتفجرات الصافية. يمكن أن يؤدي وجود الشوائب، خاصة في المتفجرات اليدوية الصنع، إلى تكوين غازات خطيرة وسامة بغض النظر عن تأثير التوازن المتكيف للأكسجين على الغازات المنتجة.



## 3.3.6 التجميع

من المعروف أن التجميع له تأثيراً كبيراً على تفاعل بعض المتفجرات بوجود حافز حراري خارجي. لا يسمح التجميع للمنتجات الغازية الناجمة عن الاشتعال بالهروب مما يزيد من الضغط على سطح المتفجرات وهذا يؤدي الى تسريع في معدلات الاحتراق حتى يتم الوصول إلى نقطة حرجة حيث يحدث حريق أو تفجير. وتميل بعض المواد المتفجرة إلى الاشتعال عندما لا تكون محصورة.

في ظل الظروف المناسبة (واعتماداً على درجة حساسية الحرارة للمتفجرات)، يمكن للتجميع أن يجبر المتفجرات الثانوية المعرضة للحرارة على الاحتراق أو الانفجار بسبب زيادة ضغط الغاز داخل الحاوية (مثل غلاف القذيفة). على سبيل المثال، عند التعرض للحرارة، يمكن أن يتسبب هذا التأثير في احتراق أو تفجير مادة "تي إن تي" المحصورة بينما من المحتمل أن تشتعل مادة "تي إن تي" غير المحصورة دون تأثير متفجر. يعرف هذا التأثير للحبس والحرارة على المتفجرات باسم "الانفجار المبكر".

### مثال: تأثير التجميع

#### تطبيق غير قانوني:

تم العثور على البارود الأسود في قنابل يدوية خاملة ومملوءة لدواعي التدريب. يكفي التجميع في جهاز القنبلة اليدوية لتحقيق زيادة مفاجئة في الضغط الناتج عن غازات الاشتعال المحصورة داخل الجهاز الفولاذي المقولب. ويؤدي تجاوز الضغط مستويات حرجة الى كسر الجهاز الفولاذي المقولب وإنتاج نمطاً قاتلاً للتشطي. وينطبق الشيء نفسه على القنابل الأنبوبية المرتجلة حيث يُفعل البارود الأسود داخل الأنبوب الفولاذي المغلق.

يستخدم التجميع لتحسين أداء مختلف أنواع العبوات الناسفة المبتكرة.

#### حادث:

كثيراً ما يلاحظ التفعيل الذاتي عندما تتعرض الذخيرة المحصورة (مثل قذائف المدفعية) لمستويات عالية من الحرارة. وفي حال اشتعال النيران في الذخائر أو تعرضها لحرارة الشديدة، يزداد الضغط الداخلي ويمكن أن يؤدي ذلك إلى الاحتراق أو التفجير.

يشكل هذا التأثير تهديداً كبيراً للمستجيبين الأوائل حيث لا يمكن تحديد وقت رد الفعل بين بداية الحريق وبداية التحلل.

**تحذير.** هذه الآثار المترتبة على الحبس تقلل من الوقت المناسب لمكافحة الحرائق.

#### إجراءات التخلص:

يعتبر قطع الذخائر، مثل قذائف المدفعية أو القنابل الجوية، بشحنات تفجير قاطعة إجراء شائع بدرجة منخفضة<sup>21</sup>. يسبب تأثير قطع الشحنة فجوة في غلاف الذخيرة. عادة، تتسبب الطاقة المتبقية من شحنة القطع باشتعال الحشوة المتفجرة أو تفجيرها. عندما يحدث الاشتعال، يمكن أن يحدث انتقال إلى الاحتراق أو التفجير عندما يكون إنتاج الغاز في غلاف القطع أعلى من كمية الغاز التي يمكن أن تهرب عبر الفجوة المقطوعة.

<sup>21</sup> تطبق تقنية التخلص من الذخائر المتفجرة لتحقيق سلامة جسم الذخيرة عن طريق عدم التسبب في أي أثر متفجر أو التسبب في تأثير انفجاري أقل بكثير من التأثير الذي صممت الذخيرة من أجله.

### 3.3.7 الاعتبارات المتعلقة بالخصائص الفيزيائية للمتفجرات اليدوية الصنع

تتمتع الخصائص الفيزيائية بنفس القدر من الأهمية بالنسبة للمتفجرات اليدوية الصنع كما بالنسبة للمتفجرات العسكرية والتجارية. بيد أن الافتقار إلى المعرفة فيما يتعلق باستقرار المتفجرات اليدوية الصنع المستخدمة في العبوات الناسفة المبتكرة وحساسيتها يشكل تهديداً كبيراً لمنظمات الأعمال المتعلقة بالألغام.

وبما أن المتفجرات اليدوية الصنع تنتج بأي مواد أولية ومعدات متاحة للصانع، فإن حساسيتها واستقرارها ليسا ثابتين، ولكنهما يتأثران بمجموعة متنوعة من العوامل. ولذلك لا ينصح بالاعتماد على الأرقام المختبرية، كما هو متبع مع المتفجرات المنتجة صناعياً. ومن المرجح أن يكون أداء المتفجرات اليدوية الصنع ضعيفاً من حيث القوة الانفجارية المذكورة في الأرقام المختبرية (نظراً لأنه من الصعب عموماً تكرار كثافة التحميل) ولكن من المحتمل أن تحترق أو تنفجر بسهولة أكبر نظراً لظروف التصنيع.

وإن القدرة (باستخدام الدعم التقني أيضاً) على التعرف على نوع المتفجرات اليدوية الصنع المعنية ومعرفة موادها الأولية وفهم المواد المضافة أو الشوائب التي يمكن أن تحتويها، تمكن منظمات الأعمال المتعلقة بالألغام من إجراء تقييم للمخاطر استناداً إلى الخصائص والخصائص الفيزيائية المتوقعة لنوع معين من المتفجرات اليدوية الصنع. وهذا يتيح الفرصة لتقييم مسارات العمل **الأمنة والمناسبة** والممكنة لجعلها آمنة.

## 4. المواد الكيميائية السليفة

يحدد هذا القسم المواد الكيميائية السليفة للمتفجرات اليدوية الصنع وخصائصها، بما في ذلك المعلومات المتعلقة بالأخطار المتفجرة وغير المتفجرة.

**ملحوظة.** وبما أن معظم المواد الكيميائية المذكورة في هذا القسم لها تطبيقات قانونية، فإن وجودها لا يشير تلقائياً إلى استخدامها في إنتاج المتفجرات اليدوية الصنع. ويؤدي وجود العديد من المواد الكيميائية إلى هذا الافتراض. فعلى سبيل المثال، قد تكون نترات الأمونيوم بمفردها ذات استخدام مشروع، ولكن وجود زيت الوقود أو مسحوق الألومنيوم في نفس المرفق قد يوحي بإمكانية تصنيع المتفجرات اليدوية الصنع. ومن شأن وجود كل من بيروكسيد الهيدروجين والأسيتون أن يشير تساؤلات أيضاً لأنها نوعين من المواد السليفة الرئيسية التي تستخدم لتصنيع متفجرات بيروكسيد العضوية.

**ملحوظة.** المعلومات حول تفاعل المواد الكيميائية المعروضة هنا ليست شاملة. ويركز هذا القسم على أنواع المواد الكيميائية التي كثيراً ما تصادف في بيئة المتفجرات اليدوية الصنع؛ ويمكن الوصول إلى المعلومات التفصيلية عبر صحائف بيانات السلامة الخاصة بالمادة الكيميائية.

**تلميح.** يمكن العثور على معلومات شاملة ومحدثة عن المواد الكيميائية باستخدام صحائف بيانات السلامة الكيميائية أو صحائف بيانات مختبرية موجزة عن السلامة الكيميائية. يمكن العثور على مجموعة كبيرة ومتنوعة من المصادر باستخدام الإنترنت. ويرد أدناه اثنان من المصادر الإلكترونية التي تمت استشارتها لدعم هذا الفصل<sup>22</sup>. ويعتبر كلا المصدرين شاملين تماماً ويقدمان مستوى جيداً من التفاصيل. كلاهما مفتوح المصدر وبالتالي فهي متاحة دون أي تكلفة.

مصادر صحائف بيانات السلامة صحائف البيانات المتعلقة بالمواد الخطر (GESTIS)

صحائف بيانات مختبرية موجزة عن السلامة الكيميائية المكتبة الوطنية للطب PubChem

تظهر الصورة ٢١ تلوث التربة بمادة "تي إن تي" بقذيفة تحطمت بسبب إجراء التخلص من الدرجة المنخفضة. يمكن الحصول على المعرفة حول المخاطر المحددة التي يشكلها هذا المتفجر (مثل الخصائص الفيزيائية والبيانات السمية والآثار السامة وتدابير الإسعافات الأولية في حالة الاستنشاق أو الامتصاص أو إجراءات التعامل الآمن) من خلال الرجوع إلى صحيفة بيانات السلامة الخاصة بمادة "تي إن تي" (على سبيل المثال: [صحيفة بيانات السلامة الخاصة بمادة "تي إن تي"](#)).


<sup>22</sup> يتضمن القسم ١٦ المراجع الإضافية مصادر إضافية.




الصورة 21. تلوث التربة بمادة "تي إن تي" (المصدر: مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية ©)


و غالباً ما تصادف المواد الكيميائية السليفة المعروضة هنا في احدى الحالتين التاليتين: كمادة كيميائية مختبرية صافية أو كأحد مكونات منتج مجهز صناعياً، مثل نترات الأمونيوم في الأسمدة أو مسحوق الألومنيوم في الدهانات. تركز هذه النظرة العامة على استخدام هذه المواد الكيميائية في المتفجرات اليدوية الصنع والمواد الخطرة المتفجرة وغير المتفجرة دون مناقشة مصدرها. ولا يتم تقييم فعالية أو قيمة استخدام المتفجرات اليدوية الصنع والتراكيب المرتجلة المعروضة أدناه. والقصد من ذلك هنا هو توفير معلومات عن خصائصها ومخاطرها.

**ملحوظة.** ما لم ينص على خلاف ذلك، تشير المعلومات المقدمة إلى الحالة الكيميائية الصافية. 

**تحذير.** المواد التي تنتج أبخرة قابلة للاشتعال قد تحترق أو تنفجر عند تعرضها لزيادة في الضغط، لا ينبغي أن تحصر في حاويات. 






**تحذير.** قد يؤدي امتصاص أو استنشاق أو ابتلاع الأبخرة أو السوائل أو المكونات الصلبة لمعظم المواد المذكورة إلى التسمم أو قد يكون مسرطناً. وينبغي عدم الاستهانة بآثارها الفورية أو الطويلة الأجل. يتم سرد ردود الفعل الحادة المحتملة فقط، ولكن ليس الضرر طويل الأجل. لا تعتبر الجرعة المميتة. ويمكن الاطلاع على هذه المعلومات التفصيلية في قواعد بيانات المواد الكيميائية التي يتم تحديثها بانتظام. 

ويقوم النظام المنسق عالمياً لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها (GHS)، الذي وضعته الأمم المتحدة، بتعريف وتصنيف المخاطر التي تشكلها المنتجات الكيميائية وإبلاغ معلومات الصحة والسلامة على الملصقات وصحائف بيانات السلامة. ويتمثل أحد أهداف النظام المنسق عالمياً لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها في تحديد مجموعة من القواعد القابلة للتطبيق عالمياً لتصنيف المخاطر فضلاً عن شكل ومحتوى ملصقات التحذير. ومعايير الحد الأدنى للتصنيف الخاص بهذا النظام هي الأخطار الصحية والأخطار المادية والأخطار البيئية.

**تلميح.** تتوفر ملصقات تحذير إقليمية و/أو وطنية بأشكال مختلفة. وينبغي أن يستكشفها العاملين في مجال الأعمال المتعلقة بالألغام، استناداً إلى البلد/المنطقة التي يعملون فيها أو البلد/منطقة الصنع. 

بناءً على خصائصه، يمكن تمييز غلاف المادة الكيميائية بواحد أو أكثر من الرسوم التخطيطية للخطر التابعة للنظام المنسق عالمياً لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها. يرمز كل رسم تخطيطي إلى تحذير مرتبط بمخاطر محددة. على سبيل المثال، يحذر الرسم التخطيطي GHS 08 من المخاطر الصحية الجهازية. هذه المخاطر الصحية الجهازية هي التحسس التنفسي ومخاطر الاستنشاق والسرطنة وطفرات الخلايا الجرثومية أو السمية التناسلية وسمية الأعضاء المستهدفة المحددة. وتحدد بيانات المخاطر المتعلقة بالنظام المنسق عالمياً لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها (H) التحذير الأولي الذي يوفره الرسم التخطيطي للنظام نفسه وتحدد البيانات التحذيرية للنظام (P) الإجراءات اللازمة لمواجهة هذه الأخطار<sup>23</sup>. يتم توثيق البيان والأخطار والاحتياطات في صحائف بيانات السلامة الخاصة بالمادة الكيميائية. وترد في الجدول 7 أدناه الصور التخطيطية لأخطار بالنظام المنسق عالمياً لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها (GHS).

**ملحوظة.** في حال وجود تصنيف (تصنيفات) GHS لمادة كيميائية ما، يمكن إيجاد الرسم التوضيحي الخاص بالأخطار المحددة كمعلومات في هذا الفصل.

GHS 01 قنبلة متفجرة • متفجرات غير مستقرة	
GHS 02 شعلة • مادة كيميائية أو خليط قابل للاشتعال	
GHS 03 لهب فوق دائرة • مادة كيميائية أو خليط مؤكسد	
GHS 05 التآكل • فئة 1 للمواد الكيميائية المسببة للتآكل	
GHS 06 الجمجمة والعظام المتقاطعة • فئة 1-3 للمواد الكيميائية السامة	
GHS 07 علامة التعجب • فئة 4 للمواد الكيميائية السامة • فئة 2-3 للمواد الكيميائية المهيجة • خطر صحي جهازي أكثر انخفاضاً	
GHS 08 الأخطار الصحية • الخطر الصحي الجهازي	
GHS 09 البيئة • خطر على البيئة	

الجدول 7. قائمة صور GHS التخطيطية ومعانيها

<sup>23</sup> يمكن العثور على نظرة عامة شاملة ومفصلة لفئات الأخطار ورموز H ورموز P المدرجة هنا: [https://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/docs/GHS\\_EU\\_Poster.pdf](https://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/docs/GHS_EU_Poster.pdf)

## مثال: استخدام صحائف بيانات السلامة وتصنيفات النظام المنسق عالمياً لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها

يصنف نظام GHS بيروكسيد الهيدروجين كعامل مؤكسد له خصائص تآكل ومهيجة. وهذا يؤدي إلى وضع ثلاثة صور GHS التخطيطية للمخاطر على الحاويات أو الأغلفة التي تحتوي على مادة بيروكسيد الهيدروجين:



يتم توفير بيانات الأخطار لنظام GHS التالية المتعلقة بأخطارها المحددة في صحيفة بيانات السلامة الخاصة ببيروكسيد الهيدروجين:

- H271 : قد يتسبب في نشوب حريق أو انفجار؛ مؤكسد قوي  
[خطر السوائل المؤكسدة؛ المواد الصلبة المؤكسدة]
- H302 : ضار إذا تم ابتلاعه  
[تحذير<sup>24</sup> السمية الحادة، عن طريق الفم]
- H314 : يسبب حروقاً جلدية شديدة وتلفاً في العين  
[خطر تآكل الجلد / تهيج]
- H332 : ضار إذا تم استنشاقه  
[تحذير من السمية الحادة، استنشاق]

رموز البيانات التحذيرية المقدمة في صحائف بيانات السلامة:

P210, P220, P221, P260, P261, P264, P270, P271, P280, P283, P301+P312,  
P301+P330+P331, P303+P361+P353, P304+P312, P304+P340,  
P305+P351+P338, P306+P360, P310, P312, P321, P330, P363, P370+P378,  
P501 و P371+P380+P375, P405

- P210 : يحفظ بعيداً عن الحرارة والأسطح الساخنة والشرر واللهب المكشوف ومصادر الاشتعال الأخرى - ممنوع التدخين
- P220 : يحفظ بعيداً عن الملابس والمواد الأخرى القابلة للاشتعال
- P221 : اتخاذ أي احتياطات لتجنب الاختلاط مع المواد القابلة للاشتعال
- P260 : لا تستنشق الغبار/الأبخرة/الغاز/الضباب/الأبخرة /الرداذ
- ...

توفر بيانات المخاطر وبيانات الاحتياطات الواردة في صحائف بيانات السلامة الخاصة بالمادة الكيميائية، معلومات شاملة عن مخاطرها وتدبير السلامة المطلوبة.

<sup>24</sup> يشير الخطر إلى مخاطر غير مرتبطة بإجراءات محددة؛ يشير التحذير إلى المخاطر المرتبطة بإجراءات محددة.

في بعض الأحيان لا يمكن تحديد بيانات نظام GHS على غلاف/حاوية مادة كيميائية. ويقترح الجدول 8 أدناه نهجاً فيما يتعلق بالتصنيف الأول للمواد الكيميائية غير المعلمة.

	مادة كيميائية صلبة
 على النحو الوارد أعلاه بما في ذلك:	مادة كيميائية سائلة

#### الجدول 8 النهج المتبع فيما يتعلق بالتصنيف الأول للمواد الكيميائية غير المعلمة

ويرد فيما يلي عرض للمواد الكيميائية والمتفجرات اليدوية الصنع مع التركيز على المعلومات التي يُنظر فيها لدعم التخفيف من المخاطر. وبالنظر إلى المعلومات المتاحة، فإن المحتوى المختار هنا ليس شاملاً. وستضمن المعلومات، عند توفرها، ما يلي:

- الاسم والصيغة والاختصار (الاختصارات) والمرادف (المرادفات)؛
- صورة وصورة (صور) تخطيطية للمخاطر من نظام GHS؛
- الاستخدامات الصناعية (القانونية) والخاصة؛
- المظهر؛
- السلوك الكيميائي بما في ذلك:
  - القابلية للاشتعال؛
  - تعزيز حريق موجود
  - خطر انفجار الغبار؛
  - ردود الفعل العنيفة / المتفجرة عند ملامسة مواد أخرى؛
  - خصائص التآكل أو الكاوية؛
- سميّة المادة بما في ذلك:
  - مخاطر مثل تهيج أو اضطراب أو تلف شديد في الأغشية المخاطية أو الجلد أو العينين أو الرئتين أو الجهاز التنفسي أو الدم أو الأعضاء الداخلية أو الجهاز العصبي المركزي؛
- المواد التي (لا) يجب استخدامها في التغليف (على سبيل المثال بسبب ردود الفعل بين المادة ومواد التغليف)؛
- وسائل مكافحة الحرائق التي (لا) يجب استخدامها، مثل الماء أو رذاذ الماء النفاث أو رغوي إطفاء الحريق أو مساحيق إطفاء الحريق أو أنظمة إطفاء الحريق بثاني أكسيد الكربون؛
- مستوى الخطر فيما يتعلق بإمدادات المياه<sup>25</sup>

<sup>25</sup> تحدد المخاطر على إمدادات المائية درجة التأثير السام على الحياة المائية إذا دخلت مادة كيميائية في دورة المياه. وهذا يشمل الآثار طويلة الأمد والمخاطر طويلة الأجل.

## 4.1 أساسيات المعلومات الفيزيائية

يقدم هذا القسم نظرة عامة على المعلومات الفيزيائية التي تؤثر على القوة التدميرية للعبوات النافسة يدوية الصنع وقوتها واستقرارها وحساسيتها.

### نسبة المكونات

النسبة بين الوقود والمؤكسد مهمة لتوازن الأوكسجين لأنها تحدد ما إذا كانت كمية الأوكسجين في المتفجرات كافية لتحقيق أكسدة كاملة. الخلطات المتفجرة الأكثر كفاءة هي تلك التي لديها توازن أوكسجين يساوي صفراً أو أقرب ما يمكن إلى الصفر (على سبيل المثال، الإيثيلين غليكول دينترات والنيتروغليكول). يضمن توازن الأوكسجين المثالي التحلل الكامل للمتفجرات اليدوية الصنع وتقليل إنتاج الغازات السامة مثل أول أكسيد الكربون أو أكسيد النيتروجين والذي يحدث عندما يكون هناك نقص في الأوكسجين المتاح (توازن الأوكسجين السلبي).

يتم تحديد نسبة المكونات المطلوبة في مادة متفجرة من خلال حساب متكافئ<sup>26</sup>. فعلى سبيل المثال، الغازات السامة كمنتج ثانوي لاستخدام متفجرات غير مرغوب فيها في الاستخدامات التجارية مثل المحاجر والمناجم. على هذا النحو، سيتم استخدام طريقة قياس العناصر المتكافئة لتحديد نسبة المواد الكيميائية التي تنتج الغازات الأقل سمية.

### درجة الاختلاط

تخلق درجة الخلط الشرط الأساسي للتحلل المتجانس. وقد تتحلل المتفجرات المرتجلة والمختلطة بشكل سيئ جزئياً أو بطريقة غير مضبوطة. لذلك، قد تكون المكونات مبعثرة، وقد لا يتفاعل المتفجر اليدوي الصنع على الإطلاق أو لا يمكن التنبؤ به في سلوك اشتعاله أو احتراقه. علاوة على ذلك، يمكن أن تظهر النقاط الساخنة الحساسة بشكل خاص داخل عبوات ناسفة مبتكرة أثناء الخلط، مما قد يؤدي إلى انفجار غير مقصود.

**ملاحظة.** يمكن أن يؤدي التفجير الجزئي لمتفجر يدوي الصنع إلى المزيد من المخاطر. يجب مراعاة فترة انتظار آمنة<sup>27</sup> بعد حدوث تفجير جزئي، وهي عادةً لمدة ٣٠ دقيقة. وينبغي أن يأخذ تقييم المتفجرات في الاعتبار أنه يمكن لمخلفات المتفجرات المرتجلة أن تنتشر عبر موقع التخلص، مما سيؤدي إلى الحاجة إلى اتخاذ المزيد من خطوات التطهير والمخاطر المحتملة..

**تحذير.** إن الخصائص الفيزيائية لكل شحنة رئيسية منفصلة قد تختلف على الرغم من أنه يمكن استخدام المؤكسدات والوقود المتطابقين في مجموعة كاملة من المتفجرات اليدوية الصنع.

### الكثافة

تشير الكثافة إلى درجة انضغاط المادة كما تؤثر على القوة التفجيرية للمتفجرات بشكل كبير. تضمن الكثافة المثلى أقصى سرعة للتفجير ولكن لا تعادل الكثافة القصوى بالضرورة السرعة القصوى للتفجير. إذا كانت كثافة المتفجرات اليدوية الصنع عالية جداً، فقد يصبح من الصعب تفعيل بعض المتفجرات المرتجلة من خلال محفزات خارجية (مثل اللهب أو الصدمة). يُعرف هذا التأثير باسم "الضغط الميت" بالنسبة لبعض المتفجرات المنتجة صناعياً. فعلى سبيل المثال، يتم ضغط مادة النتراسين وفولمينات الزنك وديازودينيتروفيينول والمتفجرات الأولية المصنوعة من البيروكسيد بسهولة بالغة، مما يسبب مشاكل في الموثوقية.

<sup>26</sup> الحساب الكيميائي لكتلة وحجم المواد المشاركة في التفاعل بناءً على معادلة التفاعل.

<sup>27</sup> يمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات حول وقت الانتظار في دليل الممارسات السليمة لإزالة العبوات النافسة المبتكرة، مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الأنغام للأغراض الإنسانية، الفصل 3 - التخلص من العبوات النافسة المبتكرة - القسم 1.4 المبادئ العامة، جنيف، ٢٠٢٠.



## المساحة السطحية (للمتفجرات)

وبما أن الأكسجين اللازم لتفجير المتفجرات مرتبط داخلها، فإن كمية المتفجرات التي يمكن أن تتحلل لكل وحدة زمنية ترتبط بالمنطقة السطحية المتضررة من المتفجر فقط. ونتيجة لذلك، فإن زيادة منطقة سطح المتفجرات ستزيد من الحساسية ومعدل التفاعل.

## حجم الجسيمات / شكل الجسيمات

يؤثر حجم الجسيمات بشكل كبير على معدل تحلل المتفجرات. يزداد معدل الاحتراق مع انخفاض حجم الجسيمات. يواجه حجم الجسيمات (بالتنسيف الوثيق مع التجميع) التأخير بين الاشتعال والتفجير بالنسبة للمتفجر الذي لديه القدرة على الانتقال من الاحتراق إلى الانفجار. في حالة مادة الدفع، يعتبر حجم الجسيمات من أحد المعلمات التي تنظم معدل الاحتراق. ومع انخفاض حجم الجسيمات، يلزم طاقة أقل للوصول إلى درجة حرارة اشتعال المتفجر، مما يؤثر على عملية التفعيل أيضاً. لذلك، فإن خفض حجم الجسيمات يجعل المتفجر أكثر حساسية وتفعيله أسهل. كما يتيح تناقص حجم الجسيمات درجة أفضل من الخلط، ويمكن خلط الوقود بشكل أفضل مع المؤكسد مما يؤدي إلى قوة تدميرية أعلى، من بين تأثيرات أخرى.

لا يعتمد حجم منطقة سطح المتفجرات على حجم الجسيمات فحسب، بل يعتمد أيضاً على شكلها. نفس المتفجرات التي تحتوي على جسيمات على شكل رقائق لها نسبة حجم إلى منطقة سطحية أكبر من تلك التي تحتوي على جسيمات على شكل كرات من نفس الحجم وستكون لها تفاعلية أفضل. ويعود ذلك إلى أن الكرة هي الجسم الهندسي ذي أصغر منطقة سطحية من حيث النسبة إلى حجمها.

**تحذير.** بشكل عام، سيؤدي تناقص حجم الجسيمات إلى زيادة نسبة الحساسية.



## التجميع

يمكن أن يؤدي التجميع إلى الانتقال من الاشتعال إلى التفجير. بشكل عام، يؤدي التجميع إلى تسريع معدل تحلل المتفجرات المبتكرة حيث يتم تأخير تحرير الضغط أو إعاقة أو حتى منعه. كلما زادت درجة الحسب وقدرة المادة المحصورة على مقاومة التأثيرات النشطة للتحلل، كلما زاد احتمال احتراق المتفجر المحصور أو انفجاره.

## هندسة الشحنة والقطر الحيوي

لضمان تحلل المتفجرات، يجب أن تتوافق هندسة الشحنة على الأقل مع القطر الحيوي للمتفجرات المبتكرة. القطر الحيوي هو الحد الأدنى لقطر الشحنة (الأسطوانية) حيث لا يزال يحدث تفجير المتفجرات الشديدة الانفجار. يتأثر القطر الحرج إلى حد كبير بالتركيب الكيميائي للمتفجرات. ويمكن العثور على الأقطار الحيوية لمجموعة متنوعة من المتفجرات في المصادر ذات الصلة؛ وهي تختلف اختلافاً كبيراً حتى بالنسبة لنفس النوع من المتفجرات. ويتأثر القطر الحيوي بشدة بالتجميع أو حجم الجسيمات أو سرعة التفجير أو الكثافة أو درجة الحرارة المحيطة للمتفجرات غير المتفاعلة، من بين أمور أخرى. في ظل الظروف المختبرية، يتراوح القطر الحيوي لزيت الوقود من نترات الأمونيوم بين 5 سم و6.35 سم، أي أكبر بعدة مرات من القطر المطلوب لمادة "تي إن تي" (2 مم إلى 1 سم).

## المظهر

على النقيض من المتفجرات العسكرية التي يمكن التعرف عليها بسهولة في الغالب على أنها تحتوي على مكون واحد موحد في شكل صلب، فإن غالبية المتفجرات اليدوية الصنع تتشكل من خليط من مؤكسد ووقود. يمكن أن تكون أيضاً صلبة أو سائلة. وعلى هذا النحو، من المرجح أن تظهر المتفجرات اليدوية الصنع بألوان وأحجام جسيمات وروائح مختلفة من المتفجرات العسكرية<sup>28</sup>.

<sup>28</sup> يتم ذكر المظاهر النموذجية بما في ذلك الصور (إن وجدت) مع المواد الكيميائية والمركبات المقابلة أدناه.



الصورة 22. ظهور متفجر يدوي الصنع غير معروف يستخدم في شحنة رئيسية (المصدر: ©FSD)




الصورة 23. ظهور متفجر يدوي الصنع غير معروف يستخدم في شحنة رئيسية (المصدر: © BCL-YMACC)

## 4.2 أحماض

يعرض هذا القسم الأحماض التي تصادف عادة في تصنيع المتفجرات اليدوية الصنع.

تلزم الأحماض لتنقية أو توليف المواد. ويمكن أن تعمل كمواد متفاعلة أو محفزات. تستخدم كل من الأحماض العضوية وغير العضوية في إنتاج المتفجرات اليدوية الصنع. يختلف تركيز الأحماض حسب المصدر. بالنسبة لبعض الإجراءات، يلزم وجود حد أدنى من تركيز الحمض. على سبيل المثال، تتطلب الأحماض المستخدمة في تفاعلات النترات تركيزاً من ٦٥٪ وتصل حتى ٩٩٪. عادة، تفضل الشركة المصنعة الأحماض عالية التركيز (الأحماض القوية مثل حمض الكبريتيك أو حمض النيتريك أو حمض الهيدروكلوريك).

**تحذير.** تحرق الأحماض الجلد وتدمر الملابس. إذا انسكب أي حمض، فيجب غسله بكمية كبيرة من الماء ويجب طلب العناية الطبية في أقرب وقت ممكن. يجب عدم استنشاق الأبخرة التي ينتجها الحمض. 

قد يواجه العاملون في مجال الأعمال المتعلقة بالألغام الأحماض في مرافق التصنيع المهجورة أو مواقع التخزين المهجورة أو كفايات تصنيع. يمكن أن تكون الأحماض سامة وخطرة على البيئة. بشكل عام، تنبعث أبخرة سامة من الأحماض وهي مسببة للتآكل للمواد العضوية وغير العضوية. لا يجب خلط الماء مع الأحماض لأن هذا يمكن أن يؤدي إلى تفاعل طارد للحرارة عنيف. كما أن إضافة المعادن إلى الأحماض المركزة يمكن أن يؤدي أيضاً إلى تفاعل طارد للحرارة عنيف.

**ملحوظة.** في حال وجب تخفيف الحمض، يجب إضافة الحمض إلى الماء بكميات صغيرة وببطء شديد. 

**تحذير.** يمكن أن تؤدي بقايا الحمض في المتفجرات اليدوية الصنع إلى الاشتعال الذاتي التلقائي، على سبيل المثال في حالة النيتروسيليلوز وبعض أنواع الديناميت. 



الصورة 24. حمض الخليك

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

حمض الخليك مهم في مجال الصناعة الكيميائية. يستخدم على نطاق واسع كعامل إزالة الترسبات وكمعامل تنظيف وفي أشكال أقل تركيزاً (أي الخل) للاستخدام المنزلي. نادراً ما يحتوي الخل على أكثر من 5% من تركيز الحمض. حمض الخليك هو إحدى المواد السليفة المحتملة لسداسي ميثيلين ثلاثي بيروكسيد ديامين وثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأسيتون.

حمض الخليك هو سائل عديم اللون يتبلور عند 17 درجة مئوية وله رائحة قوية حامضة تشبه رائحة الخل. وهي مادة متقلبة واسترطابية.

### السلوك الكيميائي

حمض الخليك سائل صافٍ قابل للاشتعال. وإذا تم تسخينه فوق نقطة اشتعاله، يمكن أن يشكل أبخرته مخاليطاً متفجرة مع الأكسجين الجوي.

يمكن أن يحدث انفجار أو تفاعل عنيف عندما يتلامس حمض الخليك مع بيروكسيد الهيدروجين أو غيره من الأحماض القوية أو المؤكسدات على سبيل المثال.

### سمية المادة

حمض الخليك له تأثير مهيج للغاية (قد يسبب تآكل) على الأغشية المخاطية والجلد مع زيادة تركيزه. يمكن أن يحدث تلف شديد في العيون والرئتين عند التعرض لدرجات عالية من التركيز.

لا ينبغي تخزين حمض الخليك في حاويات مصنوعة من النحاس الأصفر أو النحاس أو الحديد أو الزنك. الحاويات المناسبة لتخزينه تكون مصنوعة من الألومنيوم أو الزجاج أو البولي إيثيلين.

يشكل حمض الخليك خطراً طفيفاً على إمدادات المياه<sup>29</sup>.

**ملحوظة:** استرطابي يعني أنه يجذب الماء بسهولة. تمتص المواد الاسترطابية بخار الماء حتى من الهواء وتشكل محلولاً مشبعاً. تبدأ المواد الصلبة الاسترطابية في التكتل. قد تلدن أو تسيل (سطح) مادة ما إذا تم امتصاص كمية كافية من الماء. امتصاص الماء يمكن أن يقلل من تفاعل وحساسية المادة المتأثرة.



**ملحوظة:** نقطة الاشتعال هي أدنى درجة حرارة تتبخر فيها مادة متطايرة لتشكيل خليط قابل للاشتعال مع الهواء في وجود مصدر ناري وتستمر في الاحتراق حتى بعد إزالة مصدر الزناد<sup>30</sup>.



<sup>29</sup> تحدد الأخطار على إمدادات المياه درجة التأثير السام على الحياة المائية إذا دخلت مادة كيميائية في دورة المياه. وهذا يشمل الآثار طويلة الأمد والمخاطر طويلة الأجل

<sup>30</sup> خواكين إسحاق غارسيا وآخرون، الكيمياء العضوية التجريبية - دليل المختبر (المطبعة الأكاديمية، ٢٠١٥).



الصورة 25. حمض الستريك  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يستخدم حمض الستريك لجعل المشروبات والمواد الغذائية حامضة وفي مزيج الرواسب الكلسية كمنقي للمياه وفي مستحضرات التجميل والمنتجات الصيدلانية. حمض الستريك هو إحدى المواد السليفة المحتملة لسداسي ميثيلين ثلاثي بيروكسيد ديامين.

حمض الستريك هو مادة صلبة بيضاء وعديمة الرائحة في شكل مسحوق أو بلوري. إنه قابل للذوبان بسهولة في الماء حيث يمكن أن يؤدي إلى/ينتج رائحة حمضيات خفيفة.

### السلوك الكيميائي

يشكل حمض الستريك الصافي خطر احتراق طفيف عند تعرضه للحرارة أو اللهب. يمكن أن يحدث تفاعل عنيف عندما يتلامس حمض الستريك مع المؤكسدات أو العوامل المختزلة أو المعادن على سبيل المثال. وقد ينتج تفاعل متفجر إذا تم خلط حمض الستريك مع أملاح معدنية<sup>31</sup>. يمكن أن يساهم مسحوق حمض الستريك في انفجار الغبار<sup>32</sup>.

### سمية المادة

يمكن أن يسبب حمض الستريك تهيجاً وله تأثير كاوي على العينين بالإضافة إلى تأثير مزعج على الشعب الهوائية العلوية.

لا يجب تخزين حمض الستريك في حاويات مصنوعة من المعادن الأساسية. الحاويات المصنوعة من الزجاج أو الصلب مقبولة.

لا يشكل حمض الستريك أخطار معروفة على المياه وخزانات المياه.

<sup>31</sup> الملح المعدني هو مركب كيميائي من معدن وحمض.

<sup>32</sup> مراجعة القسم 4.4.2. الوقود الصلب.



الصورة 26. حمض الهيدروكلوريك المختبرية  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

حمض الهيدروكلوريك مهم للصناعات الكيميائية والصيدلانية والجلفانية حيث يتم استخدامه في أشكال عالية التركيز لتخليق الفولاذ (إذابة أكاسيد المعادن من أسطح الفولاذ/الحديد). في علم الأحياء، حمض الهيدروكلوريك هو عنصر مهم في عصارة المعدة لدى البشر والحيوانات. يتم استخدامه كمتفاعل في تصنيع المتفجرات اليدوية الصنع كحمض معدني قوي.

حمض الهيدروكلوريك هو سائل عديم اللون يميل إلى الصفار له رائحة نفاذة.

### السلوك الكيميائي

حمض الهيدروكلوريك مسبب للتآكل الشديد ويتفاعل مع الأكسجين الجوي المحيط به مما يشكل أبخرة حمض كارية أثقل من الهواء. يمكن أن يحدث تفاعل عنيف عندما يتلامس حمض الهيدروكلوريك مع المعادن القلوية والمواد العضوية.

### سمية المادة

حمض الهيدروكلوريك له تأثير مهيج وتآكلي على العينين والجهاز التنفسي والجلد كما هناك خطر تلف شديد في العيون والرئتين. ينتج أبخرة خائفة يمكن أن تعجز بسرعة أولئك الذين يتعرضون لها. يجب طلب العناية الطبية على الفور إذا تم ابتلاعه.

لا ينبغي تخزين حمض الهيدروكلوريك في حاويات مصنوعة من المعادن. الحاويات المصنوعة من الزجاج أو البولي إيثيلين أو كلوريد البولي فينيل مناسبة.

يشكل حمض الهيدروكلوريك خطراً طفيفاً على إمدادات المياه.

**ملحوظة.** المعادن القلوية هي الليثيوم والصوديوم والبوتاسيوم والروبيديوم والسيزيوم والفرنسيوم. المعادن القلوية هي عناصر ناعمة وقابلة للاشتعال وتفاعلية للغاية (متفجرة في بعض الأحيان). تشتعل عند تسخينها في الهواء أو في تركيبة مع الأكسجين وتتفاعل بعنف عند ملامستها للرطوبة لتشكل الهيدروجين (الذي يمكن أن يشتعل من الحرارة الناتجة عن التفاعل) ودخان الهيدروكسيد المقابل (التآكل). المعادن القلوية الساخنة تحترق من تلقاء نفسها في الهواء الجوي وتذوب. وفي شكل مسحوق وغبار، يمكن للمعادن القلوية أن تشتعل ذاتياً في درجات الحرارة العادية (٢٠ درجة مئوية). بشكل عام، تتفاعل المعادن القلوية بعنف شديد عند ملامستها للماء. فهي لا تغرق ولكنها تطفو على سطح الماء مع ظهور النار والانفجارات. يشكل تفاعلها مع الماء غاز الهيدروجين القابل للاحتراق بسهولة والذي يمكن أن يشتعل والهيدروكسيد المسبب للتآكل الشديد. ممكن حدوث الانفجارات في الغرف المغلقة/الأماكن الضيقة. ولا تزال المخالط المسببة للتآكل التي يمكن تشكيلها بالماء فعالة حتى عند تخفيفها.





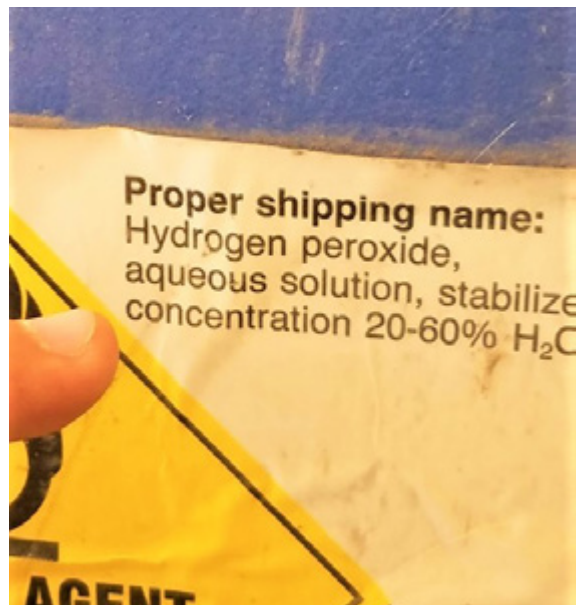
الصورة 27. ٣٠٪ من بيروكسيد الهيدروجين  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

لبيروكسيد الهيدروجين مجموعة متنوعة من الاستخدامات، سواء في المجال الصناعي أو في الاستخدام المنزلي ويتم استخدامه كعامل تبييض ومطهر. يستخدم بيروكسيد الهيدروجين المركز في الوقود الدافعة، على سبيل المثال وقود الصواريخ السائل ولإنتاج عبوات ناسفة مبتكرة بالبيروكسيد العضوي مثل سداسي ميثيلين ثلاثي بيروكسيد ديامين وميثيل إيثيل كيتون بيروكسيد وثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون.

يتراوح لون بيروكسيد الهيدروجين من سائل عديم اللون إلى سائل أزرق فاتح حسب نسبة تركيزه ودرجة تطايره منخفضة.

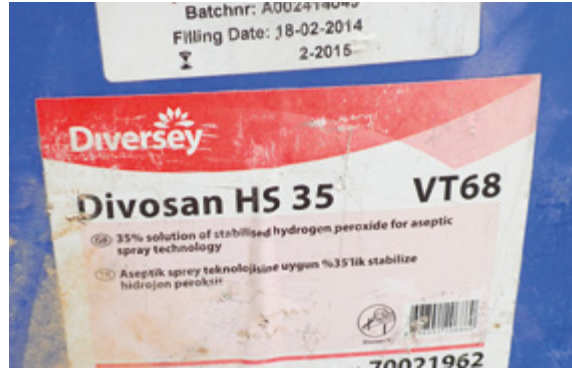
#### السلوك الكيميائي

لا تحترق مادة بيروكسيد الهيدروجين نفسها ولكنها تتفاعل بعنف مع المواد القابلة للاشتعال بحيث يمكن أن تتسبب في اشتعالها وأحياناً دون أي مصدر اشتعال آخر. يمكن أن تزيد بشكل كبير من فعالية حريق ناشب بحسب كمية الأكسجين في تركيبته. لا ينبغي السماح لبيروكسيد الهيدروجين بتركيز < 8% بالتلامس مع الأقمشة أو الجلود.



الصورة 28. حاوية بيروكسيد الهيدروجين – نتاج ميدانية  
(المصدر: مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية ©)

يمكن أن يحدث انفجار أو تفاعل عنيف عندما يتلامس بيروكسيد الهيدروجين على سبيل المثال، مع الأسيتون أو حمض الخليك أو ألياف القطن أو المواد القابلة للاشتعال أو الغليسرين أو الهيدرازين أو المساحيق المعدنية أو حمض النيتريك أو النيتروميثان أو حمض الكبريتيك أو الخشب.





الصورة 29. برميل من بيروكسيد الهيدروجين - نتاج ميدانية (المصدر: CAR ©)

### سمية المادة

يمكن أن يسبب بيروكسيد الهيدروجين تهيجاً، كما له تأثير مسبب للتآكل على الجلد والأغشية المخاطية والعينين ويسبب تغيرات التهابية في الجهاز التنفسي وذلك بحسب درجة تركيزه. وفي الحالات القصوى، يسبب تلف رئوي بسبب درجات تركيز عالية للأبخرة/الهباء الجوي. وإذا تم ابتلاعه، يمكن أن يسبب بيروكسيد الهيدروجين فقاعات غاز قاتلة في الدم.

لا ينبغي تخزين بيروكسيد الهيدروجين في حاويات مصنوعة من النحاس الأصفر أو البرونز أو النحاس أو الحديد. الحاويات المصنوعة من الزجاج أو البولي إيثيلين (تركيز > 60%) أو كلوريد بوليفينيل (تركيز > 60%) مقبولة. يشكل بيروكسيد الهيدروجين خطراً طفيفاً على إمدادات المياه.

**ملحوظة.** بيروكسيد الهيدروجين هو مؤكسد قوي لأن تركيبته الكيميائية تحتوي على 94% من النسبة الوزنية للأكسجين. يجب اعتبار أي حاوية من بيروكسيد الهيدروجين التي تحمل علامة على أنها تحتوي على تركيز أعلى من 35% مشبوهة ويتم الإبلاغ عنها. 

**تحذير.** يمكن أن تؤدي ملامسة بيروكسيد الهيدروجين للمواد الكيميائية العضوية (مثل حمض الفورميك) إلى تفاعلات تحلل متفجرة عنيفة. 



الصورة 30. 50% بيروكسيد الهيدروجين لوحظ في اليمن (المصدر: BCL ©)



**حمض النيتريك – غير عضوي [HNO<sub>3</sub>] أو أكوا فورتيس، أو فورت، نترات الهيدروجين، حمض النيتريك الأحمر الدخاني، حمض النيتريك الأبيض الدخاني**



الصورة 31. 65% حمض النيتريك  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)



الصورة 32. 100% حمض النيتريك  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

حمض النيتريك له استخدام واسع في الصناعة الكيميائية. وهو أساسي في إنتاج العديد من المتفجرات كعامل نترجة رئيسي. يتم استخدامه لإنتاج النترات والأسمدة ولفصل الذهب والفضة ويستخدم في الصناعة الجلفانية وفي صناعة الطلاء (دهانات النيتروسيليلوز). يستخدم حمض النيتريك عالي التركيز كمؤكسد في المتفجرات السائلة (على سبيل المثال "لهوفيت": متفجرات تتكون من خليط من حمض النيتريك ودينيتروبنزين) أو في وقود الصواريخ السائل (حمض النيتريك الأحمر الدخاني/ حمض النيتريك الأبيض الدخاني). يتراوح نسبة تركيز حمض النيتريك المستخدم في إنتاج المتفجرات بين 70% و99%. وكلما زادت نسبة تركيزه، زاد تطاير تفاعل النترات.

النترات العضوية - استنارات النترات - هي مكونات يمكن أن تتحلل بشكل متفجر. لذلك، (يمكن) استخدام استنارات الكحول الذي يحتوي على أكثر من مجموعة هيدروكسيل واحدة كمتفجرات.

**تلميح.** يمكن أن يشير وجود مصدر نترات وحمض معدني قوي إلى تصنيع حمض النيتريك.



يكون حمض النيتريك عديم اللون يميل إلى الأصفر حسب تركيزه أما تحت أشعة الشمس، يتحلل ويتحول إلى اللون الأحمر. حمض النيتريك له رائحة نفاذة ويتبخر لإطلاق أبخرة بنية محمرة.

### السلوك الكيميائي (درجة تركيز < 65%):

حمض النيتريك غير قابل للاشتعال ولكن يمكن أن يزيد بشكل كبير من فعالية حريق ناشب. يزيد من خطر الحريق عند ملامسته للمواد القابلة للاشتعال. حمض النيتريك حساس للهواء المحيط وهو مؤكسد قوي وحمض قوي.

يمكن أن يحدث انفجار أو تفاعل عنيف عندما يتلامس حمض النيتريك مع حمض الخليك والأسيتون والأمونيا والمواد القابلة للاشتعال وزيت الوقود والهيدرازين وبيروكسيد الهيدروجين والمساحيق المعدنية والنيتروميثان والمواد العضوية ذات الأسطح الكبيرة (على سبيل المثال نشارة الخشب الناعمة) وكلورات البوتاسيوم.

**تحذير.** إذا تلامس حمض النيتريك مع نشارة الخشب أو الصوف الخشبي أو صوف التنظيف أو الورق أو بقايا القطن أو السيليلوز أو غيرها من المواد العضوية المنتشرة بدقة، سيتم تشكيل غازات النيتروز السامة (أكاسيد النيتروجين). اعتماداً على الظروف المحيطة، من الممكن حدوث حرائق أو اشتعال تلقائي أو حتى انفجارات. تم اكتشاف قطن البارود عن طريق الخطأ عندما اشتعل ذاتياً خلال استخدام قطعة قماش قطنية لمسح حمض النيتريك المسكوب ذاتياً كما بدأت تجفاف.

### سمية المادة

حمض النيتريك له تأثير مهيج وهو مسبب لتآكل العينين والجهاز التنفسي والجلد كما يمكن أن تسبب أضرارها للاختناق. ويشكل التلامس غير المحمي خطر تلف شديد في العينين والرئتين.

لا ينبغي تخزين حمض النيتريك في حاويات مصنوعة من المعادن الأساسية. يجب أن تكون الحاويات القابلة للاستخدام مصنوعة من الزجاج البني الداكن أو البولي إيثيلين أو البولي بروبيلين أو كلوريد البولي فينيل.

يجب تجنب تسرب حمض النيتريك إلى الماء أو نظام الصرف الصحي أو التربة لأنه يشكل خطراً شديداً على إمدادات المياه.



الصورة 33. 71% حمض البيركلوريك  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يستخدم حمض البيركلوريك ككاشف تحليلي وفي إنتاج المبيدات الأعشاب الطفيلية والمتفجرات ووقود الصواريخ.

حمض البيركلوريك هو سائل عديم اللون والرائحة. إنه استرطابي ومتطاير ويخلق أبخرة سامة ومتفجرة عند ملامسته للهواء. قد ينفجر حمض البيركلوريك بتركيز 50% إذا تم تسخينه. وقد يتحلل هذا الحمض بشكل متفجر دون أي سبب يمكن التعرف عليه.

#### السلوك الكيميائي (درجة تركيز بين 50% و72%)

حمض البيركلوريك غير قابل للاشتعال ولكن يمكن أن يؤدي دور الأكسجين لحريق ناشب. يزيد من خطر الحريق عند ملامسته للمواد القابلة للاشتعال. يمكن أن يؤدي التفاعل مع المواد القابلة للاشتعال إلى الاشتعال الذاتي. وقد ينفجر حمض البيركلوريك الصافي بعنف عند تسخينه فوق حرارة 75 درجة مئوية.

يمكن أن يحدث انفجار أو تفاعل عنيف عندما يتلامس الحمض مع الكحول أو المواد القابلة للاشتعال أو حمض الكبريتيك أو الفحم أو المعادن أو الغليسرين أو نشارة الخشب أو حمض النيتريك أو مصدر حراري.

#### سمية المادة

حمض البيركلوريك له تأثير مهيج للغاية وهو مسبب للتآكل على الأغشية المخاطية والجلد. هناك خطر حدوث ضرر خطير ولا يمكن إصلاحه للعينين.

لا ينبغي تخزين حمض البيركلوريك في حاويات مصنوعة من المعادن الأساسية. الحاويات القابلة للاستخدام هي تلك المصنوعة من الزجاج أو البولي إيثيلين أو البولي بروبيلين أو كلوريد البولي فينيل.

يشكل بيروكسيد الهيدروجين خطراً طفيفاً على إمدادات المياه.



الصورة 34. حمض البيكريك

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

حمض بيكريك هو حمض قوي ومتفجر متجانس تم استخدامه كواحد من الحشوات المتفجرة الرئيسية في القنابل اليدوية وقنابل الهاون وقذائف المدفعية في بداية القرن العشرين. ونظراً لميله إلى التفاعل مع الأغلفة المعدنية (مثل قذائف المدفعية) مما يؤدي إلى تشكيل أملاح البيكرات الحساسة والمتفجرة، فإنه لم يعد يستخدمه الجيش. يتم استخدامه اليوم بشكل رئيسي في التراكيب المتفجرة الأولية في المفجرات.

حمض البيكريك هو مادة صلبة صفراء فاتحة ولامعة وذات مذاق مر وعديمة الرائحة ومتبلورة. بالكاد قابلة للذوبان في الماء ولكنها قابلة للذوبان في الكحول والإستر والبنزين والأسيتون.

### السلوك الكيميائي

حمض البيكريك هو مادة صلبة متفجرة مع حساسية تأثير من 7-8 J وحساسية احتكاك تصل إلى 353 N. يتفاعل عن طريق التأثير أو الاحتكاك أو التحمية (الحرائق) أو مصادر الاشتعال الأخرى ويتحلل بسرعة ويشكل كميات كبيرة من الغاز.

يمكن أن يحدث انفجار عندما يتلامس حمض البيكريك الصافي مع الألومنيوم أو الأمونيا أو المعادن أو المؤكسدات بشكل عام أو البوتاسيوم.

### سمية المادة

يؤدي امتصاص حمض البيكريك إلى تهيج العينين والأغشية المخاطية الأنفية وتلويين الجلد غير المحمي وانزعاج في الجهاز الهضمي والاضطرابات العصبية وتلف الدم والكلية والكبد.

أما العامل المناسب الذي يقضي على التأثير السمي لحمض البيكريك فهو الماء.

إلا أن حمض البيكريك يشكل خطراً كبيراً على إمدادات المياه ويجب منع تسريبه إلى المياه أو أنظمة الصرف الصحي أو التربة.

**تحذير.** يشكل حمض البيكريك أملاح الحمض نفسه مع كل المعادن تقريباً. لأملاح حمض البيكريك بنية بلورية وكلها تقريباً لها خصائص متفجرة. أملاح حمض البيكريك أكثر حساسية من حمض البيكريك. بالنسبة لأملاح حمض البيكريك الأقل استقراراً، فإن التصدع في بنيتها البلورية، على سبيل المثال الناتج عن الصدمة أو الاحتكاك، يحفز طاقة كافية للتسبب في تحللها المتفجر. العديد من أملاح حمض البيكريك المعدنية حساسة لدرجة أنها يمكن أن تتفعل حتى عندما تكون رطبة. على سبيل المثال، تسبب حريق في مصنع ذخيرة فرنسي في عام 1916 في تسرب حمض البيكريك المنصهر إلى الأرضية الخرسانية. وبالتالي تم تشكيل أملاح حمض البيكريك الكالسيوم وتفجيرها أثناء عمليات التنظيف، مما أسفر عن مقتل 170 شخصاً.<sup>33</sup>

<sup>33</sup> لويس أ. ميدارد، الانفجارات العرضية، المجلد 2: أنواع المواد المتفجرة، (نيويورك: جون وايلي وأولاده، 1989)، 739.



الصورة 35. 100% حمض الكبريتيك  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يستخدم حمض الكبريتيك في بطاريات الرصاص الحمضية وبعض منظفات البالوعات. وهو محفز شائع يستخدم لتصنيع مختلف المتفجرات اليدوية الصنع.

حمض الكبريتيك هو سائل عديم اللون والرائحة. عندما يكون غير صافي، يكون لونه بني. إنه استرطابي وغير متطايراً.

#### السلوك الكيميائي

يمكن أن يحدث انفجار أو تفاعل عنيف عندما يتلامس حمض الكبريتيك مع المعادن القلوية أو المعادن مثل الألومنيوم (انخفاض حجم الجسيمات يسرع التفاعل) أو المواد القابلة للاشتعال أو بيروكسيد الهيدروجين أو الكلورات والنترات أو حمض النيتريك. تفاعله مع الماء يطلق أبخرة سامة.

#### سمية المادة

حمض الكبريتيك له تأثير مهيج للغاية وهو مسبب للتآكل على الأغشية المخاطية والجلد مع خطر حدوث أضرار جسيمة للعيون والرئتين والتي لا يمكن اصلاحها.

لا يجب تخزين حمض الكبريتيك في حاويات مصنوعة من المعادن الأساسية. يجب أن تكون الحاويات المناسبة مصنوعة من الزجاج أو البولي إيثيلين أو البولي بروبيلين أو كلوريد البولي فينيل.

يشكل حمض الكبريتيك خطراً طفيفاً على إمدادات المياه.

**تحذير.** يؤدي خلط حمض الكبريتيك المركز مع الصودا الكاوية المركزة (هيدروكسيد الصوديوم) إلى تسخين مكثف لدرجة أن الحاوية قد تغلي وقد ينسكب السائل المسبب للتآكل.



## 4.3 المؤكسدات

يقدم هذا القسم لمحة عامة عن المؤكسدات شائعة الاستخدام لتصنيع المتفجرات اليدوية الصنع، بما في ذلك:

- مجموعة من النترات (أملاح واسترات حمض النيتريك)؛
- مجموعة من الكلورات (أملاح حمض الكلوريك)؛
- مجموعة من البيركلورات (أملاح حمض البيركلوريك)؛
- المؤكسدات التي لا تنتمي إلى واحدة من المجموعات المذكورة أعلاه.

المؤكسدات هي مواد يتم دمجها مع الوقود لإنتاج مادة متفجرة. المؤكسد هو مادة ذات عجز في عدد الإلكترونات. ويوفر مصدر الأكسجين اللازم لحدوث الانفجار، مما يجعل التفجير مستقلاً عن الأكسجين الجوي.

كلما زاد ارتباط الأكسجين في الهيكل المتفجر، كان التأثير المتفجر أفضل. وبالتالي فإن المؤكسدات هي المتغير الهام الذي يؤثر على تصنيع المتفجرات اليدوية الصنع والخصائص الفيزيائية اللاحقة لتلك المتفجرات وأدائها.

### الخصائص

الخصائص الخاصة بالمؤكسدات هي كما يلي:

- قد لا يكون المركب قابلاً للاشتعال في حد ذاته، مما يتطلب وقوداً لتفعيل العملية.
- العوامل المؤكسدة هي عموماً مواد صلبة أيونية وغنية بالأكسجين وتحلل بين درجات حرارة معتدلة إلى عالية وتطلق غاز الأكسجين في هذه العملية.
- العديد من المؤكسدات متاحة بسهولة، في شكل صافي بشكل معقول وفي حجم جسيمات مناسب وبتكلفة معقولة.
- تزيد المؤكسدات من خطر نشوب حريق عند ملامستها للمواد القابلة للاشتعال ويمكن أن تؤدي إلى تفاقم الحريق الموجود بشكل كبير.
- يمكن أن تتفاعل المؤكسدات بعنف مع المواد القابلة للاشتعال بحيث تتسبب في اشتعالها وأحياناً بمجرد ملامستها ودون الحاجة إلى مصدر اشتعال منفصل.

**تحذير.** يمكن أن تسبب العوامل المؤكسدة نشوب حرائق من خلال ملامسة المواد العضوية ببساطة مثل الخشب والورق والورق المقوى.



### 4.3.1 مجموعة من النترات

النترات هي أملاح أو استارات حمض النيتريك. فهي غير حساسة تماماً للتأثير والاحتكاك، ومع ذلك، عند إضافتها إلى وقود مناسب مثل الألومنيوم، فإنها يمكن أن تولد مخاليط متفجرة صالحة. ويمكن لبعض النترات أن تنفجر في شكلها الصافي إذا أعطيت دفعة كافية مثل الصدمة.

#### نترات الأمونيوم – $[NH_4NO_3]$



الصورة 36. حبيبات نترات الأمونيوم

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)



الصورة 37. نترات الأمونيوم الدقيقة

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)



الصورة 38. بلورات نترات الأمونيوم

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

نترات الأمونيوم هي ملح بلوري أبيض من الأمونيا وحمض النيتريك وتستخدم على نطاق واسع في الأسمدة ومخاليط التجميد (العبوات الباردة) والتخدير (تصنيع أكسيد النيتروز) وهي أهم المواد الأولية في تصنيع المتفجرات التجارية. تحتوي النسبة الوزنية لنترات الأمونيوم الصافية والتجارية على حوالي 33.5% من النيتروجين. تبلغ درجة حرارة انصهار نترات الأمونيوم حوالي 170 درجة مئوية وتتحلل عند 210 درجات مئوية وعندما تكون موجودة بكميات كبيرة وغير محصورة يمكن أن تحترق حتى انفجارها،<sup>34</sup> كما في الحالة الأخيرة من حريق ثم انفجار أكثر من 2700 طن من نترات الأمونيوم في مرفأ بيروت، في 4 آب/أغسطس 2020.

وتستخدم نترات الأمونيوم أيضاً لتعديل معدل تفجير المتفجرات الأخرى، مثل النتر وجليسرين فيما يسمى ديناميت الأمونيا أو كعامل مؤكسد في الأمونالات التي هي خليط من نترات الأمونيوم ومسحوق الألومنيوم.

الغالبية العظمى من تركيبات المتفجرات اليدوية الصنع القائمة على نترات الأمونيوم غير حساسة بشكل عام للتفعيل بواسطة المفجر وحده وتتطلب تجميعاً ودافع تفجير ولديها سرعة تفجير منخفضة، لذلك فهي غير مناسبة لقيادة الاختراقات المضادة للدروع مثل شحنات الجوفاء والمقذوفات العبوات الناسفة الخارقة. لا يتم تفعيلها بسهولة إذا وجدت بكميات صغيرة ولكنها تتفاعل من خلال شحنة محددة مشابهة لمادة "تي إن تي". وهذا هو أحد أسباب استخدامها للاستخدامات المتعلقة بالانفجارات.

## السلوك الكيميائي

نترات الأمونيوم نفسها لا تحترق ولكنها تزيد من خطر الحريق عند ملامستها للمواد القابلة للاشتعال. يمكن أن تعزز نترات الأمونيوم حريق ناشب بشكل كبير. يمكن أن تنفجر نترات الأمونيوم الصافية الجافة ولكن استخدام مادة ملطفة بأكثر من 3% من الماء سيمنع حدوث ذلك.

نترات الأمونيوم ممتصة للرطوبة للغاية وغالباً ما تكون بلوراتها مغلقة بمواد خاملة لمنع التسييل والتكتل. من الصعب تفجير نترات الأمونيوم الصافية من تلقاء نفسها. على هذا النحو، متفجر نترات الأمونيوم اليدوي الصنع هو عموماً خليط من نترات الأمونيوم مع وقود عضوي أو معدني. ويتفاعل الوقود مع الأكسجين الزائد الذي يتم تحريره أثناء الاشتعال لإنتاج غاز وحرارة إضافيين.

**تحذير.** نترات الأمونيوم غير متوافقة تماماً مع الكلوريات نظراً لتشكيل كلورات الأمونيوم - متفجر عفوي، غير مستقر فعلياً في وجود الرطوبة.

يمكن أن يحدث انفجار أو تفاعل عنيف عندما تتلامس نترات الأمونيوم الصافية مع المعادن القلوية أو المعادن المسحوقة (على سبيل المثال الألومنيوم) أو حمض الخليك أو الأمونيوم أو المواد القابلة للاشتعال أو المواد العضوية أو الماء أو الكلوريات أو الكلوريدات أو اليوريا أو نترات الصوديوم أو الكبريت أو الفوسفور.

## سمية المادة

نترات الأمونيوم هي مادة مؤكسدة وهي ضارة إذا تم ابتلاعها أو استنشاقها وهي مهيجة للعينين والجلد والجهاز التنفسي. ينتج أكسيد النيتروز عند تحلله وهو منتج ثانوي سام بعد اشتعاله.

تشكل نترات الأمونيوم خطراً طفيفاً على إمدادات المياه.

<sup>34</sup> وكالة حماية البيئة الأمريكية، الاستشارات الكيميائية: التخزين الآمن لنترات الأمونيوم ومناولتها وإدارتها. وكالة حماية البيئة S-13-550-001، أغسطس/آب 2013.





الصورة 39. نترات الباريوم

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

تستخدم نترات الباريوم بشكل رئيسي لإنتاج الألعاب النارية ولكن تم استخدامها مع مادة "تي إن تي" في متفجر يسمى باراتول أو مع الثرميت لتشكيل مزيج الثرمات. لا يوجد استخدامات منزلية شرعية لها.

نترات الباريوم الصافية هي مادة بلورية عديمة اللون والرائحة. إنه ممتص للرطوبة وقابل للذوبان في الماء وينتج لهباً أخضر عند حرقه مع مواد أخرى.

#### السلوك الكيميائي

نترات الباريوم نفسها لا تحترق ولكنها تزيد من خطر الحريق عند ملامستها للمواد القابلة للاشتعال. يمكن أن تؤدي نترات الباريوم إلى تفاعل كبير في حريق موجود كونها مؤكسداً.

يمكن أن يحدث انفجار أو تفاعل عنيف عندما تتلامس نترات الباريوم الصافية مع نترات الأمونيوم أو الفحم أو الثرميت أو الكبريت أو المواد القابلة للاشتعال أو الأحماض.

#### سمية المادة

يمكن أن يكون لنترات الباريوم تأثير مهيج على الجلد والأغشية المخاطية. إذا تم تناوله، فقد يكون قاتلاً أو يؤدي إلى تشنجات عضلية وتلف في الدم والجهاز الهضمي والجهاز القلبي الوعائي.

تشكل نترات الباريوم خطراً طفيفاً على إمدادات المياه.



الصورة 40. نترات الرصاص (II)  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

نترات الرصاص (II) ليس لها استخدام صناعي أو منزلي.

نترات الرصاص (II) هي مادة صلبة أو مسحوق رمادي أبيض وعديم الرائحة وبلوري. يذوب جيداً في الماء ولا يحترق كمادة صافية.

#### السلوك الكيميائي

يمكن أن يحدث انفجار أو تفاعل عنيف عندما تتلامس نترات الرصاص الصافية (II) مع الأمونيوم أو الكربون أو مساحيق المعادن الدقيقة أو المواد العضوية القابلة للاشتعال.

#### سمية المادة

يمكن أن تؤدي مادة نترات الرصاص (II) إلى اضطرابات في الجهاز الهضمي والجهاز العصبي المركزي ووظائف الدم.

نترات الرصاص (II) خطرة للغاية على إمدادات المياه. لذلك، يجب منع انسكابها في المياه أو شبكات الصرف الصحي أو التربة، حتى بكميات صغيرة.



الصورة 41. نترات البوتاسيوم

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

نترات البوتاسيوم أو "الملح البارود" هو أقدم مؤكسد صلب مسجل وهو أحد مكونات البارود الأسود. ويتم استخدامه في الألعاب النارية والأسمدة وذوبان الزجاج. كما أنه يستخدم كملح تخليل في حفظ الطعام.

نترات البوتاسيوم هي مادة بلورية شفافة بيضاء عديمة اللون، ذات طعم بارد ومرير. انها ليست ممتصة للرطوبة. تذوب البلورات في الماء وفي الغليسرين.



الصورة 42. مثال على تغليف سماد نترات البوتاسيوم

(المصدر: © CAR)

### السلوك الكيميائي

نترات البوتاسيوم نفسها لا تحترق ولكنها تزيد من خطر الحريق عند ملامستها للمواد القابلة للاشتعال. نترات البوتاسيوم يمكن أن تؤدي إلى تفاعل كبير في حريق موجود.

لن تنفجر نترات البوتاسيوم من تلقاء نفسها، حتى بوجود حافز قوي للغاية.

يمكن أن يحدث انفجار أو تفاعل عنيف عندما تتلامس نترات البوتاسيوم الصافية مع المعادن المسحوقة (مثل البوتاسيوم والمغنيسيوم) أو الوقود مثل الفحم أو الكبريت أو الفوسفور الأحمر أو الفوسفور الأبيض أو المحفزات الحمضية.

### سمية المادة

يمكن أن يؤدي تناول نترات البوتاسيوم إلى مشاكل في الجهاز الهضمي والصداع وتوسع الأوعية الدموية وقد يؤثر على تكوين الميتيهموغلوبين.

يشكل نترات البوتاسيوم خطراً طفيفاً على إمدادات المياه.

<sup>35</sup> البوتاس أو كربونات البوتاسيوم K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> هو ملح حمض الكربونيك.



الصورة 43. نترات الفضة

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

نترات الفضة لها مجموعة متنوعة من الاستخدامات في صناعات الأدوية والطبية. ويتم استخدامها في الصناعة الجلفانية لطلاء الفضة، لفضة المرآة على سبيل المثال.

نترات الفضة هي مادة بلورية عديمة اللون وشفافة بيضاء وطعمها مرير للغاية. إنها قابلة للذوبان في الماء. تصبغ الجلد أو الأنسجة العضوية باللون الأسود بعد الالتماس.

### السلوك الكيميائي

نترات الفضة نفسها لا تحترق ولكنها تزيد من خطر الحريق عند ملامستها للمواد القابلة للاشتعال. ويمكن لنترات الفضة أن تؤدي إلى تفاعل كبير في حريق موجود.

يمكن أن يحدث انفجار أو تفاعل عنيف عندما تتلامس نترات الفضة الصافية مع الأمونيوم أو الفحم أو المواد القابلة للاشتعال أو بيروكسيد الهيدروجين أو الفوسفور أو المعادن المسحوقة (مثل المغنيسيوم) أو الكبريت أو حمض النيتريك.

### سمية المادة

نترات الفضة شديدة السمية. يمكن أن يكون لها تأثير مهيج على الجلد والأغشية المخاطية. يمكن أن يسبب اضطرابات الجهاز الهضمي والقلب والأوعية الدموية والجهاز العصبي المركزي في حالة تناول جرعات عالية عن طريق الفم.

نترات الفضة خطيرة للغاية على إمدادات المياه، ويجب تجنب تسريب كميات صغيرة في المياه أو شبكات الصرف الصحي أو التربة.



الصورة 44. نترات الصوديوم  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

تستخدم نترات الصوديوم أو "ملح بارود التثيلي" في الأسمدة وكمؤكسد للزجاج والمينا وكمكون للمتفجرات مثل وقود الصواريخ.

نترات الصوديوم هي مادة بيضاء أو صفراء وعديمة الرائحة واسترطابية وبلورية وتذوب بسهولة في الماء.

#### السلوك الكيميائي

نترات الصوديوم نفسها لا تحترق ولكنها تزيد من خطر الحريق عند ملامستها للمواد القابلة للاشتعال. يمكن أن تعزز نترات الصوديوم حريق موجود بشكل كبير. تتسبب الحرارة أو الاحتكاك باشتعالها.

يمكن أن يحدث انفجار أو تفاعل عنيف عندما تتلامس نترات الصوديوم الصافية مع المعادن المسحوقة أو المواد العضوية أو الفحم أو الكبريت.

#### سمية المادة

يمكن أن يؤدي التعرض لنترات الصوديوم إلى تلف الجهاز الهضمي وتوسع الأوعية. ويمكن أن يؤثر على تكوين الميتييموغلوبين في الدم في حالة التسمم الحاد.

تشكل مادة نترات الصوديوم خطراً طفيفاً على إمدادات المياه.



الصورة 45. نترات السترونتيوم  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

تستخدم مادة نترات السترونتيوم في الألعاب النارية لإنتاج لهب أحمر. كما أنها تستخدم في مولدات الغاز، على سبيل المثال في أكياس الهواء.

نترات السترونتيوم هي مادة بلورية عديمة اللون وشفافة بيضاء. إنها قابلة للذوبان بسهولة في الماء.

#### السلوك الكيميائي

نترات السترونتيوم نفسها لا تحترق ولكنها تتفاعل بعنف مع المواد القابلة للاشتعال بحيث يمكن أن تتسبب في اشتعالها وذلك من دون أي مصدر اشتعال آخر في بعض الحالات. يمكن أن تعزز نترات السترونتيوم حريق ناشب بشكل كبير.

يمكن أن يحدث انفجار أو تفاعل عنيف عندما تتلامس نترات السترونتيوم الصافية مع المعادن المسحوقة (مثل المغنيسيوم) والكبريت والمواد القابلة للاشتعال.

#### سمية المادة

يمكن لنترات السترونتيوم أن يكون لها تأثير مهيج على الجلد والأغشية المخاطية. ويمكن أن تؤدي نترات البوتاسيوم إلى مشاكل في الجهاز الهضمي وتوسع الأوعية الدموية وقد تؤثر على تكوين الميتييموغلوبين في حالة التسمم الحاد، على سبيل المثال في حالة تناولها عن طريق الفم.

يجب عدم تخزين نترات السترونتيوم في حاويات مصنوعة من كلوريد البوليفينيل.

تشكل نترات السترونتيوم خطراً طفيفاً على إمدادات المياه.

## 4.3.2 مجموعة من الكلورات

الكلورات هي أملاح حمض الكلوريك ( $\text{HClO}_3$ ) . فهي أكثر حساسية للتأثير من النترات.

كلورات الباريوم  $[\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2]$



تستخدم مادة كلورات الباريوم في الألعاب النارية ولكن أهميتها تضاءلت لأن وجودها في مخاليط الألعاب النارية يسبب حساسية عالية للتأثير والاحتكاك. تنتج كلورات الباريوم اللهب الأخضر.

كلورات الباريوم هي مادة عديمة اللون أو عديمة الرائحة أو تشبه المسحوق أو بلورية. إنها استرطابية وقابلة للذوبان في الماء.

### السلوك الكيميائي

لا تحترق كلورات الباريوم نفسها ولكنها تتفاعل بعنف مع المواد القابلة للاشتعال بحيث يمكن أن تتسبب في اشتعالها وأحياناً دون أي مصدر اشتعال آخر. ويمكن أن تعزز كلورات الباريوم حريق موجود بشكل كبير.

يمكن أن يحدث انفجار أو تفاعل عنيف عندما تتلامس كلورات الباريوم الصافية مع الأحماض أو المواد القابلة للاشتعال أو حمض الكبريتيك المركز أو المواد العضوية أو الفوسفور أو الفحم المسحوق أو المعادن المسحوقة أو الكبريت.

### سمية المادة

يمكن أن يكون لكلورات الباريوم تأثير مهيج على الجلد والأغشية المخاطية. ويمكن أن يؤدي إلى تشنجات العضلات وتلف القلب والأوعية الدموية والدم ومشاكل في الجهاز الهضمي.

تشكل كلورات الباريوم خطراً طفيفاً على إمدادات المياه.



الصورة 46. كلورات البوتاسيوم

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يستخدم كلورات البوتاسيوم في المبيدات الأعشاب الطفيلية والمتفجرات والألعاب النارية وأعواد الثقاب. يمكن أن تؤدي الشوائب مثل الفوسفور الأحمر أو الكبريت أو المعادن المسحوقة إلى الاشتعال الذاتي وحتى التفجير، اعتماداً على نوع الوقود ومستوى التجميع. على هذا النحو، تضاعف استخدامها في تركيبات الألعاب النارية بشكل كبير على مر السنين.

كلورات البوتاسيوم هي مادة بيضاء عديمة اللون وعديمة الرائحة يمكن أن يكون لها شكل بلوري أو مسحوق أو حبيبي. تذوب بسهولة في الماء.

### السلوك الكيميائي

لا تحترق كلورات البوتاسيوم نفسها ولكنها تتفاعل بعنف مع المواد القابلة للاشتعال بحيث يمكن أن تتسبب في اشتعالها، في بعض الحالات دون أي مصدر اشتعال آخر.

يمكن لكلورات البوتاسيوم أن تعزز بشكل كبير حريقاً موجوداً. ويمكن أن تنفجر المخاليط المكثفة مع المواد القابلة للاشتعال مثل المواد العضوية أو المساحيق المعدنية عن طريق الاحتكاك أو التأثير الطفيف.

يمكن أن يحدث انفجار أو تفاعل عنيف عندما تتلامس كلورات البوتاسيوم الصافية مع الأمونيوم والمواد القابلة للاشتعال والإيثانول والأحماض العضوية والبارافين والبنزين ومكونات البوتاسيوم والمعادن المسحوقة (الألومنيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم) أو الفوسفور الأحمر.

### سمية المادة

يمكن أن تسبب كلورات البوتاسيوم تأثيرات مهيجة بشدة على الأغشية المخاطية، خاصة في العينين. كما يمكن أن يكون لها تأثير مهيج على الجلد.

تشكل كلورات البوتاسيوم خطراً طفيفاً على إمدادات المياه. وكثيراً ما تستخدم كلورات البوتاسيوم في تصنيع المتفجرات اليدوية الصنع. ويقارن الجدول 9 أدناه حساسيتها بالاقتران مع المضافات الشائعة (الوقود) بحساسية المتفجرات الأولية والثانوية الأخرى.



رقم عدم الحساسية	درجة حرارة الانصهار / الاشتعال أو نقطة الاحتراق* (°C)	تركيب المتفجر
10 (مع تكوين كلورات الأمونيوم)	> 100*	كلورات البوتاسيوم – نترات الأمونيوم
10	165*	فولمينات الزئبق
12	280-275*	ستيغفات الرصاص
13	140*	النترازين
20	360-320*	أزيد الرصاص
23	132	النيتروسليولوز (المجفف بنسبة 13.4% من النيتروجين)
28 (في قياس العناصر المتكافئة)	220	كلورات البوتاسيوم – الكبريت
30-67 (اعتماداً على نوع السكر والنسبة المئوية للمزيج)	195	كلورات البوتاسيوم والسكر
30	13 (200)*	النتروغليسيرين
35 (في قياس العناصر المتكافئة)	335	كلورات البوتاسيوم – الفحم
35 (في قياس العناصر المتكافئة)	275	كلورات البوتاسيوم – الفحم – السكر
50 (في قياس العناصر المتكافئة)	230	كلورات البوتاسيوم – زيت الوقود
51	141.3 (202)*	رباعي النترات خماسي الأثرينول
80	213 (260)*	متفجرات تدمير سريع
90	450 (للمكون نسبة 10/15/75)	بارود أسود
152	80.8 (300)*	مادة "تي إن تي"

الجدول 9 حساسية كلورات البوتاسيوم والمواد المضافة مقارنة بالمتفجرات الأولية والثانوية الأخرى (مرتبة حسب رقم عدم الحساسية)  
(المصدر: BCL ©)



الصورة 47. كلورات الصوديوم  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يستخدم كلورات الصوديوم كعامل تبييض للورق وفي مشاعل اللحم وكمادة خام في المبيدات الأعشاب الطفيلية وكمولد أكسجين كيميائي (شموع الكلورات) المستخدمة في التعدين أو الطيران.

كلورات الصوديوم هي مادة بلورية عديمة اللون وأحياناً صفراء/بيضاء شاحبة وعديمة الرائحة وبلورية. تذوب في الماء وهي استرطابية.

#### السلوك الكيميائي

كلورات الصوديوم نفسها لا تحترق ولكنها تتفاعل بعنف مع المواد القابلة للاشتعال بحيث يمكن أن تتسبب في اشتعالها دون أي مصدر اشتعال آخر في بعض الحالات. المنتج الصلب وحتى محلول 30% في الماء هي عوامل مؤكسدة قوية.

يمكن أن تعزز مادة كلورات الصوديوم حريق موجود بشكل كبير. بالإضافة إلى ذلك، هناك خطر انفجار عندما يتم خلطها مع المواد العضوية.

يمكن أن يحدث انفجار أو تفاعل عنيف عندما تتلامس كلورات الصوديوم الصافية مع أملاح الأمونيوم والمواد القابلة للاشتعال والأحماض المركزة والشحوم والنيتر وبنزول (نيتر وبنزين) والمواد العضوية والزيوت والفوسفور والمعادن المسحوقة وحمض الكبريتيك أو الكبريت.

#### سمية المادة

كلورات الصوديوم لها تأثير مهيج طفيف على الأغشية المخاطية والجلد. يمكن أن يؤدي الامتصاص عبر الرئتين أو الجهاز الهضمي إلى تلف الدم والكلى.

تشكل كلورات الصوديوم خطراً كبيراً على إمدادات المياه.



تستخدم كلورات السترونتيوم في الألعاب النارية لإنتاج لهب أحمر.

كلورات السترونتيوم هي مادة بلورية عديمة اللون والرائحة. تذوب في الماء وهي استرطابية.

#### السلوك الكيميائي

كلورات السترونتيوم نفسها لا تحترق ولكنها تتفاعل بعنف مع المواد القابلة للاشتعال بحيث يمكن أن تتسبب في اشتعالها دون أي مصدر اشتعال آخر في بعض الحالات.

يمكن أن تعزز كلورات السترونتيوم حريق موجود بشكل كبير. وينبعث منه أبخرة سامة من كلوريد الهيدروجين عند تسخينه للتحلل.

#### سمية المادة

كلورات السترونتيوم لها تأثير مهيج للغاية على الأغشية المخاطية وخاصة على العينين.

تشكل كلورات السترونتيوم خطراً على إمدادات المياه.

### 4.3.3 مجموعة من البيركلورات

البيركلورات هي أملاح حمض البيركلوريك ( $\text{HClO}_4$ ). فهي أكثر حساسية للتأثير والاحتكاك من الكلورات أو النترات.

#### بيركلورات الأمونيوم $[\text{NH}_4\text{ClO}_4]$



الصورة 48. بيركلورات الأمونيوم  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

تستخدم بيركلورات الأمونيوم مع مواد قابلة للاشتعال في تصنيع المتفجرات المركبة للدفاع للصواريخ. كما أنها تستخدم في إنتاج المتفجرات والألعاب النارية.

بيركلورات الأمونيوم هي مادة بلورية عديمة اللون والرائحة ولكن يمكن أن تظهر أيضاً على شكل بلورات رمادية فاتحة أو فضية رمادية. إنها قابلة للذوبان في الماء.

#### السلوك الكيميائي

بالإضافة إلى حساسيتها العالية للتأثير والاحتكاك، فإن بيركلورات الأمونيوم حساسة للحرارة ومصادر الاشتعال الأخرى (مثل الأحماض القوية). كل من هذه المحفزات قد تؤدي إلى تحلل سريع مع غلة غاز عالية.

لا تحترق بيركلورات الأمونيوم نفسها ولكنها تتفاعل بعنف مع المواد القابلة للاشتعال بحيث يمكن أن تتسبب في اشتعالها دون أي مصدر اشتعال آخر في بعض الحالات. يمكن أن تعزز بيركلورات الأمونيوم حريق ناشب بشكل كبير. قد يؤدي خلط بيركلورات الأمونيوم مع المواد المسحوقة القابلة للاشتعال إلى انفجارات، خاصة في التجميع.

يمكن أن يحدث تفاعل عنيف عندما تتلامس بيركلورات الأمونيوم الصافية مع الكلور والمواد القابلة للاشتعال والمعادن (الصلبة والمسحوق) والأملاح المعدنية والنترات وحمض النيتريك والفوسفور العضوي والأحماض القوية أو الكبريت.

#### سمية المادة

يمكن أن يكون لغبار ومحاليل بيركلورات الأمونيوم<sup>36</sup>

تأثيراً مهيجاً على الأغشية المخاطية.

تشكل بيركلورات الأمونيوم خطراً طفيفاً على إمدادات المياه.

**تحذير.** لا يجب تخزين بيركلورات الأمونيوم مع المركبات المحتوية على الكلورات تحت أي ظرف من الظروف، بسبب طبيعة تكوين كلورات الأمونيوم في وجود الرطوبة. كما لا يجب خلطها مع المغنيسيوم لأن أي وجود للرطوبة قد يسبب اشتعالاً تلقائياً إذا كان تراكم الحرارة كافياً.

<sup>36</sup> المحلول، بحسب مجال الكيمياء، هو خليط متجانس من مادتين أو أكثر بكميات نسبية يمكن أن تختلف باستمرار حتى الوصول إلى درجة القابلية للذوبان (Encyclopædia

.Britannica, Inc. © 2021).



الصورة 49. بيركلورات البوتاسيوم  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

تم استخدام بيركلورات البوتاسيوم في الألعاب النارية كبديل تدريجي لكلورات البوتاسيوم.

بيركلورات البوتاسيوم هي مادة بلورية عديمة اللون أو بيضاء وعديمة الرائحة. إنها غير استرطابية ولكنها قابلة للذوبان جزئياً في الماء.

#### السلوك الكيميائي

بيركلورات البوتاسيوم نفسها لا تحترق ولكنها تتفاعل بعنف مع المواد القابلة للاشتعال بحيث يمكن أن تسبب اشتعالها دون أي مصدر اشتعال آخر في بعض الحالات. يمكن أن تعزز بيركلورات البوتاسيوم حريق ناشب بشكل كبير.

يمكن أن يحدث تفاعل عنيف عندما تتلامس بيركلورات البوتاسيوم الصافية مع الأحماض والمواد القابلة للاشتعال والإيثانول والمواد العضوية والمعادن المسحوقة والفوسفور الأحمر أو الكبريت.

#### سمية المادة

قد يكون لغبار ومحاليل بيركلورات البوتاسيوم تأثيراً مهيجاً على الأغشية المخاطية.

تشكل بيركلورات البوتاسيوم خطراً طفيفاً على إمدادات المياه.



الصورة 50. بيركلورات الصوديوم  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

تستخدم مادة بيركلورات الصوديوم للأغراض الطبية وفي الألعاب النارية والوقود الدافع. بيركلورات الصوديوم هي مادة بلورية عديمة اللون والرائحة. إنها استرطابية وقابلة للذوبان في الماء والكحول.

#### السلوك الكيميائي

بيركلورات الصوديوم نفسها لا تحترق ولكنها تتفاعل بعنف مع المواد القابلة للاشتعال بحيث يمكن أن تسبب اشتعالها دون أي مصدر اشتعال آخر في بعض الحالات.

يمكن أن يحدث انفجار أو تفاعل عنيف عندما تتلامس بيركلورات الصوديوم الصافية مع الأحماض أو الإيثانول أو المواد القابلة للاشتعال أو المعادن المسحوقة أو الكبريت.

#### سمية المادة

يمكن أن يكون لغبار بيركلورات الصوديوم والمحاليل تأثيراً مهيجاً على الأغشية المخاطية.

لا يجب تخزين بيركلورات الصوديوم في حاويات معدنية أو مصنوعة بكلوريد البوليفينيل.

تشكل بيركلورات الصوديوم خطراً طفيفاً على إمدادات المياه.

## 4.3.4 المزيد من المؤكسدات

### كربونات الباريوم [BaCO<sub>3</sub>]



تستخدم كربونات الباريوم صناعياً لإنتاج الزجاج والسيراميك. كما أنها تستخدم كمركب كيميائي في سموم الطعم، على سبيل المثال في سم الفئران.

كربونات الباريوم هي مادة صلبة بيضاء/عديمة اللون والتي يمكن العثور عليها كمسحوق أو بلورات. كربونات الباريوم غير استرطابية. وهي قابلة للذوبان في الإيثانول.

#### السلوك الكيميائي

لا تحترق كربونات الباريوم.

يمكن أن يحدث تفاعل عنيف عندما تتلامس كربونات الباريوم الصافية مع الأحماض القوية.

#### سمية المادة

يمكن أن يسبب غبار كربونات الباريوم تهيجاً للأغشية المخاطية واضطرابات وظيفية في الجهاز العصبي المركزي والمحيطي وشلل العضلات واضطرابات الجهاز الهضمي والقلب والأوعية الدموية والرئة.

تشكل كربونات الباريوم خطراً طفيفاً على إمدادات المياه.



الصورة 51. بيروكسيد الباريوم  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

لبيروكسيد الباريوم تطبيقان رئيسيان: لإزالة لون صناعي أو لتوفير لون لهب أخضر في الألعاب النارية.

مادة بيروكسيد الباريوم هي مسحوق أبيض قليلة الذوبان. وإذا تم تسخين المادة كثيراً، فستتحلل إلى أكسيد الباريوم. ويمكن استخدامها كمؤكسد ووقود.

### السلوك الكيميائي

مادة بيروكسيد الباريوم بحد ذاتها لا تحترق ولكنها تزيد من خطر الحريق عند ملامستها للمواد القابلة للاشتعال. قد تعزز بيروكسيد الباريوم حريق موجود بشكل كبير. عندما يتم خلط بيروكسيد الباريوم مع مواد قابلة للاشتعال يصبح هناك خطر انفجار.

يمكن أن يحدث انفجار أو تفاعل عنيف عندما تتلامس بيروكسيد الباريوم الصافية مع ثاني أكسيد الكربون أو المواد العضوية أو المعادن المسحوقة (الألومنيوم والمغنيسيوم). يمكن أن تسبب بيروكسيد الباريوم انفجارات الغبار.<sup>37</sup>

### سمية المادة

بيروكسيد الباريوم هي مهيجة للجلد والأغشية المخاطية. ويمكن أن تسبب اضطرابات الجهاز الهضمي والعضلات واضطرابات القلب والأوعية الدموية.

تشكل بيروكسيد الباريوم خطراً طفيفاً على إمدادات المياه.

<sup>37</sup> مراجعة القسم ٤.٤.٢. الوقود الصلب.





الصورة 52. هيبوكلوريت الكالسيوم  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

تستخدم مادة هيبوكلوريت الكالسيوم صناعياً كعامل تبييض كما هو الحال في الأقمشة وإنتاج الورق. وتستخدم أيضاً كمطهر لأحواض السباحة. يتم استخدامها لإزالة التلوث من العوامل الكيميائية والبيولوجية في تركيبة مع مواد أخرى.

هيبوكلوريت الكالسيوم هي مادة بلورية بيضاء ذات رائحة كلور قوية. يمكن العثور عليها كمسحوق أو لوحات/أقراص مسطحة. إنها قابلة للذوبان في الماء.

### السلوك الكيميائي

سوف تتحلل هيبوكلوريت الكالسيوم عند تعرضها للحرارة مما يطلق غازات سامة. هيبوكلوريت الكالسيوم بحدّ ذاتها لا تحترق ولكنها تزيد من خطر الحريق عند ملامستها للمواد القابلة للاشتعال. يمكن أن تعزز هيبوكلوريت الكالسيوم حريق موجود بشكل كبير.

يمكن أن يحدث انفجار أو تفاعل عنيف عندما تتلامس هيبوكلوريت الكالسيوم الصافية مع الأحماض أو المعادن القلوية أو الأمونيوم أو النيتروميثان أو المواد العضوية أو الكبريت أو اليوريا أو الماء.

### سمية المادة

يمكن أن تسبب هيبوكلوريت الكالسيوم تهيجاً وله تأثير مسبب للتآكل القوي على العينين والجهاز التنفسي والجلد. تشكل هيبوكلوريت الكالسيوم خطراً كبيراً على إمدادات المياه. ويجب منع تسرب حتى الكميات الصغيرة منها في المياه أو شبكات الصرف الصحي أو التربة.

## أكسيد الحديد (III) $[Fe_2O_3]$ أو المغرة

هذه المادة الكيميائية لا تفي بالحدود الدنيا للمعايير بحسب النظام المنسق عالمياً لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها. ومع ذلك، تتوفر معلومات كيميائية وعلم السموم عبر صحائف البيانات على الإنترنت.



الصورة 53. أكسيد الحديد (III)  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يستخدم أكسيد الحديد (III) كطلاء للزجاج والفولاذ وكصبغة ملونة على الأشرطة المغناطيسية وفي الترميت.

مادة أكسيد الحديد (III) هي مسحوق بلوري أحمر/بنّي وعديم الرائحة. وتكون البلورات الأكبر حجماً رمادية/سوداء اللون. لا تذوب في الماء ولا تحترق.

### السلوك الكيميائي

يمكن أن يحدث انفجار أو تفاعل عنيف عندما تتلامس أكسيد الحديد (III) الصافية مع بيروكسيد الهيدروجين أو المغنيسيوم أو مسحوق الألومنيوم أو نترات الصوديوم.

### سمية المادة

يمكن أن يسبب غبار أكسيد الحديد (III) تهيج الأغشية المخاطية والعينين. وقد يتسبب في تلف الجهاز الهضمي والكبد والجهاز القلبي الوعائي إذا تم تناوله عن طريق الفم.

لا يشكل أكسيد الحديد (III) خطراً على إمدادات المياه.



الصورة 54. كربونات البوتاسيوم

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

كربونات البوتاسيوم لديها مجموعة واسعة من الاستخدامات، على سبيل المثال في إنتاج الأواني الزجاجية البوتاس والصابون وتحميض الصور الفوتوغرافية وكعامل تخمير للسلع المخبوزة (مثل خبز الزنجبيل) وكعامل تنظيف ولتحييد الأحماض.

كربونات البوتاسيوم هي مسحوق أبيض شفاف بدون رائحة. إنها استرطابية وتذوب بسهولة في الماء ولا تحترق.

#### السلوك الكيميائي

يمكن أن يحدث تفاعل متفجر عندما تتلامس كربونات البوتاسيوم الصافية مع الكربون أو مسحوق الكالسيوم.

#### سمية المادة

كربونات البوتاسيوم يمكن أن تسبب تهيجاً في العينين والجلد والجهاز التنفسي. وتصبح قلوباً حاداً وتسبب حروقاً كيميائية في محلول مائي.

تشكل كربونات البوتاسيوم خطراً طفيفاً على إمدادات المياه.



الصورة 55. برمنغانات البوتاسيوم  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

تتمتع مادة برمنغانات البوتاسيوم بمجموعة واسعة من الاستخدامات في المواد المطهرة وعوامل التبييض وإنتاج السكرين وإنتاج المخدرات غير المشروعة أيضاً لأنها تستخدم لمعالجة الكوكايين. أدرجتها منظمة الصحة العالمية كدواء أساسي. برمنغانات البوتاسيوم هي مادة بلورية أرجوانية داكنة/حمراء وبدون رائحة. تذوب في الماء وتصبغه باللون الأرجواني. برمنغانات البوتاسيوم البلورية الصلبة أكثر حساسية من محاليلها المخففة.

### السلوك الكيميائي

مادة برمنغانات البوتاسيوم بحد ذاتها لا تحترق ولكنها تزيد من خطر الحريق عند ملامستها للمواد القابلة للاشتعال. يمكن أن تعزز برمنغانات البوتاسيوم حريق ناشب بشكل كبير.

يمكن أن يحدث انفجار أو تفاعل عنيف عندما تتلامس برمنغانات البوتاسيوم الصافية مع الإيثانول أو الأمونيوم أو نترات الأمونيوم أو بيروكلورات الأمونيوم أو المواد القابلة للاشتعال أو الأحماض المركزة أو الغليسرين أو حمض الهيدروكلوريك أو بيروكسيد الهيدروجين أو المواد العضوية أو الفوسفور أو الكبريت أو حمض الكبريتيك.

### سمية المادة

يمكن أن تسبب برمنغانات البوتاسيوم تهيجاً وتآكلاً للأغشية المخاطية. ويمكن أن تتسبب بأضرار جسيمة للعين مما يؤدي إلى عمالة القرنية.

لا يجب تخزين برمنغانات البوتاسيوم في حاويات مصنوعة من النحاس أو الزنك أو النحاس الأصفر. ويجب اختبار البلاستيك فيما يتعلق بمقاومته للتفاعلات غير المقصودة بالنظر إلى أن بعض المواد البلاستيكية تشتعل ذاتياً عند ملامستها لبرمنغانات البوتاسيوم.

تشكل برمنغانات البوتاسيوم خطراً بليغاً على إمدادات المياه. يجب منع تسرب حتى كميات صغيرة منها إلى المياه أو شبكات الصرف الصحي أو التربة.



الصورة 56. كبريتات الصوديوم  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

تستخدم كبريتات الصوديوم لإنتاج الزجاج أو سيليكات الصوديوم أو الزجاج السائل والسيليلوز والمستحضرات الصيدلانية. كما أنها تستخدم في أعمال الصباغة لدفع الصبغة إلى ألياف في عوامل الغسيل والشطف.

كبريتات الصوديوم هي مادة عديمة الرائحة وبيضاء وبلورية (أو مسحوق). إنها استرطابية وقابلة للذوبان بشكل معتدل في الماء والجليسرين.

#### السلوك الكيميائي

لا تحترق مادة كبريتات الصوديوم.

#### سمية المادة

يمكن أن يكون لغبار كبريتات الصوديوم ولمحاليلها تأثيراً مهيجاً على الجلد والعينين. وإذا أذيب الألومنيوم مع كبريتات الصوديوم أو البوتاسيوم فقد يحدث تفاعل حاد أو انفجار.

تشكل كبريتات الصوديوم خطراً طفيفاً على إمدادات المياه

## 4.4 الوقود

يقدم هذا القسم نظرة عامة عن مختلف أنواع الوقود التي يشيع استخدامها في تصنيع المتفجرات اليدوية الصنع ويصف طريقة عملها. يمكن أن يكون الوقود صلباً أو سائلاً أو غازياً. يحتوي الوقود النموذجي الموجود في المتفجرات اليدوية الصنع على مركبات الكربون أو الهيدروجين أو النيتروجين أو المركبات الكيميائية بما في ذلك واحد أو أكثر من هذه المواد الكيميائية. بالإضافة إلى ذلك، يتم استخدام المواد غير العضوية والمعادن كوقود أيضاً. الوقود المعدني هي مواد صلبة ولكن يتم سردها بشكل منفصل في هذا القسم بسبب خصائصها المحددة.

### السلوك الكيميائي للوقود:

- يمكن أن تكون قابلة للاشتعال؛
- يمكن أن تزيد بشكل كبير/تعزز حريق ناشب؛
- يمكن أن تزيد من خطر نشوب حريق عند ملامستها للمؤكسدات والأحماض القوية والمعادن؛ و/أو
- يمكن أن تتفاعل بعنف مع المؤكسدات والأحماض القوية والمعادن، بحيث تشتعل وأحياناً دون الحاجة إلى مصدر اشتعال إضافي.

**تحذير.** يمكن أن تخلق أبخرة الوقود خليطاً متفجراً مع الهواء المحيط بها إذا تم تسخينها فوق نقطة الاشتعال. يمكن أن تكون الأبخرة سامة.

**تحذير.** بعض أنواع الوقود تولد أبخرة أثقل (بقليل) من الهواء ولا تنتشر في الغلاف الجوي المحيط. وعندما تبقى قريبة من الأرض، قد تعبر هذه الأبخرة بعض المسافة. وإذا تم إشعالها عن غير قصد، فيمكن أن تنفجر عن طريق الاحتراق بالأكسجين المحيط. البنزين هو مثال على الوقود الذي يتمتع بمثل هذه الخصائص.

### وظيفة الوقود (الصلب والسائل والغازي) في الحريق والتفجير:

يبدأ المؤكسد في التحلل عندما يتم تطبيق حافز خارجي مناسب. ينقسم على المستوى الجزيئي ويطلق الأكسجين في حالته الغازية. خلال عملية التفكك هذه، يتم تحرير الطاقة أيضاً في شكل حرارة. ويؤدي تحرير الأكسجين الغازي إلى زيادة الضغط داخل تفاعل التحلل مما يؤدي إلى تسريع هذا التفاعل وبالتالي يؤدي إلى زيادة في توليد الغاز لكل وحدة زمنية. ونتيجة لذلك، تزداد نسبة الضغط وتوليد الحرارة بشكل مستمر. يعزز هذا التأثير عملية التحلل.

تحت تأثير الحرارة، يتفاعل الأكسجين الغازي (يتأكسد) مع الوقود وينشأ تفاعل أكسدة واختزال. ومع توليد المزيد من الحرارة، تشكل عملية الأكسدة المزيد من المواد الكيميائية الغازية مع الوقود مثل ثاني أكسيد الكربون (التفاعل: الكربون والأكسجين) وثاني أكسيد الكبريت (التفاعل: الكبريت والأكسجين) وأول أكسيد الكربون (التفاعل: الكربون والأكسجين). ويؤدي تكوين كل من هذه الغازات إلى إطلاق طاقة إضافية وزيادة في ضغط التفاعل بشكل أكبر حتى يتم استهلاك الأكسجين المتاح.

## مثال: التمدد الحراري

عندما تنفجر متفجرة، يوفر حجم الغاز (عائد الغاز) المنتج معلومات حول مقدار العمل الذي يمكن أن تؤديه المتفجرات في محيطها مثل الرفع أو السحب أو التحطيم. ولتحديد قوة تدمير المتفجرات، يعد عائد الغاز من أحد المعلمات الرئيسية إلى جانب حرارة الانفجار وسرعة التفجير وكثافة التحميل.

تحت درجة الحرارة والضغط القياسيين، سيشغل مول واحد<sup>38</sup> من الغاز المنتج نفس الحجم بغض النظر عن صيغته الكيميائية. على سبيل المثال، سينتج مول واحد من متفجرات التدمير السريع 3 مولات من أول أكسيد الكربون و3 مولات من الماء و3 مولات من النيتروجين، أي ما يعادل 9 مولات من الغاز. وهذه المولات الـ 9 من الغاز تتوافق مع 908 لترات من الغاز لكل كيلوغرام من متفجر التدمير السريع. سيخضع هذا العائد من الغاز للتوسع في أجزاء من الثانية ويتم توسيعه وتسريعه من خلال تأثير المعلمات الأخرى (مثل حرارة الانفجار) مما يضمن العمل المدمر للمتفجرات.

كمية الغاز المنتجة لكل 1 كغ لمختلف المتفجرات:

1 كغ من متفجرات التدمير السريع يولد 908 لتر من الغاز

1 كغ من مادة "تي إن تي" تولد 740 لتر من الغاز<sup>39</sup>

1 كغ من نترات الأمونيوم تولد 980 لتر من الغاز<sup>40</sup>

1 كغ من ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون يولد 1097 لتر من الغاز<sup>41</sup>

1 كغ من نترات الأمونيوم - السكر البودرة يولد 1001 لتر من الغاز<sup>42</sup>

1 كغ من أزيد الرصاص يولد 231 لتر من الغاز<sup>43</sup>

<sup>38</sup> مول واحد من مركب كيميائي يتوافق مع وزنه الجزيئي النسبي في الغرام. مول 1 من مركب كيميائي يحتوي على حوالي  $6.022 \times 10^{23}$  من ذراته/جزيئاته. مول 1 من الهيدروجين = 2 غرام من الهيدروجين، مول 1 من كلوريد = 72 غرام من الكلوريد، مول 1 من نترات الأمونيوم = 80 غرام من نترات الأمونيوم

<sup>39</sup> رودولف ماير، جوزيف كوهلر وأكسل هومبورغ، متفجرات. الطبعة السادسة. (فاينهايم، ألمانيا: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA، 2007).

<sup>40</sup> ماير وآخرون، المتفجرات.

<sup>41</sup> م.أ. إليوشن و آي في تسيلينسكي و أ.م. سوداريكوف، تطوير مكونات للتركيبات عالية الطاقة. (SPB: LGU im. A. S. Pushkina – SPBGTI (TU). سانت بطرسبرغ، 2006).

<sup>42</sup> ج. ب. كوليت، العبوات الناسفة يدوية الصنع، دليل شامل (وزارة الدفاع البريطانية، 2020).

<sup>43</sup> ج. ن. دانييلوف، ماجستير في إدارة الأعمال إليوشن وي. ف. تسيلينسكي المتفجرات الصناعية الجزء 1. تفعيل المتفجرات (معهد سانت بطرسبرغ الحكومي للتكنولوجيا، سان بطرسبرغ، 2001).

## 4.4.1 الوقود السائل

يمكن أن يسبب الوقود السائل انفجارات وقودية هوائية. يختلف الانفجار الوقود الهوائي عن الانفجار الناتج عن متفجر تقليدي في أن عناصر الوقود لا تحمل الأكسجين الخاص بها. ولكي يحدث انفجار وقودي هوائي، يجب خلط بخار الوقود مع الهواء المحيط في الغلاف الجوي وعند اكتمال الخلط، يجب يتم تفعيله بواسطة مصدر اشتعال. يحتوي كل نوع من أنواع الوقود على حد أدنى للتفجير محدد (الحد الأدنى لنسبة بخار الوقود إلى الهواء الذي لن يحدث الاشتعال تحته) والحد الأعلى للتفجير (الحد الأقصى لنسبة بخار الوقود إلى الهواء الذي لن يحدث الاشتعال فوقه). على سبيل المثال: يحتوي النيتروبنزين على حد أدنى للتفجير بنسبة ٢٪ والحد الأعلى للتفجير بنسبة ٩٪؛ يحتوي النيتروميثان على ٧.٣٪ حد أدنى للتفجير و ٢٢.٢٪ الحد الأعلى للتفجير؛ هكسان ١.٢٪ حد أدنى للتفجير و ٧.٤٪ الحد الأعلى للتفجير (على غرار بخار البنزين)؛ وثنائي إيثيلين ٤.٢٪ حد أدنى للتفجير و ١٤.٤٪ الحد الأعلى للتفجير.

**تحذير.** يجب توخي الحذر عند التعامل مع الوقود السائل القابل للاشتعال. يمكن أن يسبب الوقود السائل القابل للاشتعال انفجارات في الهواء إما من تلقاء نفسه أو عندما يكون جزءاً من المتفجرات اليدوية الصنع الذي تم تصنيعه أو تخزينه في حالة يمكن أن تختلط فيها أبخرته بالهواء.

**ملحوظة.** يمكن أن يولد انفجار الوقود الهوائي ضغطاً تفجيرياً كافياً لتفعيل تركيبات متفجرة أخرى على مقربة من بعضها البعض. هذا مهم بشكل خاص عند النظر في الانفجارات القودية الهوائية التي قد تحدث في وجود تركيبات العبوات النافسة يدوية الصنع.

### الأمونيا [NH<sub>3</sub>] أو الأمونياك، النوشادر



الصورة 57. 30% أمونيا (المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

تستخدم الأمونيا كمركب للمنتجات المحتوية على النيتروجين المنتجة صناعياً مثل الأسمدة والمتفجرات والأصباغ. عندما تكون صافية، يتم استخدامها أيضاً في منتجات الأسمدة ومجاميع التبريد.

الأمونيا هي غاز عديم اللون يسيل بسهولة تحت الضغط. له رائحة نفاذة وخانقة على غرار البول العفنة. تذوب الأمونيا في الماء والإيثانول.

#### سمية المادة

يمكن أن يكون للأمونيا تأثيراً مهيجاً/مسبب للتآكل القوي على العينين والجهاز التنفسي والجلد. وقد يسبب ملامسة المادة أضراراً جسيمة للعينين والجلد والجهاز التنفسي.

تشكل الأمونيا خطراً بليغاً على إمدادات المياه، حتى بكميات صغيرة. ويجب منع التسرب إلى المياه أو شبكات الصرف الصحي أو التربة. تتحول الأمونيا المسالة اصطناعياً إلى غازية مرة أخرى تحت الضغط الجوي.





الصورة 58. الأنيلين

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يستخدم الأنيلين في الصناعة الكيميائية ولتصنيع وقود الصواريخ السائل. كما أنه يستخدم مع النيتروميثان في تطبيقات إزالة الألغام كمادة سائلة متفجرة في الأنابيب.<sup>44</sup>

مادة الأنيلين هي سائل زيتي عديمة اللون تتحول بسرعة إلى اللون البني عند تعرضها لأشعة الشمس. لها رائحة تشبه الأمين<sup>45</sup> الحلو قليلاً (تشبه رائحة الأسماك القديمة). تذوب في الماء والأمونيا السائلة.

#### سمية المادة

إن مادة الأنيلين هي سم خطير للدم والأعصاب وتؤدي إلى اضطراب لوظيفة الدم (تكوين الميتهيموغلوبين) واضطراب الجهاز العصبي المركزي. يمكن أن تهيج العينين والأغشية المخاطية.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي فهي الماء (رذاذ النفاثة) أو مسحوق الإطفاء الجاف أو ثاني أكسيد الكربون. ويجب مكافحة الحرائق الأكبر حجماً برغوة مقاومة للكحول أو رذاذ الماء.

تشكل الأنيلين خطراً بليغاً على إمدادات المياه حتى بكميات صغيرة. ويجب منع التسرب إلى المياه أو شبكات الصرف الصحي أو التربة.

<sup>44</sup> لورانس، إدغار أ. استقرار المتفجرات التي تحتوي على النيتروميثان والأمين. براءة الاختراع الأمريكية 3239395A المودعة في ١٨ يوليو/تموز ١٩٤٥، الصادرة في ٨ مارس/آذار ١٩٦٦.

<sup>45</sup> يتم شرح الأمينات تحت عنوان ديامين الإيثيلين في القسم ٤.٤.١.



الصورة 59. بنزين

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

البنزين مهم لصناعة البتروكيماويات. يتم استخدامه في وقود المحركات وتستخدم المنتجات الناتجة عن المعالجة الإضافية لإنتاج الدهانات والبلاستيك والأنيلين والمبيدات الأعشاب الطفيلية والأسيتون.

البنزين هو سائل عديم اللون وله رائحة عطرية مميزة يحترق بلهب هادئ قوي. إنه أخف من الماء ومتطاير للغاية.

#### سمية المادة

البنزين مادة مسرطنة وأبخرتها سامة؛ لها تأثير مهيج قليلاً على الأغشية المخاطية والجلد ويمكن أن يؤدي إلى اضطرابات الجهاز العصبي المركزي.

يمكن تخزين البنزين في الزجاج أو الفولاذ المقاوم للصدأ. يجب التحقق من درجة مقاومة البلاستيك قبل الاستخدام.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي فهي مسحوق جاف أو ثاني أكسيد الكربون أو رغوة مقاومة للكحول.

يشكل البنزين خطراً بليغاً على إمدادات المياه حتى بكميات صغيرة. يجب تجنب التسرب إلى المياه أو شبكات الصرف الصحي أو التربة.



الصورة 60. سائل الفرامل  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

سائل الفرامل هو سائل هيدروليكي يستخدم لأنظمة الكبح في المركبات. سائل الفرامل الشائعة المستخدمة كوقود هي تركيبات من مركبات البولي غليكول. يتم استخدام البولي غليكول كعوامل تبريد ومضادة للتجمد من بين أمور أخرى.

سائل الفرامل هو سائل أصفر لزج وعديم الرائحة وعديم اللون. إنه ممتص للرطوبة ويذوب في الماء. يمكن للشركات المصنعة إضافة لون له.

#### سمية المادة

إذا تم امتصاصه، يكون سائل الفرامل ساماً ويهيج الجلد والعينين.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي فهي الماء (رذاذ نفاثة) أو مسحوق جاف أو ثاني أكسيد الكربون أو رغوة مقاومة للكحول.

يشكل سائل الفرامل خطراً بليغاً على إمدادات المياه.



الصورة 61. إيثانول

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يتم إنتاج الإيثانول من أصل زراعي للاستهلاك البشري. يستخدم الإيثانول المشتق بشكل مصطنع للمنظفات أو الدهانات أو مستحضرات التجميل أو الوقود الحيوي.

الإيثانول هو سائل عديم اللون ذو رائحة خفيفة وحلوة تشبه رائحة النبيذ. الإيثانول الصافي أو المركز له طعم حارق. إنه استرطابي وقابل للذوبان في الماء. الإيثانول متطاير للغاية.

#### سمية المادة

الإيثانول له تأثير مهيج معتدل على الأغشية المخاطية والجلد. يمكن أن يؤدي إلى مشاكل سامة عصبية واضطرابات القلب والأوعية الدموية والتغيرات الأيضية وتلف الكلى.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي فهي الماء (رذاذ النفاثة) أو المسحوق الجاف أو ثاني أكسيد الكربون أو الرغوة المقاومة للكحول.

يشكل الإيثانول خطراً طفيفاً على إمدادات المياه.



الصورة 62. ديامين الإيثيلين  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يستخدم معجل التصليد عالي التحمل في غراء راتنج الايبوكسي المكون من جزأين. يصنع معجل التصليد من الأمينات والمركبات العضوية ومشتقات الأمونيا. ديامين الإيثيلين هو عنصر شائع الاستخدام.

ديامين الإيثيلين هو سائل عديم اللون ورائحته تشبه رائحة الأمونيا. إنه استرطابي ويذوب في الماء. إنه متطاير إلى حد ما. المحاليل المائية، أي ديامين الإيثيلين الممزوج بالماء، كاوية.

#### سمية المادة

يمكن أن يسبب ديامين الإيثيلين تهيجاً خطيراً وهو مسبب للتآكل على الجلد والأغشية المخاطية والجهاز التنفسي.

لا يجب تخزين ديامين الإيثيلين في حاويات مصنوعة من الألومنيوم أو النحاس والزنك المغنيسيوم وسبائكها.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي فهي الماء (رذاذ نفثة) أو مسحوق جاف أو ثاني أكسيد الكربون أو رغوة مقاومة للكحول.

يشكل ديامين الإيثيلين خطراً طفيفاً على إمدادات المياه.



الصورة 63. زيت الوقود

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

زيت الوقود هو مزيج من الهيدروكربونات المختلفة ونقطة غليانه تتراوح بين 230 درجة مئوية و350 درجة مئوية. يتم استخدامه في مخاليط مختلفة لأنظمة التدفئة ومحركات الديزل.

زيت الوقود هو سائل أصفر عديم اللون، زيتي ولزج مع رائحة مميزة للهيدروكربونات. إنه أخف من الماء ولا يذوب فيه. يمكن أن تؤدي إضافة المكونات ذات نقطة الغليان المنخفضة إلى خفض نقطة اشتعال الخليط بشكل كبير. ويمكن أن يشتعل زيت الوقود الساخن بدون مصدر اشتعال خارجي.

#### سمية المادة

يمكن أن يكون لزيت الوقود تأثير تجفيف شديد ومهيج على الجلد. ويسبب تلف الرئتين من خلال استنشاق الهباء الجوي عالي التركيز ويمكن أن يسبب مشاكل في الجهاز العصبي المركزي.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي فهي مسحوق جاف أو ثاني أكسيد الكربون أو الرمل. ويجب مكافحة الحرائق الأكبر حجماً باستخدام رغوة أو نفاثات رش الماء.

يشكل زيت الوقود خطراً بليغاً على إمدادات المياه حتى بكميات صغيرة. ويجب منع تسربه إلى المياه أو شبكات الصرف الصحي أو التربة.

## الغليسيرين [C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>] أو الغليسرول أو كحول غليسيولي أو غلايكول

لا تستوفي هذه المادة الحد الأدنى من معايير النظام المنسق عالمياً لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها (GHS)، ولكن تتوفر المعلومات عن المواد الكيميائية وعلم السموم على أوراق بيانات على الإنترنت.



الصورة 64. الغليسيرين

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم الغليسيرين لإنتاج متفجراتٍ مثل النيتروغليسيرين (NG) والراتنجات الاصطناعية وكمُنتج وسيط لصناعة المنتجات الصيدلانية. كما يدخل في صناعة منتجات العناية بالبشرة كالصابون بالإضافة إلى مانع التجمد والسوائل الهيدروليكية والمدنات.

يشكّل الغليسيرين سائلاً لزجاً عديم اللون والرائحة؛ كما أنّه مادة استرطابية تذوب في المياه والإيثانول. يتمتّع الغليسيرين بطعمٍ حلو قليلاً.

### سمية المادة

يمكن أن يتسبب الغليسيرين بتهيّج العين والجلد.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي، فهي المياه (منفت الرش)، أو المسحوق الجاف، أو ثاني أكسيد الكربون، أو الرغوة المقاومة للكحول.

ويشكل الغليسيرين خطراً بسيطاً على إمدادات المياه.

## الهكسان [C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>] أو ايساني (ESANI) أو سكيليسولف ب (SKELLYSOLVE B)



الصورة 65. الهكسان  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم الهكسان كمذيب ومُخَفَّف للطلاء سريع الجفاف وأحبار الطباعة والمواد اللاصقة.

يُشكّل الهكسان سائلاً عديم اللون ومتطاير وقابل للاشتعال بسهولة ورائحته كالوقود؛ كما أنه مادة لا تذوب في الماء وهي أخف منها.

### سمية المادة

يمكن أن يسبب الهكسان تهيجاً في العينين وانزعاجاً في الجهاز التنفسي العلوي وقد يؤدي إلى جفاف البشرة وتهيجها، بالإضافة إلى خلل في الجهاز العصبي المركزي.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي فهي المسحوق الجاف أو ثاني أكسيد الكربون.

يشكّل الهكسان خطراً كبيراً على إمدادات المياه، حتى لو استخدم بكميات قليلة. يجب تجنب تسرب هذه المادة إلى التربة أو شبكات المياه أو الصرف الصحي.





الصورة 66. وقود النفاثات

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يشكّل وقود النفاثات منتجات نفطية تُستخدم بصورة أساسية في وقود الديزل ومحركات الطائرات وهي مزيجٌ من عدد من الهيدروكربونات مثل الألكانات والألكانات الحلقية والمركبات الأروماتية والأوليفينات.

يتميّز الكيروسين بكونه سائل زيتي عديم اللون مائل للصفرة له رائحة الوقود؛ لا يذوب الكيروسين في الماء وهو أخف منها.

#### سمية المادة

يمكن أن يسبب الكيروسين تهيجًا وجفافًا حادّين في العينين والبشرة. ويمكن أن يؤدي استنشاق الرذاذات عالية التركيز إلى تلفٍ رئوي.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السميّ فهي المياه (منفت الرش) أو المسحوق الجاف أو ثاني أكسيد الكربون أو الرغوة.

ويشكل الكيروسين خطرًا مرتفعًا على إمدادات المياه.



الصورة 67. بوتانول

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم البوتانول كمذيب للطلاء والراتجات (مثل الألياف الزجاجية) وكعامل لإزالة الشحم وتعقيم الأدوات الطبيّة.

والبوتانول سائلٌ عديم الرائحة وشديد الاشتعال ورائحته شبيهة برائحة الأسيتون، يذوب في الماء بسهولةٍ وهو متطاير بشدة ويتبخر بسرعة.

#### سميّة المادة

يسبب البوتانول تهيجًا بالبشرة والعينين والجهاز التنفسي والجهاز العصبي المركزي (خمول ونعاس).

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي، فهي المياه (منفث الرش) أو المسحوق الجاف أو ثاني أكسيد الكربون أو الرغوة المقاومة للكحول.

يشكل البوتانول خطرًا قليلًا على إمدادات المياه.



الصورة 68. نتروبنزين

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم النتروبنزين في الصناعات الكيميائية عند تصنيع مختلف المواد الكيميائية، مثل أنيلين أو ثلاثي النتروبنزين. يستخدم كمذيب، وكمادة مضافة في زيوت التشحيم والمتفجرات وكان يُستخدم كعطر رخيص للصابون المنزلي.

نتروبنزين سائل عديم اللون إلى أصفر حلو المذاق وقابل للإشتعال ورائحته تشبه قليلاً اللوز المر أو معجون اللوز (المرصبان). هو أثقل من الماء ولا يذوب بسهولة مع الماء.

#### سمية المادة

يمكن أن يتسبب النتروبنزين بمشاكل في وظائف الدم (تشكيل الميثيموغلوبين) والجهاز العصبي المركزي، الذي يتبعه تلف في الكبد والدم.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي فهي المسحوق الجاف أو ثاني أكسيد الكربون.

يشكل نتروبنزين خطراً كبيراً على إمدادات المياه، حتى ولو استخدم بكميات قليلة. يجب تجنب تسرب هذه المادة إلى التربة أو شبكات المياه أو الصرف الصحي.



الصورة 69. نيتروميثان  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم نيتروميثان في إنتاج وقود الصواريخ والمتفجرات والمبيدات الحشرية وكمادة مضافة إلى الوقود. في القطاع الخاص، يُستخدم النيتروميثان عادةً كوقود لمحركات الإحتراق في صنع النماذج. يُباع النيتروميثان في نوعيات وتركيزات مختلفة. لا يتعدى تركيز النيتروميثان المستخدم كوقود للمحرك النموذج في السيارات المستخدمة للهواية 40% ويُمزج مع مواد أخرى كالنفط ومواد التشحيم والصبغات والميثانول. أما النيتروميثان المستخدم في سيارات السباق، فيصل عادةً إلى 100%. ويخلط مع الميثانول ليصبح آمنًا، وذلك لتجنب حدوث انفجار في المحرك.

النيتروميثان سائل عديم الرائحة وزيتي وله رائحة عطرية تشبه الفاكهة. هو استرطابي ويذوب في المياه بسهولة ومتطاير للغاية.

#### سمية المادة

يمكن أن يسبب النيتروميثان تهيجًا بسيطًا في البشرة والأغشية المخاطية. ويمكن أن تؤدي تركيزات عالية منه إلى تهيج في الجهاز التنفسي ومشاكل في الجهاز العصبي المركزي.

ويجب اختبار الحاويات المصنوعة من البلاستيك قبل استخدامها لمعرفة مدى مقاومتها لنيتروميثان.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي فهي المياه (منفث الرش)، أو المسحوق الجاف، أو ثاني أكسيد الكربون، أو الرغوة المقاومة للكحول.

يشكل النيتروميثان خطرًا مرتفعًا على إمدادات المياه.

## هلام النفط [التركيبية الأساسية $C_{15}H_{15}N$ ] أو فازلين® (العلامة التجارية لشركة يونيليفر)

لا تستوفي هذه المادة الحد الأدنى من معايير للنظام المنسق عالميًا لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها (GHS) لكن تتوافر المعلومات عن المواد الكيميائية وعلم السموم على أوراق بيانات على الإنترنت.



الصورة 70. هلام النفط

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

للفازلين استخدامات متعددة مثل المراهم للبشرة وملع الأحمية ومواد التشحيم وشحم الجلود.

فازلين هو مزيج من الهيدروكربونات الدهنية (غير العطرية) شبيهة بالمرهم وشفافة وناعمة ولونها أبيض مصفر. وهو بدون رائحة أو طعم. ولا يذوب في الماء.

### سمية المادة

ما من أثر ملحوظ.

لا يشكل الفازلين خطرًا على إمدادات المياه.

## 4.4.2 الوقود الصلب

يمكن أن يولّد الوقود الصلب غبارًا ناعمًا ومبعثرًا. ويعد بعض الغبار العضوي ومجموعة من الغبار المعدني موادًا قابلة للاشتعال والانفجار. يميل الغاز المسرب إلى الاحتراق أو الإيماضة أو الاحتراق بدون ألهب بعد إشعاله. يمكن أن يتفاعل الغبار العالق والممزوج بالأكسجين في الهواء وينفجر إذا كان فوق معدلات التركيز المحددة أو ما يعرف بحد الانفجار الأدنى. وبشكل عام، يمكن أن يتسبب لمس هذا الغبار أو المسحوق أو استنشاقهما بتهيج للعينين والأنف والحنجرة والرئتين.

**ملحوظة:** إنفجار الغاز هو انفجار كتلة عالقة من جزيئات الغاز القابلة للاشتعال الممزوجة بالهواء الجوي المحيط، ويمكن أن يحدث بسبب الشرارات أو التفريغ الكهربائي أو النيران. وستدفع هذه العوامل أي مادة عضوية مسحوقة بشكل ناعم إلى اشتعال دون حرارة 500 درجة مئوية<sup>46</sup>. ويجب أن تكون المادة على هيئة مسحوق ناعم موزّع بالتساوي (بودرة، غبار) ومنتشرة بالهواء بكميات كافية. وقد يحدث تفجير مفاجئ بسبب النسبة المرتفعة للأكسجين في الغلاف الجوي الذي يمكن أن يتفاعل مع مساحة كبيرة من جزيئات الغبار.

**تحذير:** بما أنّ مناطق تصنيع المواد المتفجرة اليدوية الصنع وتخزينها لا تخضع لقواعد السلامة، يجب أن تعي منظمات الأعمال المتعلقة بالألغام التي تواجه هذا النوع من البنى التحتية مخاطر انفجارات الغاز.

### كبريتات الألومنيوم [Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>]



يُستخدم كبريتات الألومنيوم في تنقية المياه وعوامل الإخماد القائمة على الرغوة وصناعات الطلاء/الصبغات.

كبريتات الألومنيوم هو مادة صلبة بلورية لا لون لها-بيضاء وبدون رائحة. ويمكن إيجاده على هيئة كريات أو بلورات أو بوردة أو حبيبات. يذوب كبريتات الألومنيوم في الماء، ولا يشتعل ولا يتسبب بانفجارات الغاز.

#### سمية المادة

يمكن أن تسبب جزيئات كبريتات الألومنيوم بتهيج حاد في الأغشية المخاطية مثل ما يحدث في العينين.

ويشكل كبريتات الألومنيوم خطرًا بسيطًا على إمدادات المياه.

<sup>46</sup> و.أ. بايكر و.م.ج. نتائج الغاز، والغبار، والمتفجرات المختلطة (Elsevier Science, 1991).

## كبريتات الأمونيوم $[(NH_4)_2SO_4]$

لا تستوفي هذه المادة الحد الأدنى من معايير للنظام المنسق عالمياً لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها (GHS) لكن تتوافر المعلومات عن المواد الكيميائية وعلم السموم على أوراق بيانات على الإنترنت.



الصورة 71. كبريتات الأمونيوم  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

كبريتات الأمونيوم هو سماد على هيئة ملح مُنتج بكميات كبيرة. ويُستخدم أيضاً في صناعة العوامل التي تقضي على التأثير السمي القائمة على الرغوة وفي صناعات الطلاء/الصبغات.

كبريتات الأمونيوم هو مادة صلبة بلورية بدون أي لون أو رائحة. ويمكن إيجاده على هيئة كريات أو بلورات أو بوردة أو حبيبات. كبريتات الأمونيوم هو استرطابي خفيف يذوب في الماء. لا يشتعل لكنه سيصبح غير ثابت وسيتحلل عندما يتعرض لحرارة أعلى من 235 درجة مئوية.

### سمية المادة

يمكن أن تسبب جزيئات كبريتات الأمونيوم تهيج حاد في الأغشية المخاطية مثل ما يحدث في العينين. لكن هذه الآثار غير موثقة.

ويشكل كبريتات الأمونيوم خطراً بسيطاً على إمدادات المياه.

## البورون [B]

لا تستوفي هذه المادة الحد الأدنى من معايير للنظام المنسق عالمياً لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها (GHS) لكن تتوافر المعلومات عن المواد الكيميائية وعلم السموم على أوراق بيانات على الإنترنت. يُستخدم البورون في السبائك والناريات والوقود الدفعي وفي الاستخدامات التي تحتاج إلى درجة عالية من الاستقرار بوجه قوة مادية، مثل ما يحدث في مضارب التنس مثلاً.

يشكل البورون بلورات لامعة وقاسية للغاية ولونها بين الرمادي والأسود. أما البورون غير المتبلور، فهو مسحوق بني لا رائحة له. يحترق في الهواء ويصدر نيران خضراء قوية. تزيد تفاعلية البورون مع ازدياد الحرارة في حين تنخفض نسبة استقراره. ولا يذوب في الماء.

### سمية المادة

غير موثق.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي فهي طفايات الحريق التي تحتوي على رمال جافة أو الخاصة بالمعادن، أما غير المناسبة فهي الرغوة والمياه.

لا يشكل البورون خطراً على إمدادات المياه.



الصورة 72. فحم نباتي مطحون بدقة  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم الفحم النباتي في المرشحات والفحم النباتي ومواد التعقيم والمنتجات الطبية والوقود الدفعي والناريات وكوقود. والفحم النباتي هو مكون كربوني غير عضوي أسود لا رائحة له. ولا يذوب في الماء. والفحم النباتي قابل للاشتعال ويمكن أن يحترق بدون نيران. ويمكن أن يؤدي إلى انفجارات الغاز.

#### سمية المادة

يمكن أن يسبب مسحوق الكربون أو غباره تهيجًا في الأغشية المخاطية. لا يشكل الفحم النباتي خطرًا على إمدادات المياه.

#### القهوة (سكروز ومتعدد السكاريد)

لا تستوفي هذه المادة العضوية الحد الأدنى من معايير للنظام المنسق عالميًا لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها (GHS) لكن تتوافر المعلومات عن المواد الكيميائية وعلم السموم على أوراق بيانات على الإنترنت.



الصورة 73. القهوة  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

تُستخرج القهوة من حبوب القهوة وتعمل كمنبّه للجهاز العصبي المركزي.

القهوة المطحونة هي مسحوق لونه بني إلى بني غامق ورائحته زكية ومميزة. ويمكن استخدامها كمكون للوقود. ويُضاف عادةً وقود معدني إلى المزيج.

#### سمية المادة

يمكن أن يسبب مسحوق القهوة تهيجًا في الأغشية المخاطية.

لا تشكل القهوة خطرًا على إمدادات المياه.



لا تستوفي هذه المادة العضوية الحد الأدنى من معايير للنظام المنسق عالمياً لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها (GHS) لكن تتوافر المعلومات عن المواد الكيميائية وعلم السموم على أوراق بيانات على الإنترنت.



الصورة 74. الدسكترين

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم الدسكترين في الغراء للفرّو وفي تصنيع الأغذية والمنتجات الدوائية وكمثبط ومادة ربط ووقود في الألعاب النارية.

الدسكترين هو من الكربوهيدرات المسحوقة، ولونه أبيض مصفر ولا رائحة له. وهو قابل للإشتعال لكنه يصعب إشعاله كما ويمكن أن يذوب في الماء.

#### سميّة المادة

غير مؤثّق.

لم يوثق الخطر المحتمل الذي يشكله الدسكترين على إمدادات المياه.

<sup>47</sup> يستحدث الدسكترين سلاسل، أي تضاف الجزئيات، وبسبب ذلك (تقصد بحرف n عدد الذرات)  $n = 1, 2, 3, \dots, n+1$ .



الصورة 75. نفثالين

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم النفثالين لإنتاج الألوان(الصبغات) والوقود والمذيبات والمبيدات (كرات العث).

النفثالين هو من المواد الهيدروكربونية البلورية الصلبة ذات الرائحة القوية وهو أبيض عديم اللون ورائحته تشبه كرات العث/الكافور. يمكن إيجاد النفثالين كرقائق أو مسحوق أو حبيبات أو كرات. ولا يذوب في الماء لكن يمكن أن يتبخر على درجة حرارة الغرفة.

#### سمية المادة

يمكن أن يتسبب النفثالين بتهيج خفيف في الأغشية المخاطية والبشرة. ويمكن أن يؤدي إلى مشاكل في الجهاز العصبي المركزي وتلف في خلايا الدم الحمراء.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي فهي المياه (منفت الرش)، والمسحوق الجاف، والرغوة وثاني أكسيد الكربون.

يشكل النفثالين خطرًا كبيرًا على إمدادات المياه، حتى ولو استخدم بكميات قليلة. يجب تجنب تسرب هذه المادة إلى التربة أو شبكات المياه أو الصرف الصحي.

## البرافين [C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>] أو الشمع أو زيت الأطفال

لا تستوفي هذه المادة الحد الأدنى من معايير للنظام المنسق عالميًا لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها (GHS) لكن تتوافر المعلومات عن المواد الكيميائية وعلم السموم على أوراق بيانات على الإنترنت.



الصورة 76. البرافين

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم البرافين في مستحضرات التجميل والمنتجات الدوائية وعوامل التشريب ومكونات القود والشموع.

البرافين هو من الكربوهيدرات الشمعية، ولونه أبيض مصفر ولا رائحة أو طعم له. ويمكن إيجاده على هيئة مسحوق أو حبيبات أو كتل أو زيوت أو سوائل. ولا يذوب في الماء.

### سمية المادة

في الظروف العادية، لا يشكل البرافين خطرًا على الصحة ولا على إمدادات المياه.

لا تستوفي هذه المادة العضوية الحد الأدنى من معايير للنظام المنسق عالميًا لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها (GHS) لكن تتوفر المعلومات عن المواد الكيميائية وعلم السموم على أوراق بيانات على الإنترنت.



الصورة 77. النشارة

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

تُستخدم النشارة كعازل لإنتاج الألواح وكوقود وكانت تُستخدم كمادة مضافة في المتفجرات.

يمكن إيجاد النشارة على هيئة مسحوق مطحون أو رقائق أو غبار ويختلف لونها ورائحتها باختلاف نوع الخشب المستخدم. ويمكن أن تؤدي النشارة المطحونة إلى انفجارات الغاز.

### سمية المادة

لم يوثق أي سلوك سام. يمكن أن يتسبب استنشاق الغبار أو المسحوق بتهيّج للعينين والأنف والحنجرة والرئتين.

لم يوثق أي خطر على إمدادات المياه.

## سوربيتول [C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O<sub>6</sub>] أو جلوسيتول، D-سوربيت

لا تستوفي هذه المادة الحد الأدنى من معايير للنظام المنسق عالميًا لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها (GHS) لكن تتوافر المعلومات عن المواد الكيميائية وعلم السموم على أوراق بيانات على الإنترنت.



الصورة 78. كيس من السوربيتول (المصدر: بحوث تسليح النزاع ©)  
يُستخدم السوربيتول كمحلي للغذاء وناقل للمرطبات في صناعة الأغذية.

السوربيتول هو مادة صلبة لونها أبيض شفاف وطعمها حلو ولا رائحة لها. هو استرطابي ويذوب في المياه بسهولة. ويمكن أن يؤدي السوربيتول إلى انفجارات الغاز.

### سمية المادة

في الظروف العادية، لا يشكل السوربيتول خطرًا على الصحة. وفي حالة الحساسية، قد يؤدي تناول السوربيتول إلى مشاكل في الجهاز الهضمي.

ولم يجر بعد أي بحث حول تسبب السوربيتول في تلوث المياه. وكإجراء احترازي، يجب تجنب وصول السوربيتول إلى إمدادات المياه وباطن التربة.

## السكروز [C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>] أو السكر

لا تستوفي هذه المادة الحد الأدنى من معايير للنظام المنسق عالمياً لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها (GHS) لكن تتوفر المعلومات عن المواد الكيميائية وعلم السموم على أوراق بيانات على الإنترنت.



الصورة 79. بلورات السكر الرخوة  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)



الصورة 80. السكر على شكل مكعبات  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم السكر كغذاء وكمادة مضافة في الطعام وفي صناعة الكحول والجليسرين والمتفجرات والوقود.



الصورة 81. كيس من السكر (السكروز) (المصدر: بحوث تسليح النزاع ©)

السكروز هو من الكربوهيدرات البلورية البيضاء. لا رائحة له وطعمه حلو. ويذوب السكروز في المياه والإيثانول. ويمكن أن يؤدي السكروز إلى انفجارات الغاز.

### سمية المادة

غير موثَّق.

يشكل السكروز خطراً قليلاً على إمدادات المياه في حال استخدم في كميات كبيرة.

### 4.4.3 الوقود المعدني

معظم المعادن المستخدمة في العبوات الناسفة يدوية الصنع هي مواد صلبة ذاتية الاشتعال (تلقائي الاشتعال)

**ملاحظة:** المواد الصلبة تلقائية الاشتعال- هي أي مسحوق أو غبار معدني موزع بدقة يمكن أن يصبح ساخناً في الهواء ويتفاعل مع الأكسجين ويشتعل على درجة حرارة الغرفة بدون أي محفز خارجي. يعتمد مدى سهولة الاشتعال على حجم الجزيئية وتوزيعها وغيرها من الأمور.

كلما كانت الجزيئية أضعف، كلما ازدادت المساحة وكلما ارتفعت احتمالية الاشتعال التلقائي.

وبما أن مناطق تصنيع العبوات الناسفة يدوية الصنع وتخزينها لا تخضع لقواعد الصحة الصناعية، يجب أن يعي طاقم عمل منظمات الأعمال المتعلقة بالألغام الذي يواجه هذا النوع من البنى التحتية أخطار الانفجارات الوقودية-الهوائية التي تشمل المعادن.

وتستخدم المطاحن وخلطات الطعام وأجهزة صقل الصخور وغيرها لإنتاج الجزيئات الناعمة المطلوبة. يجب أن يعي طاقم عمل منظمات الأعمال المتعلقة بالألغام الذي يواجه أي من هذه الأجهزة أن فتحها قد يؤدي إلى تفاعل فوري عندما تتعرض جزيئات المعدن الناعمة للأكسجين في الغلاف الجوي وتختلط معه.

يمكن أن يتسبب التعرض للغبار أو المسحوق بتهيج للعينين والأنف والحجرة والرتنين

**تحذير:** يمكن أن يتفاعل مسحوق المعدن الناعم بشكل فوري وعنيف عندما يتعرض فجأة للأكسجين في الغلاف الجوي.

**تحذير:** قد يشكل مسحوق المعادن المذكورة وغبارها غاوات قابلة للاشتعال عندما تتفاعل مع المياه.

**تحذير:** إن الغبار المعدني والمسحوق المعدني يتأثران بالتفريغ الثابت ويجب عدم التعامل معهما قبل وضع إجراءات التنبيت بالأرض (التأريض).

#### هدف استخدام المعادن كوقود في تفاعل الطاقة

ينتج الوقود المعدني المتفاعل مع مؤكسد في تفاعل للطاقة الحرارة (غالبًا فوق 2000 درجة مئوية) وأكسيد معدني صلب. فعلى سبيل المثال، سينتج تفاعل مسحوق الألومنيوم مع مؤكسد أكسيد الألومنيوم ( $Al_2O_3$ ) وسينتج تفاعل مسحوق المغنيسيوم مع مؤكسد أكسيد المغنيسيوم (MgO). وعلى عكس أنواع أخرى من الوقود، لا يساهم الوقود المعدني بزيادة حجم الغاز عند تحلل المواد المتفجرة بل إلى زيادة في حرارة الانفجار. وتساهم هذه الحرارة المضافة إلى تمدد حراري كبير للغاية لمكونات غازية أخرى. ويزيد هذا التمدد المتزايد من الضغط في التفاعل. وتؤدي زيادة المعادن أيضًا إلى زيادة الأثر الحارق.



الصورة 82. الألومنيوم  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

للألومنيوم استخدامات متعددة، بما في ذلك في صناعة الطائرات والسيارات وفي قطاع البناء والهندسة المدنية والكهربائية وفي صناعة المنتجات اليومية والتعليب الآمن للطعام، كورق القصدير. يتطلب إنتاج الطلاء المعدني مسحوق الألومنيوم الذي يُستخدم أيضًا في الناريات والثرميت والألعاب النارية والمتفجرات.

الألومنيوم هو معدن أبيض مائل إلى الفضي وصلب وقابل للسحب والامع. يمكن إيجاده على هيئة معدن صلب أو رقائق أو مسحوق. يختفي لمعانه بسرعة عند تعرضه للهواء بسبب تشكل أكسيد الألومنيوم على سطحه.

### السلوك الكيميائي

يمكن أن يصبح مسحوق الألومنيوم ساخنًا على درجة حرارة الغرفة في الهواء بدون زيادة أي طاقة له ويمكن أن يشتعل في نهاية المطاف. وتعتمد قابليته على الاشتعال على عدة أمور أهمها حجم الجزيئية ومستوى التوزيع. وينتج مسحوق الألومنيوم غازات قابلة للاشتعال عند تفاعلها مع المياه.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي فهي الرمال الجافة أو طفايات الحريق الخاصة بالمعادن. أما عوامل الإخماد غير المناسبة فهي المياه، والمسحوق الجاف، والرغوة وثاني أكسيد الكربون.

ولم يجر بعد أي بحث حول مساهمة الألومنيوم في تلوث المياه. وكإجراء احترازي يجب تجنب وصول الألومنيوم إلى إمدادات المياه وباطن التربة.



الصورة 83. الألومنيوم (مطحون جزئيًا) (المصدر: بحوث تسليح النزاع ©)





الصورة 84. برميل من معجون الألومنيوم (المصدر: بحث تسليح النزاع ©)

### الإلكترون [Mg/Al]



الإلكترون هو التسمية التقنية لسبائك الألومنيوم والمغنيسيوم التي تحتوي على 86% من المغنيسيوم و14% من الألومنيوم. تُصنع كمادة صلبة لكن يمكن طحنها لتصبح مسحوقًا. وتُستخدم لصناعة القنابل الحارقة بسبب تحللها القوي الطارد للحرارة. يحترق الإلكترون لينتج حرارة تفوق 2200 درجة مئوية، مما يحدث نيرانًا قوية لدرجة قد تسبب بالعمى.

### مغناليوم [Al/Mg]



المغناليوم هو التسمية التقنية لسبائك المغنيسيوم والألومنيوم التي تحتوي على 5%-2% من المغنيسيوم وكميات صغيرة من عناصر أخرى كالحديد والكروم. يُستخدم كمكون في قطع الطائرات والسيارات والأدوات المعدنية والأطر/الأغلفة المؤلفة من معدن صلب. ويُستخدم مسحوق المغناليوم كوقود للناريات إذ يحترق على درجات مرتفعة (تمامًا كما يفعل الألومنيوم والمغنيسيوم) ويشكل شرارات لونها أبيض مصفر.

المغناليوم هو سبيكة صلبة لونها أبيض مائل إلى الرمادي. ويمكن إيجاده على هيئة مسحوق أو حبيبات أو كتل أو زيوت أو سوائل. وتعتمد قوته ومقاومته للصدأ على معدل الألومنيوم-المغنيسيوم المستخدم.

ولم يجر بعد أي بحث حول تسبب المغناليوم في تلوث المياه. وكإجراء احترازي، يجب تجنب وصول المغناليوم إلى إمدادات المياه وباطن التربة.



الصورة 85. المغنيسيوم

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم المغنيسيوم في الصناعات الكهربائية وفي تصنيع المعادن. وبسبب خصائص الطاقة له، يُستخدم كمشعل للحرائق وكمكون في الذخيرة الحارقة والناريات (للمواد المتوهجة التي تحترق في مناطق تفتقر إلى الأكسجين من الغلاف الجوي مثل تحت المياه). تُستخدم سبائك المغنيسيوم في منتجات يكون وزنها خفيف مثل مقاعد السيارة أو الأغلفة أو المنتجات المنزلية مثل الكاميرات أو الأدوات الكهربائية.

المغنيسيوم هو معدن صلب أبيض مائل إلى الفضي وقابل للسحب ولامع. ويمكن إيجاده بشكل صلب أو مضغوط أو كقطع صغيرة. يحترق المغنيسيوم مُصدرًا ضوءًا أبيض قويًا للغاية وغنيًا بالأشعة فوق البنفسجية.

### السلوك الكيميائي

يمكن أن يصبح مسحوق المغنيسيوم ساخنًا على درجة حرارة الغرفة في الهواء بدون زيادة أي طاقة له ويمكن أن يشتعل في نهاية المطاف. وتعتمد قابليته على الاشتعال على عدة أمور أهمها حجم الجزيئية ومستوى التوزيع. وتنتج هذه المادة غازات قابلة للاشتعال عند تفاعلها مع المياه.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي فهي الرمال الجافة أو طفايات الحريق الخاصة بالمعادن. أما عوامل الإخماد غير المناسبة فهي المياه، والمسحوق الجاف، والرغوة وثنائي أكسيد الكربون.

ولم يجر بعد أي بحث حول مساهمة المغنيسيوم في تلوث المياه. وكإجراء احترازي، يجب تجنب وصول المغنيسيوم إلى إمدادات المياه وباطن التربة.



الصورة 86. الصوديوم

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم الصوديوم المعدني لإنتاج مركبات الصوديوم. هو استراتيجي للغاية ويعد عاملاً مجففاً في استخدامات عدة. يعتبر الصوديوم عاملاً مختزلاً في علم المعادن.

الصوديوم هو معدن لامع وزيتي ولونه أبيض مائل إلى الفضي، وهو ناعم لدرجة يمكن قطعه بالسكين. يوضع عادةً قشرة بنية مائلة إلى الرمادي (هيدروكسيد الصوديوم و كربونات الصوديوم) تغطي الصوديوم لحمايته. ويحترق الصوديوم في الهواء مُصدرًا نيرانًا صفراء.

### السلوك الكيميائي

الصوديوم مادة قابلة للاشتعال لكن يصعب إشعالها. وعندما تتفاعل مع الماء، تتشكل غازات قابلة للاشتعال قد تشتعل فوراً. وليس الصوديوم متطايراً.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي فهي الرمال الجافة أو الإسمنت الجاف أو طفايات الحريق الخاصة بالمعادن. أما العوامل القضاء على التأثير السمي غير المناسبة فهي المياه وثنائي أكسيد الكربون.

يشكل الصوديوم خطراً قليلاً على إمدادات المياه.



الصورة 87. الزنك

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم الزنك لزيادة مقاومة المعادن للصدأ وفي مواد البناء والأغراض اليومية وفي البطاريات والصناعات الكيميائية. يُستخدم الزنك ومركبات الزنك في الناريات عندما يُطلب درجات منخفضة للاحتراق وإشعال سهل. ويتعلق استخدام الزنك ومركبات الزنك في الناريات بقنابل الدخان التي تحتوي على سداسي كلورو ايثان.

الزنك هو معدن أبيض مائل إلى الأزرق. ويُشكّل في الهواء "صدأ أبيض" (كربونات هيدروكسيد الزنك) الذي يحمي الزنك تحته. ويمكن إيجاده على هيئة مسحوق. يحترق الزنك ويظهر شرارات خضراء.

### السلوك الكيميائي

يمكن أن يصبح مسحوق الزنك ساخناً على درجة حرارة الغرفة في الهواء بدون زيادة أي طاقة له ويمكن أن يشتعل في نهاية المطاف. وتعتمد قابلية اشتعاله على عدة أمور أهمها حجم الجزيئية ومستوى التوزيع. وتنتج هذه المادة غازات قابلة للاشتعال عند تفاعلها مع المياه.

**تحذير:** تزيد الرطوبة من قدرة غبار الزنك على الاشتعال الذاتي.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي لمسحوق الزنك فهي الرمال الجافة والطين وكربونات الصوديوم الهيدروجينية وفي بعض الحالات الاستثنائية (عندما لا يتوافر أي عامل آخر)، يمكن استخدام طفايات الحريق للمعادن. يجب عدم استخدام الماء كعامل قضاء على السمية.

يشكل مسحوق الزنك خطراً كبيراً على إمدادات المياه، حتى ولو استخدم بكميات قليلة. يجب تجنب تسرب هذه المادة إلى التربة أو شبكات المياه أو الصرف الصحي.

## 4.5 المواد المضافة والمحفزات

تقدّم هذه الفقرة الفرعية المواد والمكونات المستخدمة في تصنيع العبوات الناسفة يدوية الصنع التي لست من الأحماض أو الوقود أو المؤكسدات أو التي يُشار إليها بسبب الأثر الكبير على حساسية العبوات الناسفة يدوية الصنع واستقرارها.

### 4.5.1 المحسسات ومواد الاشتعال<sup>48</sup>

تزيد المحسسات من قابلية العبوات الناسفة يدوية الصنع على الانفجار بسبب اللهب أو الشرارة أو الحرارة أو الصدمة أو الاحتكاك وما إلى ذلك. أمّا مواد الاشتعال، فتخفف من حرارة الإشتعال لمتفجّر ضعيف.

والمحسسات/مواد الاشتعال الكيميائية هي مواد أو مركبات تشمل الأمينات أو الفوسفور الأحمر أو الكبريت أو المسحوق المعدني أو زجاج أو حصى مطحون بشكل ناعم. تُحفّز المحسسات المادية، مثل الفراغ الهوائي بين بلورات المتفجرات، مزيجًا متفجّرًا بدون أن تستعين بأي مادة مضافة كيميائية (إشتعال منطقة شديدة التأثير).

وبشكل عام، يمكن استخدام المحسسات ومواد الاشتعال كوقود.

**تحذير:** في حال تم التعرض لمواد المتفجرة اليدوية الصنع تحتوي على مستشيرات الحفز أو مواد الإشتعال مضافة، يجب مراجعة إجراءات الحد من المخاطر وإبطال مفعول الذخائر وتكييفها من أجل معالجة المخاطر الناتجة عن زيادة قدرتها على الإشتعال و/أو انخفاض حرارة اشتعالها.



### الفوسفور [P] – الفوسفور الأبيض والفوسفور الأحمر

يُستخدم الفوسفور لإنتاج المبيدات والأسمدة وعبوات الكبريت ومثبطات اللهب والناريات التي تصدر الدخان والذخيرة الحارقة.

الفوسفور الأبيض أو الأصفر



الصورة 88. الفوسفور الأبيض

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

<sup>48</sup> مواد الإشتعال: مادة قابلة للإشتعال بشدة ومكيفة لُتستخدم للإشتعال.

الفوسفور الأبيض هو مادة صلبة بلورية لونها أبيض مصفر وقوامها شبيه بالشمع. ويصبح لونها أغمق عندما تتعرض للضوء. تشبه رائحة الفوسفور الأبيض الثوم (تمامًا كبعض مركبات الفوسفور) ولا يذوب في الماء. يصدر ضوءًا مائلًا إلى الأخضر (ويمكن رؤيته في الظلام) ويصدر دخانًا أبيض عندما يتعرض للهواء. يتفاعل الفوسفور بشدة مع العوامل المؤكسدة.

### السلوك الكيميائي

الفوسفور الأبيض ذاتي الاشتعال عندما يتعرض للهواء ويتأثر بالحرارة والاحتكاك والاصطدام. يمكن أن يسخن الفوسفور الأبيض بمفرده وسيشتعل على درجة حرارة الغرفة في الهواء بدون أي طاقة إضافية. وحرارة الاشتعال في الهواء الجاف أعلى من الهواء الرطب (30 درجة مئوية) وتعتمد قابلية اشتعاله على عدة أمور أهمها حجم الذرة ومستوى التوزيع. يحترق الفوسفور الأبيض مُصدرًا لهبًا متوهجًا.

ولن يتوقف الفوسفور المحترق عن الاشتعال إلا عندما يتأكسد بالكامل أو يعزل عن الأكسجين في الهواء. وسيسبب بحروق في البشرة والجسم والأنسجة وبجروح عميقة وخطيرة ولا تلتئم بسرعة.

### سمية المادة

يمكن أن يؤدي الفوسفور الأبيض إلى ضرر موضعي في الأغشية المخاطية والبشرية بسبب تدمير الأنسجة (موت الأنسجة). ويمكن أن يؤدي إلى مشاكل في الجهاز الهضمي وتلف في الكبد واضطرابات أيضية حادة وتلف في القلب والكلية. يمكن أن يتسبب دخان الفوسفور الأبيض المحترق بتهييج في العينين، والغشاء المخاطي، والبشرة والجهاز التنفسي/الرنيني.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي فهي المياه (منفتحة الرش) والرمال الرطبة. أما عوامل القضاء على السمية غير المناسبة فهي ثاني أكسيد الكربون. وعند الإمكان، يجب نقع الفوسفور الأبيض المحترق وتغطيته بالمياه والرمال الرطبة. وقبل التخلص من مخلفات هذه المادة، يمكن أن تخضع إلى معالجة كيميائية لتجنب إعادة اشتعالها تلقائيًا.

**تحذير:** لا يمكن إطفاء الفوسفور الأبيض بالماء بالكامل، لذلك يجب أخذ تدابير أخرى لعزله عن الأكسجين وإلا سيشتعل مجددًا في الهواء ما إن يتبخّر الماء.

**ملحوظة:** من بين كل التحويرات التي يمكن إجراؤها على مادة الفوسفور، يعدّ الفوسفور الأبيض الأسهل لإنتاجه وأكثر مادة سميّة وغير مستقرة. وسيزيد التحويران، أي الفوسفور الأبيض والأحمر، من تأثير المواد المتفجرة اليدوية الصنع.

يشكل الفوسفور الأبيض خطرًا كبيرًا على إمدادات المياه، حتى ولو استخدمت بكميات قليلة. يجب تجنب تسرب هذه المادة إلى التربة أو شبكات المياه أو الصرف الصحي.

**تحذير:** يتفاعل الفوسفور الأبيض أو الأصفر مع الهواء الرطب إذ تزيد حرارتهما ويشكلان فوسفيد الهيدروجين (فوسفين) وحمض الفوسفوريك، اللذين لديها رائحة شبيهة بالثوم. وتحدث هذه الأبخرة ضررًا كبيرًا إذ استنشقت.



الصورة 89. الفوسفور الأحمر  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

الفوسفور الأحمر هو مسحوق لونه أحمر غامق مائل إلى الأرجواني. وهذا التحوير الاصطناعي للفوسفور قابل للاشتعال ولا رائحة له ولا يذوب في الماء.

#### السلوك الكيميائي

يمكن أن يشتعل الفوسفور الأحمر بسهولة عندما يتعرض لمصدر اشتعال لفترة وجيزة ويستمر بالإحتراق حتى بعد إزالته من ذلك المصدر. ويعتبر خطرًا كبيرًا لنشوب حريق. وكلما كانت المادة أنعم، كلما ازداد خطر الاشتعال بما في ذلك خطر حدوث انفجار الغبار. وعلى الرغم من أن الفوسفور الأحمر ليس ذاتي الاشتعال، يمكن أن يشتعل بسبب أي اصطدام صغير أو الاحتكاك أو التفريغ الكهربائي.

#### سمية المادة

يعتبر الفوسفور الأحمر غير سام. لكن تبخر الفوسفور الأحمر في مزيج بين مؤكسد والوقود يؤدي إلى بخار سام للغاية. وتنبعث الأبخرة السامة أيضًا عند تسخين الفوسفور الأحمر. لا يعد دخان الفوسفور الأحمر المحترق سامًا إذا انبعث بكميات قليلة لكن يمكن أن يتسبب تهيج في العينين، والغشاء المخاطي، والبشرة والجهاز التنفسي.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي لحريق صغير فهي المياه (منفتح الرش) أو الرمال الرطبة أو بطانيات الحريق المبللة. يمكن القضاء على التأثيرات السمية الكبرى ببخاخ المياه. أما عوامل القضاء على السمية غير المناسبة فهي المسحوق الجاف وثاني أكسيد الكربون.

يشكل الفوسفور الأحمر خطرًا قليلًا على إمدادات المياه.

**تحذير:** يتفاعل الفوسفور الأحمر مع الهواء الرطب إذ تزيد حرارته ويشكل فوسفيد الهيدروجين (فوسفين) وحمض الفوسفوريك، اللذين لذيها رائحة شبيهة بالثوم. وتحدث هذه الأبخرة ضررًا كبيرًا إذ استنشقت.





الصورة 90. الكبريت

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم الكبريت لإنتاج حمض الكبريتيك والأسمدة التي تعتمد على الكبريتات والصبغات في صناعة الأدوية وكوقود في الناريات والوقود الدفعي.

الكبريت مادة صلبة مستقرة ولونها أصفر- أصفر فاتح. ويمكن إيجاده على هيئة مسحوق أو بلورات هشّة.

### السلوك الكيميائي

لا يذوب الكبريت في الماء لكنّه يذوب في البنزين والأنيلين ورباعي الكلوريد والأمونيا السائل. يصعب إشعال الكبريت عندما يكون صلباً لكن ما إن يذوب، يسهل إشعاله. وإذا تعرّض للهواء، يحترق مُصدرًا نيرانًا زرقاء.

**تحذير.** عندما يُمزج مع المواد المتفجرة اليدوية الصنع، يمكن أن يخفف الكبريت من حرارة الاشتعال إلى ما دون 200 درجة مئوية، مما يزيد من احتمال اشتعال بعض المواد المتفجرة اليدوية الصنع ونظرًا إلى درجة تبلور الكبريت، يخفف أيضًا من التأثير بالاصطدام. وبالنسبة إلى المواد المتفجرة اليدوية الصنع الأكثر تأثيرًا والأقل استقرارًا والتي تلوّث بالكبريت، قد يؤدي الاحتكاك الناتج عن النقل إلى تحلل فوري. ويجب التفكير بوسائل التخلص الملائمة في حالة الشكل بالتلوّث بالكبريت.

### سمية المادة

يمكن أن يتسبب الكبريت بتهيج للعينين بالإضافة إلى تهيج بالأغشية المخاطية للجهاز التنفسي وتغيرات التهابية فيها.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي فهي المياه (منفت الرش)، والمسحوق الجاف، والرغوة وثنائي أكسيد الكربون.

يشكل الكبريت خطرًا قليلًا على إمدادات المياه.



## 4.5.2 المحفّزات والمواد المتفاعلة والمواد الرابطة والمهدئات

تُستخدم المحفّزات والمواد المتفاعلة في صناعة العبوات الناسفة يدوية الصنع.

تُستخدم المحفّزات لزيادة نسبة التفاعل الكيميائي وبالتالي يحدث توازن كيميائي بشكل أسرع. ولا تستهلك في العملية.

أما المواد المتفاعلة فهي مواد تساهم في التفاعل الكيميائي. تحدث المادة المتفاعلة تغييرًا على مستوى الجزيئات. وتعمل كل الأحماض تقريبًا كمادة متفاعلة.

تُستخدم المواد الرابطة لجمع المزائج المتفجرة وتحسين التجانس بينها. يمكن أن تزيد المواد الرابطة من مقاومة الاصطدامات الميكانيكية مثل تلك التي تتعرض لها حبيبات الوقود الدفعي في التخزين والنقل. وقد يغيّر أي كسر في حبيبات الوقود الدفعي نسبة الاحتراق وقد يكون لذلك نتائج كارثية، لذلك فالمادة الرابطة تقلل من احتمالية حدوث ذلك. ويُستخدم عادةً الإسفلت والبلاستيك والراتنجات كمادة رابطة.

تُستخدم المهدئات للتخفيف من احتمالية احتكاك المادة المتفجرة واصطدامها أو لتعديل سقف التأثر وسرعة التفجير. وتبطل مفعول أي مادة متفجرة. يمكن أن يكون الشمع من المهدئات إذ يلبّن البلورات المتفجرة ويعمل كمادة ربط أيضًا.

**ملحوظة:** تساهم إضافة المواد المخففة والمهدئات في تخفيف حساسية المواد المتفجرة اليدوية الصنع والمواد الكيميائية وتفاعلها. ووفقًا للمادة المستخدمة (مثلًا الأسيتون)، قد تزيد قابلية الإشتعال وتُزال القدرة على التفجير. بالإضافة إلى ذلك، قد يؤثر إضافة المهدئات في وسيلة التخلص. ويجب عدم اعتبار بعض الوسائل مثل إضافة المهدئات المخلوطة مع المياه كوسيلة دائمة لأنّ المهدئات يمكن أن تتبخّر، وقد لا يدوم الأثر وقد تحصل المواد المتفجرة اليدوية الصنع المبطل مفعولها على خصائص مجددًا شبيهة بتلك التي كانت موجودة قبل التحويل.

**تلميح:** يمكن استخدام المهدئات للتخلص من قدرة المادة المتفجرة اليدوية الصنع على الانفجار عبر تخفيف حساسيتها إلى ما يناهز الصفر.

**تحذير:** يتم تحييد المحفّزات والمواد المتفاعلة عادةً في إنتاج المتفجرات العسكرية أو الصناعية. وفي المواد المتفجرة اليدوية الصنع، لا ينطبق ذلك بشكل عام وعليه، فوجود المحفّزات والمواد المتفاعلة قد يزيد من الحساسية. وفي بعض الحالات، يمكن أن تؤدي المواد المتفاعلة مثل حمض النتريك إلى اشتعال بعض المواد المتفجرة اليدوية الصنع تلقائيًا مع الوقت.



الصورة 91. الأسيتون

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم الأسيتون عادةً كمذيب للأطية وحرير الأسيتات وكمزيل لطلاء الأظافر. وبما أنه قد يُستخدم كعامل جلتنة، يضطلع بدور في تكنولوجيا المواد المتفجرة.

الأسيتون هو سائل متطاير للغاية وقابل للاشتعال جدًا و عديم اللون وله رائحة شبيهة بالفاكهة. ونقطة الاشتعال للأسيتون هي (-20) درجة مئوية.

### السلوك الكيميائي

تشكل أبخرة الأسيتون مزيجًا متفجرًا مع الهواء حتى ولو كانت نسبة التركيز في المزيج قليلة. ويذوب الأسيتون في الماء. يمكن أن تحدث الانفجارات والتفاعلات الخطيرة إذا تعرّض الأسيتون للأحماض (مثل بيروكسيد الهيدروجين وحمض النيتريك) والمؤكسدات القوية والوقود (مثل البورون والصوديوم).

### سمية المادة

يمكن أن يسبب الأسيتون تهيجًا في العينين وفي الجهاز التنفسي العلوي. وعندما تزيد نسب تركيزه، يسبب اضطرابات في الجهاز العصبي المركزي وله تأثير مخدر.

معظم أنواع البلاستيك غير مناسبة لتخزين الأسيتون لأنه مذيب.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي فهي المياه (منفتحة الرش)، والمسحوق الجاف، والرغوة وثنائي أكسيد الكربون. يجب القضاء على التأثيرات السمية الكبرى بواسطة الرغوة المقاومة للكحول وعبر رش المياه.

يشكل الأسيتون خطرًا قليلًا على إمدادات المياه.



الصورة 92. رباعي كلوريد الكربون

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

نادرًا ما يُستخدم رباعي كلوريد الكربون حاليًا بسبب سميته وأثره على البيئة. كان يُستخدم في الثلجات وإزالة الشحوم المعدنية وكمادة مبخرة للحبوب في المبيدات وكعامل في طفايات الحريق ومنظف جاف للمنسوجات. ويُستخدم في متفجرات رباعي كلوريد الكربون اليدوية الصنع وفي الناريات المصدرة للدخان اليدوية الصنع.

رباعي كلوريد الكربون هو سائل عديم اللون وله رائحة كريهة حلوة. وهو متطاير ولا يذوب في الماء. ويساعد رباعي كلوريد الكربون في إزالة الشحوم ويعمل كمذيب.

### السلوك الكيميائي

رباعي كلوريد الكربون غير قابل للاشتعال لكنّه قد يحدث نيران وانفجارات عند دمجها مع أنواع أخرى من الوقود والمواد المتفاعلة. يمكن أن تحدث الانفجارات والتفاعلات الخطيرة إذا تعرّض رباعي كلوريد الكربون للفلزات القلوية والمؤكسدات القوية أو المعادن المسحوقة.

### سمية المادة

يمكن أن يحدث رباعي كلوريد الكربون تهيجًا خفيفًا إلى متوسط على البشرة والأغشية المخاطية وتلف حاد في الكبد والكلية بالإضافة إلى مشاكل في الجهاز العصبي المركزي والجهاز الهضمي. قد يكون استنشاق دخانه فتاكًا.

تتألف حاويات التخزين غير الملائمة من الألومنيوم والنحاس الأحمر والزنك وسبائكها والحديد والمطاط. تتألف حاويات التخزين الملائمة من الفولاذ المقاوم للصدأ أو بولي تترافلوروإيثيلين (السيلايكون/تفلون)<sup>49</sup> أو المطاط الفلوري.

يشكل رباعي كلوريد الكربون خطرًا كبيرًا على إمدادات المياه، حتى ولو استخدمت بكميات قليلة. يجب تجنب تسرب هذه المادة إلى التربة أو شبكات المياه أو الصرف الصحي.

<sup>49</sup> التفلون (علامة تجارية) هو الاسم التجاري للسيلايكون المستخدمة من شركة DuPont de Nemours, Inc. التفلون (علامة تجارية) هو مادة كيميائية خاملة إلى حد ما. وهو مادة صلبة غير مستعلة وعديمة الرائحة ولا تنوب في الماء. يمكن أن تحدث الانفجارات والتفاعلات الخطيرة إذا تعرّض للسيلايكون/تفلون للألومنيوم المسحوق أو الفلزات القلوية أو الطحين أو المؤكسدات القوية.



الصورة 93. كبريتات النحاس. تصبح كبريتات النحاس المسحوقة البيضاء زرقاء اللون عندما تتعرض للماء.

تُستخدم كبريتات النحاس في مواد التعقيم ضد الطحالب ولإنتاج الطلاء وفي العوامل المجففة وفي الناريات إذ تحترق مصدرًا لوناً أزرق مائل إلى الأخضر.

كبريتات النحاس هي مسحوق عديم الرائحة لونه أبيض مائل إلى الرمادي. وهي استرطابية وتذوب في المياه بسهولة.

#### السلوك الكيميائي

كبريتات النحاس غير قابلة للاشتعال ولا تسبب انفجار الغبار.

يمكن أن تحدث الانفجارات والتفاعلات الخطيرة إذا تعرّضت كبريتات النحاس للأسيتيلين أو كلورات البوتاسيوم أو مسحوق المغنيسيوم أو محاليل قلووية قوية (هيدروكسيدات المعادن).

#### سمية المادة

يمكن أن تتسبب كبريتات النحاس بتهيّج خفيف في الأغشية المخاطية والبشرة. وإذا تم تناولها، قد تسبب اضطرابات حادة في الجهاز الهضمي والدورة الدموية وتغيرات في تعداد الدم وتغيرات في الوظائف الجسدية مما يؤدي إلى تلف في الكبد والكلية.

تشكل كبريتات النحاس خطرًا كبيرًا على إمدادات المياه، حتى ولو استخدمت بكميات قليلة. يجب تجنب تسرب هذه المادة إلى التربة أو شبكات المياه أو الصرف الصحي.

لا تستوفي هذه المادة العضوية الحد الأدنى من معايير للنظام المنسق عالميًا لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها (GHS) لكن تتوافر المعلومات عن المواد الكيميائية وعلم السموم على أوراق بيانات على الإنترنت.



الصورة 94. القطن

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم القطن بشكل أساسي في صناعة النسيج، لكن عندما يُمزج مع حمض النتريك، يُستخدم القطن الصافي في صناعة المتفجرات والوقود الدفعي، خاصةً نيتروسيليلوز وأسيئات السليلوز.

القطن هو مجموعة من الألياف العضوية الناعمة المطاطية. يعتمد لونه على نوع الألياف المستخدمة وكيفية تصنيعها. القطن لا يذوب في الماء.

#### السلوك الكيميائي

القطن قابل للاشتعال. يمكن أن يؤدي غبار القطن إلى انفجارات الغاز.

#### سمية المادة

ما من سلوك سام محدد.

لم يوثق أي خطر على إمدادات المياه.

إريثريتول [C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O<sub>4</sub>] أو فيستول "PHYCITOL" أو فيسيت "PHYCITE" (سلسلة من الأسماء التجارية)



الصورة 95. إريثريتول  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإسعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

إريثريتول هو سكر رباعي الكربون موجود في الطحالب والفطريات والأشنيات. طعمه الحلو هو ضعف طعم السكروز ويمكن استخدامه كموسع للشريان التاجي. ويُستخدم كبديل للسكر والمادة السليقة للمتفجرات العسكرية التي تحتوي على رباعي نترات إريثريتول (ETN) ورباعي نترات خماسي إريثريتول (PETN).

هو كحول سكري عديم الرائحة وطعمه حلو ولونه أبيض عديم اللون.



الصورة 96. كيس من السوربيتول  
(المصدر: شركة Kräuterhaus Sanct Bernhard ©)

### السلوك الكيميائي

إريثريتول قابل للإشتعال، لكن يصعب إشعاله ويذوب في المياه.

### سمية المادة

يمكن أن يسبب مسحوق أو غبار الإريثريتول تهيجًا في الأغشية المخاطية. لم يوثق الخطر المحتمل الذي يشكله الإريثريتول على إمدادات المياه.



الصورة 97. إيثيلين الغليكول

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم إيثيلين الغليكول كعامل مانع للتجميد لمياه تبريد المحرك وكعامل لإزالة الجليد وملدن في صناعة البلاستيك ولصناعة المتفجرات. يمكن أن يكون أيضًا مكونًا لسائل المكابح الهيدروليكية.

إيثيلين الغليكول سائل لزج عديم الرائحة تقريبًا وعديم اللون يمكن مزجه تمامًا مع الماء. هو استرطابي ويذوب في المياه والإيثانول. يمكن أن تضيف شركات التصنيع الألوان عليه.

### السلوك الكيميائي

يمكن أن تحدث الانفجارات والتفاعلات الخطيرة إذا تعرّض إيثيلين الغليكول لحمض النيتريك المدخن أو بيرمنغنات البوتاسيوم أو المؤكسدات القوية أو حمض الكبريتيك.

### سمية المادة

يمكن أن يتسبب إيثيلين الغليكول بتهيج خفيف في الأغشية المخاطية والبشرة. وله تأثير سمي عصبي ويسبب مشاكل في القلب والأوعية الدموية وتغيرات أيضية وتلف في الكلى.

المواد المناسبة للحاويات الزجاج والفولاذ المقاوم للصدأ ومتعدد الإيثيلين والسيليكون وبولي بروبيلين وأنواع المطاط الطبيعي. يجب التأكد من قدرة مقاومة البلاستيك قبل استخدامها.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي فهي المياه (منفتحة الرش)، والمسحوق الجاف، والرغوة وثاني أكسيد الكربون. يجب القضاء على التأثيرات السمية الكبرى بواسطة الرغوة المقاومة للكحول وعبر رش المياه.

لا يشكل إيثيلين غليكول خطرًا على إمدادات المياه.



الصورة 98. فورمالين

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم الفورمالين للمحافظة على المستحضرات البيولوجية ولإنتاج البلاستيك أو مواد التعقيم.

الفورمالين سائل عديم اللون تقريباً أو غاز رائحته لاذعة وخانقة. ويذوب في المياه بسهولة.

#### السلوك الكيميائي

الفورمالين قابل للإشتعال للغاية سواء كان سائلاً أو غازاً ويمكن أن يشكل مزيجاً متفجراً مع الهواء.

يمكن أن تحدث الانفجارات والتفاعلات الخطيرة إذا تعرّض الفورمالين لحمض الهيدروكلوريك أو بيروكسيد الهيدروجين أو كربونات المغنيسيوم أو حمض النيتريك أو الفينول أو بيرمنغنات البوتاسيوم أو هيدروكسيد الصوديوم أو مؤكسدات قوية.

#### سمية المادة

فورمالين سام للغاية ويمكن أن يتسبب بتهيج وحتى ضرر في العينين والبشرة ويمكن أن يتسبب بحساسية في البشرة (التهاب الجلد أو ردود الفعل التحسسية أو ظهور البثور إلخ) ويمكن أن يؤدي الفورمالين إلى تهيج في الجهاز التنفسي.

المواد الملائمة للحاويات هي الألومنيوم أو الزجاج أو الفولاذ المقاوم للصدأ أو متعدد الإيثيلين.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي فهي المياه (منفتح الرش)، والمسحوق الجاف للقضاء على التأثير السمي وثاني أكسيد الكربون. يجب القضاء على التأثيرات السمية الكبرى بواسطة الرغوة المقاومة للكحول وعبر رش المياه.

يشكل الفورمالين خطراً كبيراً على إمدادات المياه، حتى ولو استخدمت بكميات قليلة. يجب تجنب تسرب هذه المادة إلى التربة أو شبكات المياه أو الصرف الصحي.





الصورة 99. سداسي كلورو ايثان  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم سداسي كلورو ايثان في صهر المعادن غير الحديدية وفي إنتاج مواد التشحيم عالية الضغط. وفي المجال العسكري، يُستخدم في الناريات وكعامل لتعبئة القنابل الدخانية.

سداسي كلورو ايثان هو مسحوق بلوري أبيض عديم اللون ورائحته تشبه الكافور (قوية وزكية وعطرية-خشبية برائحة الأوكالبتوس)

### السلوك الكيميائي

سداسي كلورو ايثان غير قابل للإشتعال ولا يذوب في الماء. يتحوّل إلى غاز بدون أن يذوّب ويتبخّر عندما يتعرض للهواء. يصدر سداسي كلورو ايثان دخانًا سامًا عندما يُسخّن لدرجة التخلل.

### سمية المادة

يمكن أن يتسبب سداسي كلورو ايثان بتهيج في الأغشية المخاطية وتهيج خفيف في البشرة. وقد يؤدي إلى تلف في الجهاز التنفسي أيضًا. وعندما تكون نسبة تركيزه عالية، يسبب اضطرابات في الجهاز العصبي المركزي.

يشكل سداسي كلورو ايثان خطرًا كبيرًا على إمدادات المياه، حتى ولو استخدم بكميات قليلة. يجب تجنب تسرب هذه المادة إلى التربة أو شبكات المياه أو الصرف الصحي.

الهكسامين [C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>N<sub>4</sub>] أو إيسبيت "ESBIT"<sup>50</sup> أو أقراص الوقود أو سداسي ميثيلين رباعي أمين أو بوتروبين



الصورة 100. الهكسامين

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)



الصورة 101. الهكسامين مضغوط كتلة إيسبيت

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يستخدم الهكسامين لإنتاج البلاستيك القائم على الفينول أو الأمين وكمادة حافظة للغذاء وأقراص وقود جافة مضغوطة. الهكسامين هو مسحوق بلوري مع رائحة السمك البحري<sup>51</sup>. ويمكن إيجاده على هيئة مسحوق أو أقراص.

### السلوك الكيميائي

الهكسامين قابل للإشتعال ويمكن أن يشتعل بسهولة عندما يتعرض لمصدر اشتعال لفترة وجيزة ويستمر بالاحتراق حتى بعد إزالته من ذلك المصدر. كلما توزع الهكسامين بطريقة ناعمة، كلما ازداد خطر الاشتعال. ويمكن أن يؤدي إلى انفجارات الغاز. يذوب الهكسامين في المياه بسهولة وهو استرطابي وحساس تجاه الرطوبة.

يمكن أن تحدث الانفجارات والتفاعلات الخطيرة إذا تعرض الهكسامين للأحماض (مثل حمض النيتريك) أو البيروكسيدات أو المؤكسدات.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي فهي المياه (منفت الرش)، والمسحوق الجاف للقضاء على التأثير السمي، والرغوة وثاني أكسيد الكربون.

يشكل الهكسامين خطرًا معتدلاً على إمدادات المياه.

<sup>50</sup> إيسبيت "ESBIT" هي اختصار لكلمة "وقود إريك شوم على شكل أقراص" وهي علامة تجارية سابقة.

<sup>51</sup> الإمينات مشتقة من الأمونيا، وتعطي الأسماك القديمة (الأقدم) ورائحتها المتميزة. وبسبب الأمينات، تصبح رائحة الوقود الجاف المحروق مثل إيسبيت شبيهة بالسمك.



يُستخدم الأمينوغوانيديين لإنتاج المنتجات الدوائية ويُستخدم في تربية الحيوانات لحماية الحيوانات المنوية للخنزير البري من الآثار الضارة للإجهاد التأكسدي. يُستخدم في الغسول والشامبو والصابون ومعجون الأسنان. يمكن أن يشير إيجاد الأمينوغوانيديين الخام إلى إنتاج التترازينات. تُستخدم نترات الأمينوغوانيديين في الوقود الدفعي.

الأمينوغوانيديين هو مادة صلبة بلورية بيضاء عديمة اللون وعديمة رائحة.

### السلوك الكيميائي

يدوب الأمينوغوانيديين في المياه. وهذه المادة قابلة للإشتعال لكن يصعب إشعالها.

### سمية المادة

يمكن أن يتسبب الأمينوغوانيديين بتهيج في الأغشية المخاطية وتهيج خفيف في البشرة. وقد يؤدي إلى تلف في الجهاز التنفسي أيضاً.

يشكل أمينوغوانيديين خطراً معتدلاً على إمدادات المياه.



الصورة 102. اليود

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم اليود في المنتجات الطبية مثل مواد التعقيم. ويمكن إيجاده في صناعة المتفجرات الأولية اليدوية الصنع.

يتألف اليود من بلورات تشبه رقائق معدنية لامعة لونها رمادي مائل إلى الأسود ورائحتها لاذعة تتبخّر تدريجيًا في الهواء. عندما يصبح ساخنًا بسرعة، يتحول اليود ليصبح بخارًا مزعجًا للغاية. وهو غير قابل للاشتعال. يذوب اليود في المياه بسهولة. ويزوب في الإيثانول بسرعة ويصبح لونه بنيًا ويصبح في البنزين أحمر.

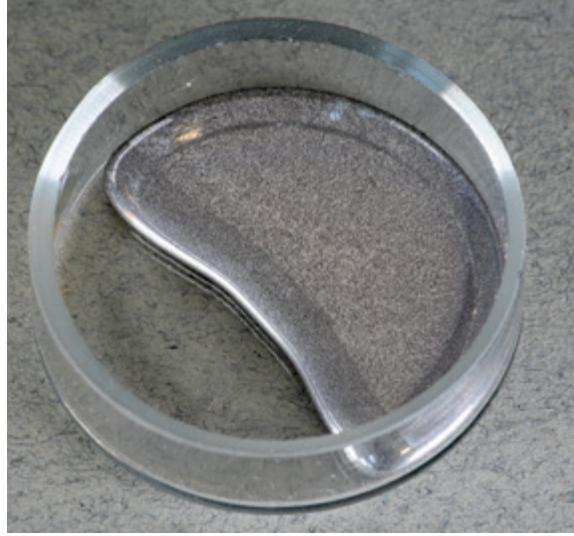
### السلوك الكيميائي

يعتبر اليود قويًا للغاية من حيث قوة التآكل إذ إنّه قادر على جعل الفلين والمطاط الطبيعي يتحلل. يمكن أن تحدث الانفجارات والتفاعلات الخطيرة إذا تعرّضت للفلزات القلوية أو الأمونيا أو مركبات الأمونيا أو البوتاسيوم بالتزامن مع الصدمة أو يودييد البوتاسيوم أو كبريتات رباعي أمين النحاس أو أكسيد الزئبق والإيثانول/ميثانول، أو أزيد الفضة أو الفلور أو المواد القابلة للاحتراق أو الفوسفور أو مسحوق الألومنيوم الرطب أو مزيج الأثير-مسحوق الألومنيوم أو الوقود أو البورون مقترنًا بالحرارة أو مسحوق الحديد أو فورمالين أو البوتاسيوم مقترنًا بالحرارة أو الليثيوم أو المغنيسيوم (المسحوق، الرطب) أو اسيتليدات/كربيدات المعدن أو الكبريت أو ترينتين أو مسحوق الزنك الرطب.

### سمية المادة

يمكن أن يتسبب بخار اليود بتهيج وحتى بتآكل للعينين والبشرة وانزعاج حاد في الجهاز التنفسي (خطر حصول تلف في الرئة). وفي حال تناوله عن طريق الفم، يمكن أن يتسبب اليود بتلف في الجهاز الهضمي واضطراب الغدة الدرقية ومشاكل في القلب والأوعية الدموية ومشاكل في الأيض وتلف في الدم والكبد والكلية.

يشكل اليود خطرًا كبيرًا على إمدادات المياه، حتى ولو استخدمت بكميات قليلة. يجب تجنب تسرب هذه المادة إلى التربة أو شبكات المياه أو الصرف الصحي.



الصورة 103. الزئبق

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم الزئبق في موازين الحرارة الطبية ومفاتيح التبديل (مثل مفاتيح تبديل الميل) ومواد التعقيم وللتحليل الكهربائي في الصناعات الكيميائية والمبيضات والمصابيح المختلفة (مثل المصابيح الفلورية). يمكن إيجاد هذا المعدن في المناطق حيث يجري الاستخراج البارد. من الضروري الحصول على الزئبق لإنتاج فلمينات الزئبق.

الزئبق هو معدن سائل عديم الرائحة فضي لامع. وهو غير قابل للاشتعال ولا يذوب في الماء. الزئبق أثقل من الماء. هو متطاير قليلاً لكن يمكن أن يتبخر تدريجياً على درجة حرارة الغرفة وفي الأماكن المغلقة مما قد يولد تركيزات خطيرة للزئبق في الهواء.

### السلوك الكيميائي

يمكن أن تحدث الانفجارات والتفاعلات الخطيرة إذا تعرّض الزئبق للفلزات القلوية والأمينات والأمونيوم وأستييلين ومعادن محددة (مثل الألومنيوم) وحمض النيتريك والنيتروميثان والأكسجين مقترناً مع الحرارة أو حمض البيكريك أو كربيد الصوديوم.

**⚠️ تلميح.** يمكن تنظيف سائل الزئبق عبر استخدام الممتصات مثل ميركوريسورب (علامة تجارية).

### سمية المادة

يعد الزئبق المعدني ومركباته القابلة للذوبان ساماً للغاية. يتسبب بخار الزئبق تسمماً مزمناً يؤدي إلى تملل وصداع ونسيان ومشاكل تنفسية وتأثر الأغشية المخاطية للعينين وارتجاف اليدين والجفون وتلف في الكلى وتدهور متدرج في الجهاز العصبي المركزي وصولاً إلى الوفاة. ومن علامات التسمم بالزئبق هو تحوّل اللثة إلى سوداء. تسبب مركبات الزئبق القابلة للذوبان بجرعة 0.2 إلى 1.0 غرام أعراض تسمم حادة مما قد يؤدي إلى الوفاة في أيام.

**تحذير:** يكون الزئبق المعدني خطيرًا للغاية عندما يكون على هيئة بخار وتقل خطورته عندما يكون على هيئة سائل موزع بدقة وأقل خطورة عندما يكون على هيئة قطرة سائل مضغوطة. يكون الخطر الأكبر عندما يُستنشق كأبخرة مركزة، خاصةً من السائل المسخن في حالة التهوية غير الملائمة. وفي هذه الحالة، يوجد خطر حاد على الحياة.



المواد المناسبة للحاويات هي الزجاج والسيراميك والفولاذ المقاوم للصدأ والحديد. أما المواد غير المناسبة للحاويات، فهي الألومنيوم والنحاس والذهب وسبائكه والفضة وسبائكه والقصدير وسبائكه بالإضافة إلى الزنك وسبائكه.

يشكل الزئبق خطرًا كبيرًا على إمدادات المياه، حتى ولو استخدم بكميات قليلة. يجب تجنب تسرب هذه المادة إلى التربة أو شبكات المياه أو الصرف الصحي.

**ملحوظة:** يمكن أن يشير إيجاد عدد (كبير) من المصابيح الفلورية إلى استخدام الزئبق لإنتاج المواد المتفجرة اليدوية الصنع.





الصورة 104. الكحول الميثيلي الصناعي (المصدر: بحوث تسليح النزاع ©)

يُستخدم الميثانول لتصنيع المواد الكيميائية وإزالة المياه من الوقود السيارات والطائرات وإنتاج الوقود الإحيائي وكمذيب للطلاء والبلاستيك وكمكون في سلسلة من المنتجات كمانع التجميد.

الميثانول هو سائل عديم اللون برائحة تتراوح بين الرائحة الطبية واللاذعة مثل رائحة الكحول الإيثيلي. هو متطاير للغاية وقابل للاشتعال بسهولة. يختلط الميثانول بالكامل مع المياه. يوَلد دخانه بخارًا متفجرًا عندما يتعرض للهواء.

### السلوك الكيميائي

يمكن أن تحدث الانفجارات والتفاعلات الخطيرة إذا تعرّض ميثانول للأحماض (مثل حمض النيتريك أو حمض الكبريتيك) أو الفلزات القلوية أو بيروكسيد الهيدروجين أو البيروكلورات.

### سمية المادة

يمكن أن يتسبب الميثانول بتهيج للعينين واكتئاب الجهاز العصبي المركزي وتلف منهجي في العينين.

المواد غير الملائمة للحاويات هي الألومنيوم وسبائك المغنيسيوم وسبائك الزنك. يجب التأكد من قدرة مقاومة البلاستيك قبل استخدامه.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي فهي المياه (منفث الرش)، والمسحوق الجاف للقضاء على التأثير السمي وثاني أكسيد الكربون. يجب القضاء على التأثيرات السمية الكبرى بواسطة الرغوة المقاومة للكحول وعبر رش المياه.

يشكل الميثانول خطرًا كبيرًا على إمدادات المياه، حتى ولو استخدمت بكميات قليلة. يجب تجنب تسرب هذه المادة إلى التربة أو شبكات المياه أو الصرف الصحي.

**ملحوظة:** يُضاف الميثانول السام إلى الإيثانول في عدد من الاستخدامات الصناعية. يسمح إضافة الميثانول ببيع الإيثانول بشكل أكبر بدون تحمل ضريبة المشروبات الكحولية (مثل البيرة أو النبيذ أو الجين). يُسمى هذا الخليط بالكحول المحول أو الكحول الميثيلي. وبالتالي، يرجح أن يتعرض طاقم منظمات الأعمال المتعلقة بالألغام أنواع الخليط الصناعية للميثانول والإيثانول التي يكون لديها لون بنفسجي من عملية التحول ويمكن التعرف عليها بسهولة.





الصورة 105. نيتروسيليلوز غير المعالج  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

النيتروسيليلوز هو التسمية الشائعة المعتمدة لإسترات النترات للسللوز (نترات السللوز). يُستخدم في البارود وفي صناعة المتفجرات. من المرجح أن يحتوي النيتروسيليلوز اليدوي الصنع، المصنوع من القطن، على الشوائب وفائض من عامل النترات مما يجعله أكثر حساسًا تجاه الحرارة/ الإحتراق والاشتعال الذاتي مع الوقت.



الصورة 106. طبول مُستخدمة كحاويات لنيتروسيليلوز المصنَّع (المصدر: بحوث تسليح النزاع ©)





الصورة 107. ملصق على طبل مُستخدم كحاوية لنيتروسيليلوز المصنّع (المصدر: بحوث تسليح النزاع ©)

### السلوك الكيميائي

النيتروسيليلوز هو مادة صلبة تتألف من ألياف بيضاء. ويُصنّف كمتفجّر ويمكن أن يشتعل من تلقاء ذاته ويمكن أن يتسبب بانفجارات الغاز. يتفاعل النيتروسيليلوز مع الإحتكاك أو التسخين أو مصادر أخرى من الاشتعال ويتحلل بسرعة ويشكّل كميات كبيرة من الغاز. يجب أن يُخفف المنتج التجاري بالماء أو الكحول. تصبح حساسية النيتروسيليلوز مع 13.3% من النيتروجين 3 J، وحساسيته مع الإحتكاك تقارب N 353. وبحسب عوامل الرطوبة المستخدمة، تتراوح نقطة اشتعال النيتروسيليلوز بين 12 درجة مئوية و35 درجة مئوية ويبدأ الاحتراق عند ما بين 160 درجة مئوية و180 درجة مئوية. وإنّ كل أنواع النيتروسيليلوز قابلة للذوبان في الأسيتون.

يمكن أن تحدث الانفجارات والتفاعلات الخطيرة إذا تعرّض النيتروسيليلوز للأحماض أو الفلزات أو المؤكسدات.

### سمية المادة

النيتروسيليلوز الخام ليس سامًا لكن المهدئات أو عوامل الرطوبة أو شوائب النتروجين غير المغسولة أو منتجات التحلل يمكن أن تولد السمية.

لم توثق أخطار النيتروسيليلوز على الحياة المائية. يجب تجنب تسرب هذه المادة إلى التربة أو شبكات الصرف الصحي أو المياه.



الصورة 108. فينول  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم الفينول في صناعة الصبغات والمنتجات الصيدلانية ومواد التعقيم والبلاستيك والمواد الحافظة.

يتألف الفينول من بلورات عديمة اللون (لكن تصبح حمراء بسبب مواد التنظيف) التي تجرح البشرة وتسبب بقعًا بيضاء. ويذوب في المياه إلى حد ما ولديه رائحة قوية.

### السلوك الكيميائي

الفينول قابل للإشتعال وقد يشكل بخاره أنواع خليط متفجرة مع الهواء عندما يتم تسخين هذه المادة لدرجة أعلى من درجة اشتعالها (79 درجة مئوية). قد يؤدي تعرض الفينول للمؤكسدات القوية والأحماض إلى انفجارات أو تفاعلات خطيرة.

يمكن أن تحدث الانفجارات والتفاعلات الخطيرة إذا تعرّض الفينول للألومنيوم أو الفورمالين أو بيروكسيد الهيدروجين أو المحاليل القلوية القوية أو المؤكسدات.

### سمية المادة

يمكن أن يتسبب الفينول بتآكل للأغشية المخاطية والبشرة بالإضافة إلى تلف حاد في العينين. ويمكن أن يؤدي إلى مشاكل في الجهاز العصبي المركزي وفي القلب والأوعية الدموية وتلف في الكلى.

المواد المناسبة للحاويات هي الزجاج أو الفولاذ المقاوم للصدأ. يجب التأكد من قدرة مقاومة البلاستيك قبل استخدامه. المواد غير المناسبة هي الألومنيوم والنحاس والزنك والمطاط.

أما العوامل المناسبة التي تقضي على التأثير السمي فهي المياه (منفتحة الرش)، والمسحوق الجاف للقضاء على التأثير السمي وثاني أكسيد الكربون. يجب القضاء على التأثيرات السمية الكبرى بواسطة الرغوة المقاومة للكحول وعبر رش المياه.

يشكل الفينول خطرًا على إمدادات المياه.

## كلوريد البوتاسيوم [KCl] أو سلفيت SYLVITE أو "نوسالت" NOSALT

لا تستوفي هذه المادة الحد الأدنى من معايير للنظام المنسق عالمياً لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها (GHS) لكن تتوافر المعلومات عن المواد الكيميائية وعلم السموم على أوراق بيانات على الإنترنت.



الصورة 109. كلوريد البوتاسيوم

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم كلوريد البوتاسيوم كمادة خام لمعظم مركبات البوتاسيوم وهو مكون في معظم الأسمدة التي تكون على هيئة أملاح. ويُستخدم كمحسن للنكهة وبدل عن كلوريد الصوديوم في الأملاح المستخدمة في الطعام المصنع (مثل "نوسالت") يُستخدم في التصنيع اليدوي الصنع لكلورات البوتاسيوم.

يشكل كلوريد البوتاسيوم بلورات بيضاء عديمة اللون قابلة للذوبان في المياه وطعمها مالح للغاية-مر ولا رائحة له.

### السلوك الكيميائي

لا يشتعل ولا يتسبب بانفجارات الغاز. يشكل كلوريد البوتاسيوم خطراً قليلاً على إمدادات المياه.

## هيدروكسيد الصوديوم [NaOH] أو الصودا الكاوية أو المحلول القلوي أو اسكاريت أو الكاوية البيضاء أو هيدرات الصوديوم



الصورة 110. هيدروكسيد الصوديوم  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم هيدروكسيد الصوديوم لإنتاج أملاح الصوديوم والصابون ومواد التنظيف والأصبغ وكمادة حصر ولإنتاج السللوز. هيدروكسيد الصوديوم هو كتلة استرطابية وبلورية وبيضاء مسببة للتآكل الشديد. يمكن إيجاده على هيئة كتل أو ألواح أو قشور أو رقائق. وعندما يذوب في المياه، يشكل هيدروكسيد الصوديوم الصودا الكاوية المسببة للتآكل الشديد. ويتبخر في الهواء عندما يمتص الرطوبة وثاني أكسيد الكربون من الجو.

### سُمِّيَّة المادَّة

يمكن أن يسبب هيدروكسيد الصوديوم تهيجًا خطيرًا وتآكلًا لكل الأغشية المخاطية والبشرة عند التعرض له. ويمكن أن يؤدي إلى تلف نهائي في العين (خطر الإصابة بالعمى).



الصورة 111. أكياس من رقائق الصودا الكاوية موجودة في الموصل، العراق (المصدر: مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية ©)

المواد غير الملائمة للحاويات هي الألومنيوم والنحاس الأصفر والقصدير والزنك. يجب التأكد من قدرة مقاومة البلاستيك قبل استخدامه.

يشكل هيدروكسيد الصوديوم خطرًا قليلًا على إمدادات المياه.



يُستخدم هيبوكلوريت الصوديوم في المواد المبيضة و مواد التنظيف والتعقيم للمساح والأنسجة والأدوية. يُستخدم في الإنتاج اليدوي الصنع للكlorates.

هيبوكلوريت الصوديوم هو سائل أصفر برائحة كريهة ولادعة. لا يمكن تخزينه إلا في المحاليل المائية التي يمكن أن تكون كاوية للغاية وفقاً لنسبة تركيزها.

### السلوك الكيميائي

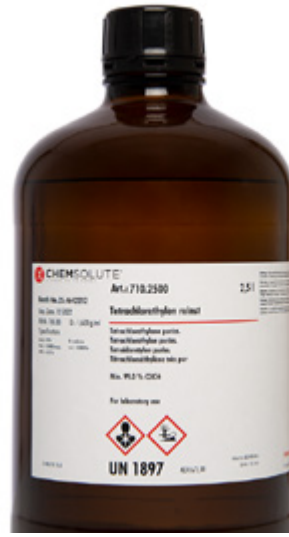
يمكن أن تحدث الانفجارات والتفاعلات الخطيرة إذا تعرّض هيبوكلوريت الصوديوم للأحماض والأمينات والأمونيا والمؤكسدات واليورينا.

### سمية المادة

يمكن أن يتسبب هيبوكلوريت الصوديوم بتهيج أو تآكل في الأغشية المخاطية والعينين والبشرة.

المواد المناسبة للحاويات هي الزجاج والسيراميك ومتعدد الإيثيلين.

يشكل هيبوكلوريت الصوديوم خطراً كبيراً على إمدادات المياه، حتى ولو استخدم بكميات قليلة. يجب تجنب تسرب هذه المادة إلى التربة أو شبكات المياه أو الصرف الصحي.



الصورة 112. رباعي كلورو الإيثيلين للمختبرات، 99%  
(المصدر: شركة Th. Geyer Ingredients GmbH & Co. KG.)

يُستخدم رباعي كلورو الإيثيلين بشكل أساسي كمذيب التنظيف في التنظيف الجاف وتصنيع الأنسجة وفي صناعة الفلوروكربون. يمكن أن يشير وجود رباعي كلورو الإيثيلين إلى صناعة المتفجرات السائلة اليدوية الصنع.

رباعي كلورو الإيثيلين هو سائل غير قابل للإشتعال ومتطاير وديم اللون برائحة تشبه الإثير ويمكن أن يصدر نيران سامة مكونة من الفوسجين عندما يتعرض لأشعة الشمس أو النيران.

### السلوك الكيميائي

يمكن أن تحدث الانفجارات والتفاعلات الخطيرة إذا تعرّض رباعي كلورو الإيثيلين للفلزات القلوية أو المحاليل القلوية القوية أو المؤكسدات القوية أو المعادن المسحوقة.

### سمية المادة

يمكن أن يتسبب رباعي كلورو الإيثيلين بتهيج في الأغشية المخاطية والبشرة وضعف في الجهاز العصبي المركزي وعند التعرض القوي، ضعف في وظائف الكبد والكلية.

يشكل رباعي كلورو الإيثيلين خطرًا كبيرًا على إمدادات المياه، حتى ولو استخدم بكميات قليلة. يجب تجنب تسرب هذه المادة إلى التربة أو شبكات المياه أو الصرف الصحي.

لا تستوفي هذه المادة الحد الأدنى من معايير للنظام المنسق عالميًا لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها (GHS) لكن تتوافر المعلومات عن المواد الكيميائية وعلم السموم على أوراق بيانات على الإنترنت.



الصورة 113. اليوريا

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم اليوريا في الأسمدة والمسحوق للقضاء على التأثير السميّ وعوامل إزالة الجليد والمواد المضافة للوقود (مثل AdBlue®) ومستحضرات التجميل والمنتجات الطبية. وهو المادة السليفة في نترات اليوريا.

اليوريا مسحوق بلوري برائحة تشبه الأمونيا قليلاً. وهو مادة غير قابلة للاشتعال واسترطابية وتذوب في المياه بسهولة. لا يتسبب اليوريا بانفجارات الغاز.

### السلوك الكيميائي

يمكن أن تحدث الانفجارات والتفاعلات الخطيرة إذا تعرّض اليوريا لنترات الأمونيوم أو بيروكسيد الهيدروجين أو البيركلورات (بيركلورات الصوديوم) أو المؤكسدات القوية أو مصادر الكلوريد أو رباعي كلوريد التيتان.

يشكل اليوريا خطرًا قليلاً على إمدادات المياه.

## 4.6 تأثيرات التقادم

تعرض هذه الفقرة مسألة التقادم وتأثير التقادم على العبوات الناسفة يدوية الصنع. فلم تؤثّق هذه العملية توثيقًا جيدًا في حالات عدّة من العبوات الناسفة يدوية الصنع. لذلك، بسبب نقص المعلومات ستتم مراقبة عامّة أكثر.

تؤثّر تأثيرات التقادم على أداء وسلامة جميع مكونات الذخيرة.

إلى جانب الذخائر والمتفجّرات نفسها، تتقادم أيضًا الحشوات ومكونات الصمّامات. وعمومًا، وثّقت تأثيرات التقادم على الذخائر العسكرية توثيقًا جيدًا. وفي هذا السياق، من المعروف أنّ الدورة النهارية، وهي تعرّض الذخيرة والمتفجّرات إلى تغيّرات ناتجة عن تفاوت درجات الحرارة بين النهار والليل وتبدّل الفصول، تُمثّل مشكلة محتملة.

يجب أن تستوفي المتفجّرات المنتجة صناعيًا معايير صارمة من حيث التقادم من أجل تقليل حوادث التخزين والمناولة والاستخدام خلال مدة صلاحيتها. ولا تُصنّع العبوات الناسفة يدوية الصنع وفقًا لهذه المعايير. فبشكل عام، يجب ألا يتساوى تقادم العبوات الناسفة يدوية الصنع بزيادة معايير السلامة، لا بل على العكس تمامًا. وبالتالي، يجب ألا تعدّ العبوات الناسفة يدوية الصنع غير المحدّدة التي تظهر عليها علامات التقادم ثابتة أو منزوعة الحساسية تلقائيًا.



الصورة 114. تأثيرات التقادم واضحة على صمّامات نارية موقوتة (المصدر: مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية)





الصورة 115. قذيفة مدفعية متقدمة ذات ضرر على الأفراد في تربة رملية. انفجرت هذه القذيفة قبل 65 عامًا من اكتشافها. يمكن رؤية حشو مادة تي أن تي ذات اللون الأصفر الرمادي جزئيًا بين كرات الشظايا، وهي معرضة للبيئية. (المصدر: مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية)

إنّ الدراسات الموثوقة حول تأثيرات التقدم على الخصائص الكيميائية للعبوات الناسفة يدوية الصنع نادرة؛ وحيثما وجدت، تكون معظم المعلومات سرّية. إلى جانب التّعرّض لمجموعة متنوّعة من التأثيرات البيئية (مثل الرطوبة أو الأشعة الشمسية، على سبيل المثال) أو الاضمحلال الكيميائي المحتمل مع مرور الوقت، يمكن للدورة النهارية أن تؤدي إلى تقادم العبوات الناسفة يدوية الصنع.

في حين أنّ بعض العبوات الناسفة يدوية الصنع قد تفقد خصائصها الكيميائية مع مرور الوقت، قد لا تزال تشكل أخطار سامة وحارقة محدّدة. بالإضافة إلى ذلك، قد يؤدي الاضمحلال الكيميائي إلى تعزيز أخطار جديدة سامة أو حارقة وتكوينها. ويمكن أن تدعم هذه التأثيرات أو تُسرّعها بسبب مادة الغلاف أو الحاوية. بالإضافة إلى ذلك، قد يؤدي تحلّل الحاوية إلى زيادة تأثيرات تقادم العبوات الناسفة يدوية الصنع أكثر من تأثيراتها على الذخيرة العسكرية.

- يمكن أن يؤثر التقادم بشكل كبير على استقرار العبوات الناسفة يدوية الصنع وحساسيتها وموادها الكيميائية الأولية.
- قد تتآكل العبوات الناسفة يدوية الصنع وتؤدي إلى تدهور مواد الحاويات والمفاتيح وأغلفة المتفجرات وما إلى ذلك.
- قد يؤدي امتصاص المياه إلى نزع حساسية العبوات الناسفة يدوية الصنع؛ فقد تتفاعل المؤكسدات أو الوقود مع الماء.
- يمكن أن تتأثر المواد الكيميائية بالحرارة وأشعة الشمس، ما قد يؤدي إلى زيادة الحساسية أو انخفاضها وانخفاض الثبات.
- يمكن أن تؤدي الدورة النهارية (تفاوت درجات الحرارة بين النهار والليل) إلى تفكيك الحشوات المتفجرة داخل الحاويات، ما يزيد من مواقع توليد النقاط الساخنة في المناولة والنقل.
- يمكن أن يزيد من التفاعلات الكيميائية وجود الشوائب في المتفجرات المستخدمة في دوافع التفجير أو المواد المضافة، قد يؤدي إلى ظهور مواد غير ثابتة مع مرور الوقت.
- يمكن أن تتبخر أجهزة نزع الحساسية والملدنات، ما يزيد من الحساسية ويقلل الثبات.
- تعمل الشقوق والكسور على تسريع سلوك حرق الوقود بطريقة لا يمكن السيطرة عليها.
- يمكن أن تتبخر العبوات الناسفة يدوية الصنع وتعاد بلورتها أو من الممكن أن تكون أملاح تفاعلية غير ثابتة، وقد يتمنّع بعضها بخصائص متفجرة، مثل كلورات الأمونيوم وأزيد النحاس.
- قد تذوب بعض العبوات الناسفة يدوية الصنع في الماء ثم تتصلّب مرة أخرى، فتشكل هيكل حساسة وغير ثابتة.
- يمكن أن ينخفض تركيز المثبطات في العبوات الناسفة يدوية الصنع، ما يؤدي إلى زيادة الحساسية.
- بسبب التأثير الممتص للرطوبة، يمكن أن يؤدي امتصاص الماء في العبوات الناسفة يدوية الصنع إلى التكتّف، وبالتالي زيادة الأداء التفجيري (مثل نترات الأمونيوم).
- قد تؤدي الشوائب، على سبيل المثال في الحاويات (المعاد استخدامها)، إلى تسريع آثار التقادم أو تضخيمها.

**تحذير.** يمكن أن يؤدي امتصاص الرطوبة في الطبقات الخارجية المكشوفة لدى بعض العبوات الناسفة يدوية الصنع إلى تكوين قشرة صلبة عند التعرض للأمطار التي تليها الشمس أو الحرارة. فيمكن لذلك أن يزيد من كثافة المتفجّر أو أن يغيّر التوازن الكيميائي بين الوقود والمؤكسد. ولتجنّب أيّ تحلل نشط غير مرغوب فيه، يجب ألا تُكسر هذه القشرة بقوة ميكانيكية.



الصورة 116. قاذف مجهز خاص بـ VS-500 متآكل بفعل التقادم (المؤسسة السويسرية لمكافحة الألغام).



الصورة 117. تأثيرات التقادم: مسحوق الألومنيوم بعد فصلها عن نترات الأمونيوم (المؤسسة السويسرية لمكافحة الألغام)



الصورة 118. التقادم: لغم متفجر غير معروف متقادم بعد تخزينه في حاوية غير مكيّفة الهواء في موقع استوائي لمدة زمنية غير معروفة. ويمكن ملاحظة أنّ الغلاف تالف وأنّ لون المتفجر قد تغيّر. لا يمكن تقدير التأثيرات الكيميائية للتقادم على المتفجر (المصدر: ستانيسلاف دامجانوفيك)



الصورة 119. تأثيرات التقادم: إعادة تبلور نترات الأمونيوم (المصدر: المؤسسة السويسرية لمكافحة الألغام)

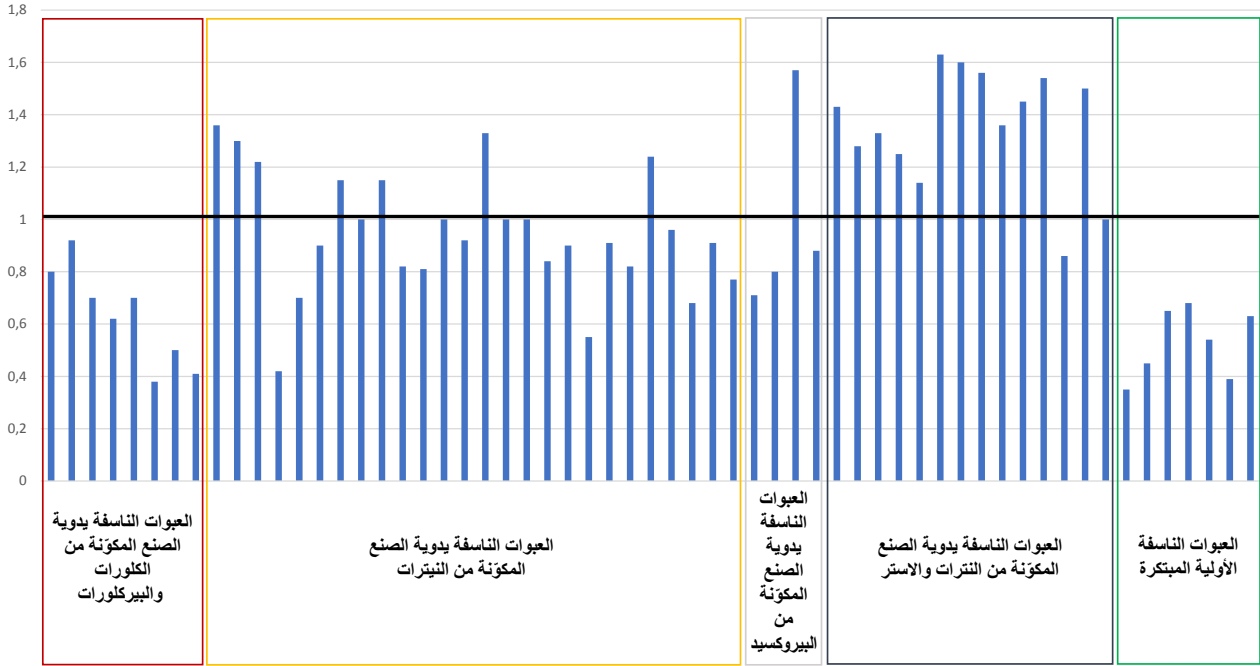


الصورة 120. برميل بيروكسيد الهيدرومين أعيد استعماله للشحنة الرئيسية. يمكن أن تؤثر مخلفات بيروكسيد الهيدروجين على تقادم العبوات الناسفة يدوية الصنع أيضًا. (المصدر: المؤسسة السويسرية لمكافحة الألغام)

## 5. العبوات الناسفة يدوية الصنع

نظرًا للكمية الكبيرة من أنواع الوقود والمؤكسدات التي يمكن استخدامها في تصنيع العبوات الناسفة يدوية الصنع، يركّز هذا القسم على أنواع العبوات الناسفة يدوية الصنع الرئيسية التي قد يصادفها العاملون في مجال الأعمال المتعلقة بالألغام. وسيُحدد خصائصها المشتركة وطرق استعمالها وأخطارها، مع مراعاة القيود المفروضة على الحصول على هذه البيانات.

وقد أعطى القسمان 3 و4 من هذا الفصل تفاصيل حول المظهر الخارجي للمواد الكيميائية الأولية ومخاطرها المحددة وأخطارها. بينما سيقدم هذا القسم معلومات حول المتغيرات مثل حجم الجزيئات ونوعية المواد الخام والشوائب، وكيفية تأثيرها على الخصائص الكيميائية للعبوات الناسفة يدوية الصنع. فقد تقدّم العبوات الناسفة يدوية الصنع المتطابقة ألوان ومظاهر وروائح مختلفة، نظرًا لأن المصنّعين قد يحاولون إخفائها لعرقلة جهود البحث.




الجدول 10. مجموعات العبوات الناسفة يدوية الصنع الأكثر شيوعًا، مقارنة بما يعادلها من مادة تي أن تي (تي أن تي = 1) (المصدر: شركة بريمنتون للاستشارات (ش.م.))








يوضّح الجدول 10 التباين في أداء عدّة آلاف من تركيبات العبوات الناسفة يدوية الصنع التي وُجدت في كلّ من العمليات العسكرية والعمليات المتعلقة بالألغام على مستوى العالم. واستنادًا إلى محتوى الجدول 10، يجب افتراض أنّ التركيبات/ الخليط يساوي 1.5 مرّات ما يعادله من مادّة تي أن تي، وذلك لغرض الإجلاء.

**ملحوظة.** من المهمّ الأخذ بالاعتبار أنّ معايير انفجار العبوات الناسفة يدوية الصنع وحساسيتها وثباتها تعتمد إلى حد كبير على ما يلي:

- شكل المكونات وحجمها ونسبة فجواتها؛
- معدّل الوقود بالنسبة إلى المؤكسد؛
- المحتوى المائي والشوائب؛
- قطر الشحنة؛
- ظروف الحصر (بما في ذلك نوع مواد الحاويات وسمكها)؛ و
- تأثير المواد المضافة.

**تحذير.** لا تُعدّ العبوات الناسفة يدوية الصنع آمنة للاستخدام فحسب لأنه مبلّغ عنها على أنّها غير حسّاسة لكبسولات التفجير. 

لا توجد بيانات أمان لمعظم المتفجرات المبتكرة. وللتأكيد على أخطارها المحتملة، يضاف تصنيف النظام المنسق عالميًا (GHS) لموادها الكيميائية الأولية إلى التعدادات الواردة في هذا القسم. ويمكن افتراض أن العبوات الناسفة يدوية الصنع تتبع على الأقل تصنيف النظام المنسق عالميًا نفسه لتصنيف موادها الكيميائية الأولية. إضافة إلى ذلك، للتحذير والتذكير، أضيف الرسم التخطيطي GHS 01 (قنبلة متفجرة - متفجرات غير ثابتة).

العبوات الناسفة يدوية الصنع - أ - المادة السليفة ب - المادة السليفة ج - المادة السليفة			
المادة السليفة ج	المادة السليفة ب	المادة السليفة أ	العبوات الناسفة يدوية الصنع
	  		 

الجدول 11. مثال عن تصنيف النظام المنسق عالميًا للعبوات الناسفة يدوية الصنع وموادها الكيميائية السليفة كما استخدمت في هذا القسم

## 5.1 العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من الكلورات والبيركلورات

تتكوّن متفجّرات الكلورات من خليط متفجّر من أملاح حمض الكلوريك (الكلورات المعدنية القلوية) والوقود العضوي الغني بالكربون. وهي متفجّرات حسّاسة للاصطدام أكثر من العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من النترات.

كان كلود لوي برتوليه أوّل من اكتشف الخصائص النشطة لكلورات البوتاسيوم عند مزجها بالوقود. فعرف الخليط المتفجّر المكوّن من كلورات البوتاسيوم والكبريت والفحم باسم مسحوق برتوليه في عام 1785. وعرفت تجارياً متفجّرات الكلورات باسم "نسف الصخور" (rack-a-rock) أو "شيديت" (cheddite). واستخدمت الجيوش حتّى الحرب العالمية الثانية متفجّرات الكلورات (مثل جونكيت أو لديت).

اليوم، لا يستخدم الكلورات في المتفجّرات التجارية أو العسكرية بسبب حساسيتها العالية وأدائها المنخفض مقارنة بالمواد الكيميائية الأخرى الأكثر حداثة.

**ملحوظة!** ازداد استخدام العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من الكلورات والبيركلورات في البلدان و/أو في النزاعات حيث يحظر استخدام نيترات الأمونيوم كسماد أو حيث ينظم استخدامه بحسب تشريعات حكومية.

تتكوّن متفجّرات البيركلورات من خليط متفجّر يتكوّن من أملاح حمض البيركلوريك والوقود الغني بالكربون. فهي حسّاسة للاصطدام والاحتكاك أكثر من العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من النترات. وحالياً، لم تعد تُنتج متفجّرات البيركلورات التجارية إذ أنّ استخدامها يعدّ غير مربح.

تعدّ معظم خلطات الكلورات/البيروكلورات والوقود العضوي حسّاسة لكبسولات التفجير وتعتمد درجة الحساسية على أنواع الوقود العضوي المستخدم:

- النتر وميتان شديد الحساسية
- النفط والديزل حسّاس

تعدّ خلطات البيركلورات ثابتة أكثر من خلطات الكلورات لكن يجب أيضاً أن تعدّ شديدة الحساسية للاصطدام والاحتكاك والتفريغ الكهربائي / الشرارة والحرارة.

**ملحوظة!** عند مصادفة عبوات ناسفة يدوية الصنع مكوّنة من الكلورات أو البيركلورات، من الضروري إدراك حساسيتها ومعرفة أنّه من الصعب تنبؤ وجود شوائب (ما يجعلها حسّاسة أكثر).

## 5.1.1 العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من كلورات البوتاسيوم

### كلورات البوتاسيوم



الصورة 121. كلورات البوتاسيوم (المصدر: شركة بريمنتون للاستشارات (ش.م.))

يعدّ كلورات البوتاسيوم مادة ثابتة، بيضاء اللون وصلبة بلورية ذات درجة تسميم منخفضة، تستخدم عادةً كعامل أكسدة في تحضير الأكسجين، وكمطهر. إنها مادة مفجرة قوية بالأكسجين بنسبة 39.2% من الأكسجين من حيث الوزن وهي المكوّن الرئيسي في المتفجرات المكوّنة من الكلورات، والمواد الحارقة وتركيبات كبسولات التفجير والمواد النارية وتركيبات رأس الكبريت.

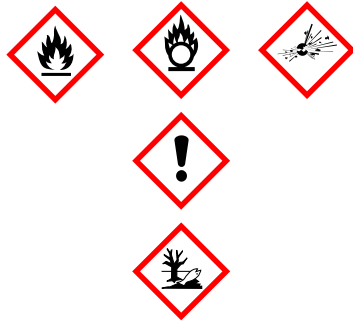
لا تحترق مادة كلورات البوتاسيوم نفسها لكنّها تتفاعل بعنف مع المواد القابلة للاشتعال إذ يمكن أن تتسبّب في اشتعالها، أحياناً بدون أي مصدر إشعال آخر، ويمكن أن تزيد من شدّة الحريق الموجود بشكل كبير. ومقارنة بالبيركلورات أو النترات، يوضّح الجدول 8 في القسم 4 أنّ العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من كلورات البوتاسيوم حسّاسة للغاية.

تعتبر كلورات البوتاسيوم حسّاسة أكثر بسبب درجة الانصهار المنخفضة ودرجة حرارة التحلّل المنخفضة. وبسبب الخصائص المادية هذه، تتطلّب حاجة قليلة جداً من الطاقة لبدء تحلّل مُطلق للحرارة. فتصبح العملية أكثر تقلّباً إذا استخدم أيضاً وقود ذا درجة انصهار منخفضة ففي ظلّ هذه الظروف، قد ينفجر الخليط عن طريق الاحتكاك أو تأثير الضوء.

**تحذير.** يشكّل وجود نترات الأمونيوم وكلورات البوتاسيوم في آنٍ معاً خطراً كبيراً. فتتفاعل المادتان مع الرطوبة لتشكّل مادة كلورات الأمونيوم التي تتحلّل فوراً بطريقة متفجرة. فيجب ألا تنقل أو تخزّن هاتين المادتين معاً تحت أي ظرف من الظروف.



## كلورات البوتاسيوم - ألومنيوم

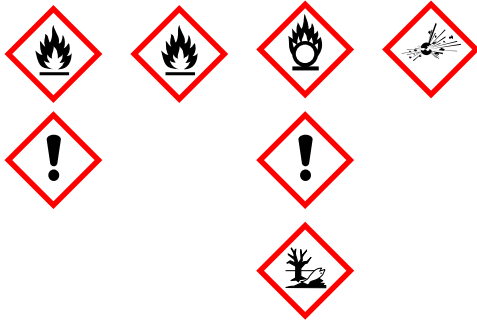


الصورة 122. كلورات البوتاسيوم - الألومنيوم (المصدر: شركة بريمتون للاستشارات (ش.م.))

تتسم هذه المادة المتفجرة المبتكرة بلون رمادي-فضي، رمادي داكن، أسود تقريباً. وكلما كان الألومنيوم مطحوناً بشكل ناعم زاد تفاعل الخليط وأصبح لونه داكناً.

**ملحوظة.** إذا مُزج كلورات البوتاسيوم مع مساحيق معدنية أخرى ستتكوّن أيضاً عبوات ناسفة يدوية الصنع.

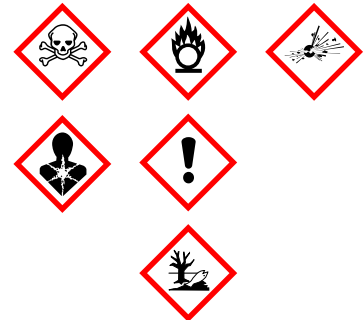
## كلورات البوتاسيوم - ألومنيوم - كبريت



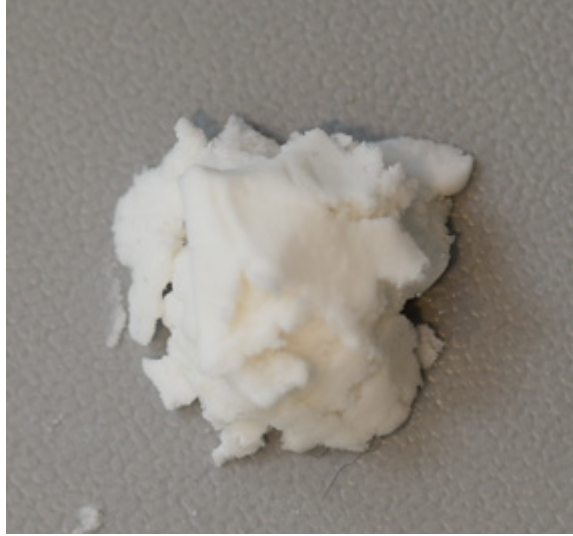
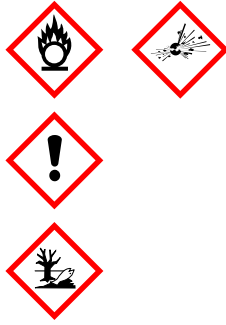
الصورة 123. كلورات البوتاسيوم - ألومنيوم - كبريت (المصدر: شركة بريمتون للاستشارات (ش.م.))

تتسم هذه المادة المتفجرة المبتكرة بلون رمادي، وخليط مسحوق ناعم أو حبيبي. إنّ درجة حرارة اشتعال هذه المادة منخفضة للغاية. وهي مادة حسّاسة وغير ثابتة.

## كلورات البوتاسيوم - نيتروبيزين أو متفجر نسف الصخور (rack-a-rock)



إنّ هذه المادة المتفجرة المبتكرة خليط معجوني تتسم بلون أبيض-أصفر ورائحة لوزية. فهذا المتفجر اليدوي الصنع حسّاس للحرارة والصدمات والاحتكاك.



الصورة 124. كلورات البوتاسيوم - جل البترولسيوم (المصدر: شركة بريمتون للاستشارات (ش.م.))

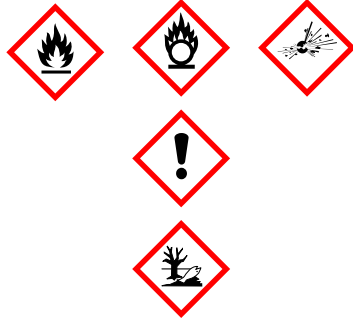


الصورة 125. كلورات البوتاسيوم – جل البترولسيوم (المصدر: شركة بريمتون للاستشارات (ش.م.))

إنّ هذه المادة المتفجرة المبتكرة في الحالتين (ممزوجة بالبارافين أو جل البترولسيوم)، تتّسم بلون أبيض، وهي معجونة صلبة أو على شكل كتلة. تستخدم لصنع متفجرات بلاستيكية مبتكرة وتعرف باسم "سي - فور الرجل الفقير".

وبحسب كمية الوقود، فإنّ هذا المتفجر اليدوي الصنع مصنوع من قوام بلاستيكي إلى شبه بلاستيكي. يعدّ كلا الخليطين، كلورات البوتاسيوم - البارافين وكلورات البوتاسيوم - جل البترولسيوم، حسّاسين إلى حدّ ما، إزاء المحفزات الميكانيكية. فحساسية خليط البارافين إزاء الاصطدام أكبر من حساسية خليط جل البترولسيوم.

يغيّر معدّل المؤكسد بالنسبة إلى الوقود قوة العبوات الناسفة يدوية الصنع. وتصل سرعة انفجار خليط كلورات البوتاسيوم - البارافين إلى 3620 متر/ثانية، فيما تصل سرعة تفجير خليط كلورات البوتاسيوم - جل البترولسيوم إلى 3140 متر/ثانية. وعلى سبيل المقارنة، تصل سرعة انفجار مادة "سي فور" (هوكسوجين برباط في بلاستيكيات) المستخدمة عسكرياً إلى 8000 متر/ثانية.



الصورة 126. خليط أرمسترونغ

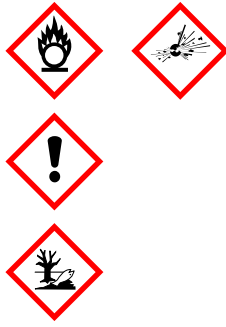
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني)

إنّ هذه المادة المتفجّرة المبتكرة هي مزيج مسحوق ناعم أو حُببيبي أحمر اللون تُعرف أيضًا باسم «خليط أرمسترونغ» وهي مادة غير ثابتة وحسّاسة للغاية. حتّى أنّ المصنّعين يضيفون الكبريت لزيادة الحساسية.

يُعدّ خليط أرمسترونغ أحد أخطر خلطات كلورات البوتاسيوم وهو أحد التركيبات الومضية الشائعة (أو المساحيق الومضية). وبسبب الفوسفور الأحمر، يتّسم الخليط بحساسية شديدة إزاء الحرارة والاحتكاك وللتفريغ الكهروستاتيكي. ومن المعروف أنّه يتحلّل بعنف أثناء عملية الإنتاج. لذا يجب توخي فائق الحذر عند التعامل معه لأنّه قد ينفجر من صدمة أو لمسة طفيفة؛ فلا يمكن التنبؤ بتفاعله. يستخدم خليط أرمسترونغ في الكبريت وكبسولات ألعاب المسدسات. يمكن استخدام هذا المتفجّر اليدوي الصنع كمتفجّر أولي.

يستخدم خليط أرمسترونغ في عناصر البدء الخالية من المعادن. قد يواجه العاملون في مجال الأعمال المتعلّقة بالألغام هذا المتفجّر اليدوي الصنع عند العثور على بادئات ميكانيكية/بادئات تنطلق بالضغط أو حسّاسة إزاء الطحن.

**تحذير.** يجب ألا يتلامس مزيج من كلورات البوتاسيوم والفوسفور الأحمر مع حمض الكبريت المركز، إذ قد يؤدي ذلك إلى حدوث تفاعل عنيف.



الصورة 127. كلورات البوتاسيوم – قصب السكر  
(المصدر: شركة بريمتون للاستشارات (ش.م.))

تتكوّن هذه المادة المتفجرة المبتكرة من خليط بلون رمادي - أبيض إلى رمادي - بني مسحوق بشكل ناعم أو حبيبي. فيمكن لنوع السكر المستخدم تغيير لونه (مثل سبيل المثال السكر الأبيض مقابل البني). ومن الناحية التجارية، يتم استخدام هذه التركيبة في شحنات إشارات الدخان. فتتمتع بدرجة حرارة اشتعال منخفضة وتعد حساسة.

يمكن مصادفة مركبات من كلورات البوتاسيوم والسكر وحمض الكبريتيك. وقد تشتعل هذه الخلطات على الفور.

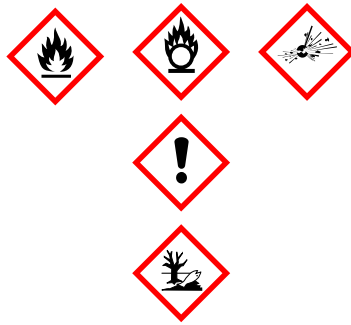
## 5.1.2 العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من كلورات الصوديوم

### كلورات الصوديوم



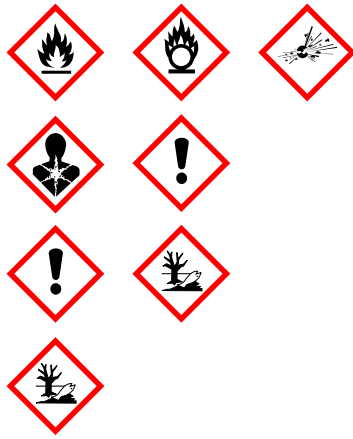
لا تتمتع مادّة كلورات الصوديوم في شكلها النقي بخصائص متفجّرة. لكن عند خلط كلورات الصوديوم مع الفوسفور الأحمر أو الكبريت أو السكر، يعدّ تفاعل كلورات الصوديوم مع الوقود ومخاطره مساوية لتلك الموجودة في العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من كلورات البوتاسيوم.

### كلورات الصوديوم - الألومنيوم



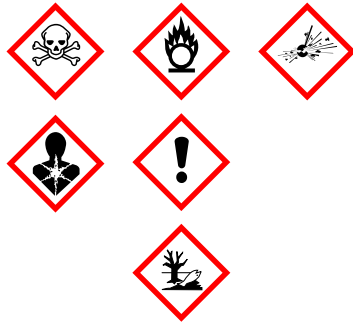
الصورة 128. كلورات الصوديوم - الألومنيوم  
(المصدر: شركة بريمتون للاستشارات (ش.م.))

تتّسم هذه المادّة بلون أسود-فضي وشكل بلوري أو حُببيي صلب وبرائحة غير محددة. فهي مادة متفجّرة وقابلة للاشتعال. كانت خلطات كلورات الصوديوم والألومنيوم تستخدم تاريخيًا في المساحيق الومضية لكنّها تستخدم الآن كمواد دافعة وحارقة في تركيبات العبوات الناسفة يدوية الصنع الحديثة. ومن المرجّح جدًا أن يكون التفجير في حالات الحصر وضمن القطر المناسب وبحسب كثافة التحميل.



الصورة 129. كلورات الصوديوم - كبروسين  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

إنها مادة بلورية أو حبيبية صلبة بيضاء اللون أو صفراء-بنية، ذات رائحة غير محددة. هي مادة متفجرة وقابلة للاشتعال.



الصورة 130. كلورات الصوديوم - نيتروبيزين  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

إنها مادة بلورية صلبة ذات لون أبيض-أصفر. قد تشتعل هذه المادة فور مزجها بنترات الأمونيوم.

**ملحوظة.** يسمى هذا النوع من العبوات الناسفة يدوية الصنع بـ "كو-أوب" أو "سگر كو-أوب" لأن الجيش الجمهوري الأيرلندي المؤقت (IRA) استخدمه في هجوم على جمعية بلفاست التعاونية في عام 1972.

### 5.1.3 العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من بيركلورات الأمونيوم

#### بيركلورات الأمونيوم

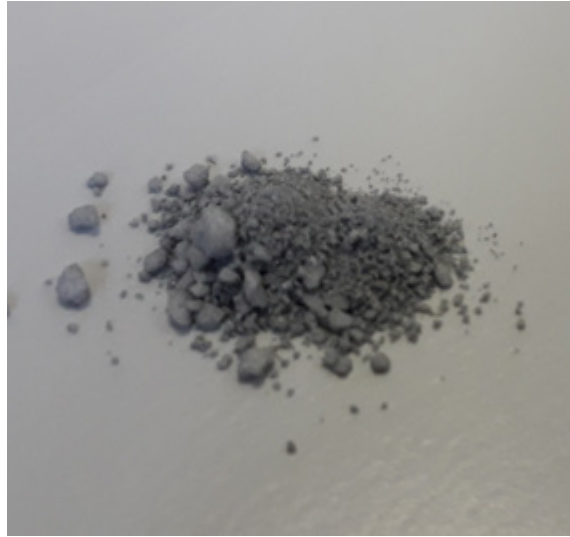
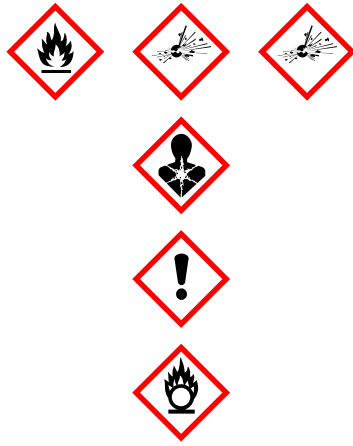


يعدّ بيركلورات الأمونيوم مادة صلبة شديدة التفاعل ذات خصائص متفجرة تتفاعل عند الاصطدام والاحتكاك والحرارة وغيرها من مصادر الاشتعال، وتتحلّل بشكل عنيف يشكّل كميات كبيرة من الغاز. وهي مادة سهلة الذوبان في الماء.

لا يحترق بيركلورات الأمونيوم نفسه لكنّه يتفاعل بعنف مع المواد القابلة للاشتعال لدرجة أنّه قد يتسبب في اشتعالها بدون أي مصدر آخر للاشتعال، وقد يؤدي إلى زيادة شدة حريق موجود. وعندما يُخلط بيركلورات الأمونيوم مع مواد مسحوقية قابلة للاشتعال، قد يؤدي ذلك إلى انفجارات.

إنّ بيركلورات الأمونيوم غير الثابت متفجر خطير. ففي حالة الثبات (على سبيل المثال مع 10% ماء)، ليس متفجراً ولكنه قد يُشعل حريقاً. وعند مزجه مع مواد عضوية، يكون لكلّ من بيركلورات الأمونيوم الثابت وغير الثابت خصائص متفجرة.

#### بيركلورات الأمونيوم - الألومينيوم



الصورة 131. بيركلورات الأمونيوم -ألومينيوم

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يتوقّر هذا النوع من المتفجرات المبتكرة بألوان عدّة من الأبيض إلى الفضي أو الرمادي وقد يتوقّر على شكل مزيج حُببي بلون الفحم تقريباً. كلّما كان الألومنيوم مطحوناً بشكل ناعم، زاد تفاعله وبدا داكناً أكثر. هذا المتفجر اليدوي الصنع حسّاس للغاية للحرارة والصدمة والاحتكاك.



الصورة 132. بيركلورات الأمونيوم - الصابون  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني )

هذا المتفجّر المبتكر هو معجون/معجون صلب. وبحسب نوع الصابون المستخدم، من الممكن أن يتوفّر بألوان الأبيض والبيج والأخضر الفاتح وحتى البني. وقد تختلف رائحته أيضًا. ويُعدّ هذا المتفجّر اليدوي الصنع قابلاً للاشتعال ومتفجّر.



## 5.1.4 العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من بيركلورات البوتاسيوم



الصورة 133. كلورات الصوديوم - جل البتروليوم، توضّح مظهره المطابق لمظهر بيركلورات البوتاسيوم - جل البتروليوم (المصدر: شركة بريستون للاستشارات (ش.م.))

تعدّ خلطات وقود بيركلورات البوتاسيوم حسّاسة بشكل أقلّ من خلطات وقود كلورات البوتاسيوم نظراً لارتفاع درجة حرارة التحلل الحراري لدى المادة الأولى (610 درجات مئوية مقابل 356 درجة).

تساوي الخلطات الممكنة للعبوات الناسفة يدوية الصنع وأدائها تلك الخلطات المدرجة في الفقرة 5.1.1 أعلاه (العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من كلورات البوتاسيوم) (بما في ذلك المتفجرات البلاستيكية المبتكرة).

على الرّغم من أنّ بيركلورات البوتاسيوم حارق للغاية يتمنّع بمدّة صلاحية طويلة. تشتعل الخلطات مع الكبريت والفوسفور والمساحيق المعدنية في درجات حرارة منخفضة. يمكن أن تُصنع هذه لتنفجر بضربة بسيطة.

**ملحوظة.** من الصعب للغاية التفريق بين خلطات العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من البوتاسيوم/كلورات الصوديوم والبوتاسيوم/بيركلورات الصوديوم بدون تحليل كيميائي إذ أنّها تتشابه في المظهر (راجع الصورة 125 والصورة 133). ولهذا السبب، لا تتوفر صور أخرى لخلطات العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من بيركلورات الصوديوم أو بيركلورات الأمونيوم. ويجب أن تُعامل جميع المكونات التي يعتقد أنّها من أصل كلورات أو البيركلورات على أنّها خلطات العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من كلورات البوتاسيوم.

## 5.2 العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من النترات

تتألف المتفجرات المكوّنة من النترات من مزيج متفجّر من أملاح حمض النتريك وأنواع من الوقود السائل أو الصلب الغني بالكربون. إنَّها غير حسّاسة تمامًا للاصطدام والاحتكاك، إذ تتطلب خلطات العبوات الناسفة يدوية الصنع غالبًا دافع تفجير، بحسب نوع النترات والوقود المستخدم.

كان يوهان رودولف غلاوبر<sup>52</sup> أوّل شخص يصنع نترات الأمونيوم. وسجّل عالمان سويديان براءة اختراع أوّل متفجّر يستخدم نترات الأمونيوم في عام 1876. استُخدم نترات الأمونيوم من النوع العسكري حتّى الحرب العالمية الثانية في المتفجرات الثانوية والمواد الدافعة، مثل الألوماتول والأمتاكس والأماتول والأمونيل. يُستخدم نترات الأمونيوم في المتفجرات التجارية، مثل التلغيم. وتصنّع هذه المتفجرات التجارية، مثل ديناميت الأمونيا أو جيلينجيت الأمونيا، بشكل مساحيق أو خبيبات أو مواد جيل أو مادة طينية. اليوم، ينتشر استخدام نترات الأمونيوم في العبوات الناسفة يدوية الصنع على نطاق واسع نظرًا لتوافره في جميع أنحاء العالم، على أساس استخدامه في الأسمدة.

**تحذير.** يجب ألا تُعدّ معايير الأمان الخاصة بالمتفجرات المصنوعة من نترات الأمونيوم التجارية (على سبيل المثال، أمانة للمناولة وأمانة للنقل) كافية للعبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من نترات الأمونيوم. فقد يؤدّي الشعور الزائف بالأمان إلى نتيجة تؤدي بحياة العاملين في مجال الأعمال المتعلقة بالألغام.

### 5.2.1 العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من نترات الأمونيوم



تُحصّد أغلب كميات نترات الأمونيوم المستخدمة في العبوات الناسفة يدوية الصنع من الأسمدة، أو من كميات مسروقة من نترات الأمونيوم المستخدم تقنيًا (لاستخدامها كمتفجرات تجارية) أو من أكياس التبريد من سلاسل التبريد الطبية. فيعدّ استخدام نترات الأمونيوم في العبوات الناسفة يدوية الصنع رخيص جدًا مقارنة بالمؤكسدات الأخرى. وهذا يعوض عن عيبه الكامن في تطلّب بعض تركيباته شحنات متفجرة كبيرة جدًا لتنفجر.

إنّ نترات الأمونيوم مادة تمتصّ الرطوبة. وهي متوفرة بشكل مسحوق نقي أو بلوري، وتتكتّف أثناء التخزين. كما أنّها سريعة الذوبان في الماء؛ على سبيل المثال، يمكن إذابة 1.8 كجم في لتر واحد من الماء الدافئ الذي تبلغ درجة حرارته 20 درجة مئوية. ومن الصعب جدًا أن ينفجر نترات الأمونيوم بشكله النقي من تلقاء نفسه. لذلك، فإنّ العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من نترات الأمونيوم هي عمومًا مزيج من نترات الأمونيوم مع 2% - 10% من ناقلات الكربون مثل نشارة الخشب أو الزيت أو الفحم. يستخدم نترات الأمونيوم أيضًا لتغيير معدل انفجار المتفجرات الأخرى، مثل النتروجليسرين في ما يسمى بديناميتات الأمونيا، أو كعامل أكسدة في الأمونالات، وهي خليط مركّب من نترات الأمونيوم ومسحوق الألومنيوم. وفي الحالة الأخيرة، تتعرّز قوة نترات الأمونيوم (حرارة الانفجار وحجم المنتجات الغازية). يمكن العثور عليه أيضًا في خليط مع مادة تي ان تي، في هذه الحالة، يعمل كمُحسّن.

**تحذير.** قد تُصادف خلطات نترات الأمونيوم وكلورات البوتاسيوم، ومن الممكن أن تصبح غير مستقرّة بشكل خطير. يتكوّن كلورات الأمونيوم عند تلامس هاتين المادتين، ويميل إلى الانفجار تلقائيًا. من المهمّ إدراك أن هذا التكوّن سيحدث عند تلامس نترات الأمونيوم مع أيّ مصدر لمادة الكلورات. وبفعل تأثير التقادم، يجعل تكوّن كلورات الأمونيوم تقييم ثبات هذه الخلطات مستحيلًا؛ ولذلك يجب ألا يُنقل نترات الأمونيوم وكلورات الأمونيوم أو ألا يخزّنا مع بعضهما أبدًا.

<sup>52</sup> كان غلاوبر صيدلانيًا وكيميائيًا ألمانيًا وطوّر مقاييس مختلفة لإنتاج الأحماض والأملاح.



الصورة 134. خلطة نترات الأمونيوم وكلورات البوتاسيوم. ملحوظة: جُهزت هذه الخلطة تحت ظروف مختبرية (المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني)

إن نترات الأمونيوم مادة حساسة إزاء اصطدام تبلغ قوته 49 جول وإزاء احتكاك 353 نيوتون، وقد تزداد هذه الحساسية اعتماداً على الوقود والمواد المضافة والشوائب. على سبيل المثال، تعدّ مادة Ammonit3، وهي مادة متفجرة من نترات الأمونيوم المستخدمة تجارياً تتضمّن مواد إضافية منها الألومنيوم، حساسة إزاء اصطدام تبلغ قوته 12 جول.

**تحذير.** يعدّ نترات الأمونيوم شديد التفاعل مع النحاس والزنك. وهذه الخلطات غير مستقرة للغاية وتتفجر عند التعرّض للحرارة. فيجب على العاملين في مجال الأعمال المتعلقة بالألغام أن يأخذوا ذلك في الاعتبار إذا/عند الحاجة إلى التعامل مع هذه المواد أو نقلها أو التخلص منها.

إنّ الغالبية العظمى من العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من نترات الأمونيوم (باستثناء نترات الأمونيوم والألومنيوم (ANAL) ونترات الأمونيوم والنتروميثان (ANNM) بشكل عام عديمة الحساسية للبدء بواسطة المفجّر وحده وتتطلب الحصر ودافع تفجير. وبالتالي، تسمّى المتفجّرات التالية متفجّرات ثالثة وهي نترات الأمونيوم وزيت الوقود (ANFO) ونترات الأمونيوم والنتروبنزين (ANNIE) ونترات الأمونيوم والسكر (ANS) ونترات الأمونيوم والسكر (ANIS). تتمنّع هذه الخلطات بسرعة تفجير منخفضة (لذا ليست مناسبة لقيادة المخترقات المضادة للدروع مثل الشحنات المشكّلة والمقذوفات المشكّلة انفجارياً)، فلا تُطلق بسهولة بكميات صغيرة ولكن لديها دافع محدد مشابه لمادة تي ان تي، ما يجعلها جيدة للاستخدامات المتعلقة بالانفجار. وتبيّن التجربة العملية لخلطات العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من نترات الأمونيوم (باستثناء مركّب نترات الأمونيوم ومسحوق الألومنيوم (ANAL) ونترات الأمونيوم والنتروميثان (ANNM) أنّها غير حساسة للبدء بعبء 0.5.



الصورة 135. قرص مقذوف مشكّل انفجارياً، موصل، العراق (المصدر: مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية ©)

لا يُعدّ نترات الأمونيوم مادة متفجرة مثالية لأنّ شحناتها تتطلب درجة عالية من الحصر وقطرًا حرجًا كبيرًا. لهذا السبب، عادة ما تُصايف شحنات يزيد وزنها عن 20 كجم. وتبلغ سرعة انفجار نترات الأمونيوم بكثافة 1.4 غرام/سم<sup>3</sup>، 2500 متر/ثانية. ويمكن تحقيق سرعة انفجار أكبر تصل إلى 3500 متر/ثانية حسب أنواع الوقود المستخدمة.<sup>53</sup>

## الوقود الصلب العضوي / غير العضوي

بالمقارنة مع العبوات الناسفة يدوية الصنع الأخرى، يُعدّ إنتاج ومناولة العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من نترات الأمونيوم – والوقود العضوي وغير العضوي. بشكل عام، إنّ العبوات الناسفة يدوية الصنع هذه حسّاسة لكبسولة التفجير ولكنها بحاجة إلى دافع لضمان التحلّل الكامل. فهي قليلة الحساسية وثابتة مادياً.

## الوقود المعدني الصلب

بشكل عام، إنّ هذه العبوات الناسفة يدوية الصنع حسّاسة لكبسولة التفجير وقد لا تتطلب دافع تفجير، لأنّ جزيئات المعادن تخلق مواقع احتكاك تعزّز تطوير النقاط الساخنة. ويعتمد هذا السلوك على كثافة التحميل وحجم جسيمات الوقود المعدني. فتنتمّ خلطات ووقود نترات الأمونيوم المعدنية بحساسية أكبر من تلك التي تحتوي على ووقود عضوي ولكنها تبقى ثابتة مادياً. وتجدر الإشارة إلى وجود شحنات قابلة للتفعيل يبلغ وزنها أقل من 20 كغم.

تعتمد حساسية العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من نترات الأمونيوم وقوتها إلى حد كبير على نوع الوقود وكثافة التحميل ووجود فقاعات الهواء (التي تزيد من توليد النقاط الساخنة). فيمكن للوقود السائل أن يُبلّل بشكل فعّال في المساحيق والحببيات الصغيرة الاسفنجية التي تحلّ محلّ الهواء الموجود في المسام، ما يضمن اتّصال الوقود والمؤكسد. وهذا يبسط بدء الخليط المتفجّر مقارنة بأنواع الوقود الأخرى. فلا يمكن أن يُبلّل الوقود المسحوق في مسحوق آخر أو حبيبات صغيرة اسفنجية، وبالتالي هي ليست فعّالة في الخط.

## الوقود السائل

إنّ تركيبات العبوات الناسفة يدوية الصنع السائلة مثل نترات الأمونيوم - نتروميثان أقلّ ثباتاً مادياً وهي حسّاسة للكبسولة.

تعتمد حساسية العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من نترات الأمونيوم وقوتها إلى حد كبير على نوع الوقود وكثافة التحميل ووجود فقاعات الهواء (التي تزيد من توليد النقاط الساخنة). فيمكن للوقود السائل أن يُبلّل بشكل فعّال في المساحيق والحببيات الصغيرة الاسفنجية التي تحلّ محلّ الهواء الموجود في المسام، ما يضمن اتّصال الوقود والمؤكسد. وهذا يبسط بدء الخليط المتفجّر مقارنة بأنواع الوقود الأخرى. فلا يمكن أن يُبلّل الوقود المسحوق في مسحوق آخر أو حبيبات صغيرة اسفنجية، وبالتالي هي ليست فعّالة في الخط.

**تلميح.** يمكن دراسة جودة المواد الكيميائية المعبأة صناعياً ومحتواها ومخاطرها باستخدام المعلومات المقدمة على وسمات التغليف، بما في ذلك الرسوم التخطيطية، والعلامات، والدفعة/القطعة/الرقم التسلسلي (أو الأرقام التسلسلية)، وتواريخ الإنتاج، رمز التعريف، إلخ. وقد تكون بيانات السلامة متاحة حتى على موقع الشركة على الانترنت لكن يختلف ذلك بحسب المنتج. لذلك، تُعدّ من الممارسات الجيدة جمع المعلومات المقدّمة حول التغليف الكيميائي كإضافة.

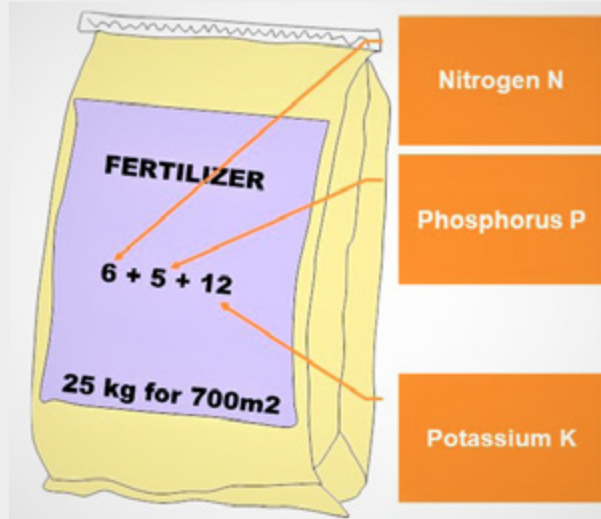


<sup>53</sup> وكالة التقييمات والبحوث الدفاعية في المملكة المتحدة (ديرا)، الأدلة الفيزيائية والكيميائية المتبقية بعد انفجار القنابل المبتكرة الكبيرة (DERA/CES/FEL/CR9802 بتاريخ آذار/

مارس 1998).

## مثال: وسم الأسمدة

نترات الأمونيوم هو مصدر للنتروجين في الأسمدة ولكن لا تستخدم كل الأسمدة التي تحتوي على النتروجين نترات الأمونيوم. لهذا السبب، من المفيد معرفة التسميات المستخدمة للأسمدة، من أجل تعزيز القدرة على تقييم المخاطر المحتملة والمحتوى الموجود. توضع الأسمدة بما يسمى رقم NPK، وهو رمز مكون من ثلاثة أرقام يعبر عن نسبة ثلاثة عناصر غذائية نباتية بالترتيب التالي: النتروجين N؛ والفوسفور P؛ والبوتاسيوم K.



الرسم 7. مثال عن وسم برقم NPK على كيس سماد  
(المصدر: مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الأغنام للأغراض الإنسانية)



الصورة 136. وسم على كيس نترات بوتاسيوم (المصدر: أبحاث التسليح في النزاعات)

يشير رمز N إلى النسبة المئوية لمصادر النتروجين كنترات الأمونيوم واليوريا.  
يشير رمز P إلى النسبة المئوية لمصادر الفوسفور كخماسي أكسيد الفسفور.  
يشير رمز K إلى النسبة المئوية لمصادر البوتاسيوم كأكسيد البوتاسيوم.  
يمكن أن يرد وسم رمز NPK بالأشكال التالية: N-P-K أو N:P:K أو N+P+K

لا تحتوي جميع الأسمدة المكوّنة من النتروجين على نترات الأمونيوم. يمكن لرمز NPK أن يكشف المحتوى على النحو التالي:

- فوسفات الأمونيوم NPK 16-20-0
- سلفات الأمونيوم NPK 21-0-0
- نترات أمونيوم الكلسيوم NPK 27-0-0
- نترات الأمونيوم NPK 34-0-0
- يوريا NPK 46-0-0

قد يكون وسم أسمدة نترات الأمونيوم مضللاً في بعض الأحيان. على سبيل المثال، إذا كانت نسبة النتروجين الصافي في نترات الأمونيوم 35%. في هذا الشكل من الصعب للغاية أن ينفجر ما لم يتم حصره وتعرضه لحافز مناسب. وأظهرت الأبحاث أنه إذا كان محتوى نترات الأمونيوم في السماد محدوداً بنسبة 80% من الوزن المركز (تبلغ نسبة كتلة النتروجين 28%)، فتقل قدرته على الانفجار كثيراً.

بشكل عام، يحتوي نترات الأمونيوم المستخدم تقنياً على تركيزات عالية جداً من نترات الأمونيوم (أعلى من 80%)، وهذا ما يجعله فعال جداً في استخدامات التفجير عند اختلاطه بزيت الوقود. لذلك من المهم فهم النسبة المئوية التي يتم عرضها على أي عبوة نترات أمونيوم موجودة، لفهم فاعلية خلطات العبوات الناسفة يدوية المكوّنة من نترات الأمونيوم التي يمكن مصادفتها. في الواقع، تشير العبوة أحياناً إلى الوزن المركز، بينما تعرض في أوقات أخرى محتوى النتروجين. ويظهر كيس نترات الأمونيوم الموجود في الصورة أدناه نترات الأمونيوم «AN % 33 N»، ما يعني أن السماد يحتوي تقريباً على 94% من نترات الأمونيوم من حيث الوزن (35/33 × 100%)، وهو مصدر لنترات الأمونيوم جيد جداً للاستخدام في العبوات الناسفة يدوية الصنع.



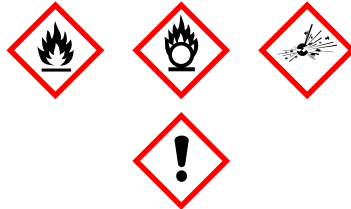
الصورة 137. أسمدة من نترات الأمونيوم وجدت في العراق (المصدر: أبحاث التسليح في النزاعات)

تحدّد الصورة 138 أدناه مصدرًا لنترات الأمونيوم مدوّن عليه «ما لا يقل عن 98.5%». هذا يعني أنّ مصدر نترات الأمونيوم يبلغ 98.5% نترات الأمونيوم ممزوجة بمواد إضافية أخرى. على هذا النحو، هذا يعني أنّ المصدر يحتوي على نسبة إجمالية من النتروجين تبلغ 34.5% على الأقل. وبالتالي فهي نسبة أعلى بكثير من نسبة النتروجين الإجمالية البالغة 28%، ما يجعله مصدرًا ممتازًا آخر لاستخدامات العيوات الناسفة يدوية الصنع.



الصورة 138. سماد يحتوي على نتروجين بمستوى عالٍ في حالة ملوثة (المصدر: شركة بريمتون للاستشارات (ش.م.))

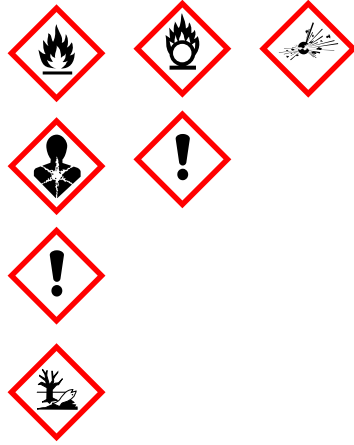
### مركب نترات الأمونيوم ومسحوق الألومنيوم (ANAL)



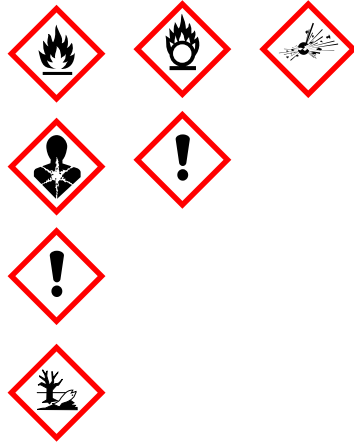
الصورة 139. مركب نترات الأمونيوم ومسحوق الألومنيوم (المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

إنّ مركب نترات الأمونيوم ومسحوق الألومنيوم (ANAL) هو خليط مسحوق لونه أبيض رمادي أو بلون الفحم فحامي يتوقّف بشكل مسحوق حُببي صغير أو حُببي. لا يتمنّع بأيّ الرائحة ولكن يمكن أن يكون له رائحة هيدروكربونية خافتة (عطرية تشبه رائحة البنزين) إذا تم خلطه بزيت الوقود. ويعدّ مركب نترات الأمونيوم ومسحوق الألومنيوم خليطًا متفجّرًا قويًا للغاية، نظرًا إلى أنّ الألومنيوم يزيد من حرارة الانفجار. كما أنّ هذا المركب قابل للاشتعال ويمكن مصادفته بشحنات صغيرة. فلدیه قوة أكبر من تلك الخاصّة بنترات الأمونيوم النقي

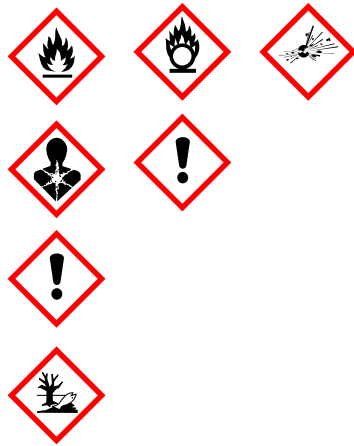
## نترات الأمونيوم وزيت الوقود [ANFO OR ANC]



الصورة 140. حبيبات صغيرة من نترات الأمونيوم وزيت الوقود  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)



الصورة 141. نترات الأمونيوم وزيت الوقود البلوري  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)



الصورة 142. نترات الأمونيوم وزيت الوقود مع دافع سداسي ميثيلين ثلاثي بيروكسيد ديامين  
(المصدر: شركة بريمنتون للاستشارات (ش.م.))

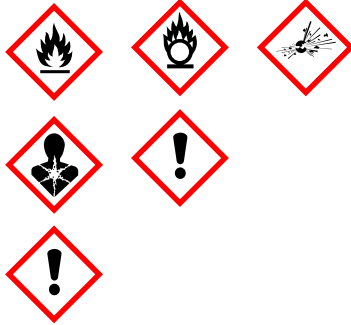


يمكن أن يكون مركب نترات الأمونيوم وزيت الوقود مستخدمًا في العبوات الناسفة يدوية الصنع بلون كريمي أو بني أو زهري أو برتقالي، بحسب الوقود والإضافات الأخرى المستخدمة. يمكن أن يتوفر بشكل حبيبات صغيرة أو بشكل يشبه العجينة. عند مزجها بالديزل، يمكن أن تكون دهنية وذد تتمتع برائحة الأمونيا أو الهيدروكربون. يُعدّ نترات الأمونيوم وزيت الوقود مركبًا قابلاً للاشتعال.

**تلميح.** للتخلص من نترات الأمونيوم وزيت الوقود، من الضروري أن ندرك ما يلي:

- أنّ مادة نترات الأمونيوم وزيت الوقود المبتكرة هي مادة متفجرة من الدرجة الثالثة وتتطلب دافعًا.
- لا يمكن تفجير مادة نترات الأمونيوم وزيت الوقود المبتكرة بكميات صغيرة وهي تتطلب قدرًا من الحصر.
- بدون حصر، من المحتمل أن تنتشر مادة نترات الأمونيوم وزيت الوقود المبتكرة في المنطقة بسبب التفجير غير الكامل، ما لم يكن هناك أي تكثف شديد.

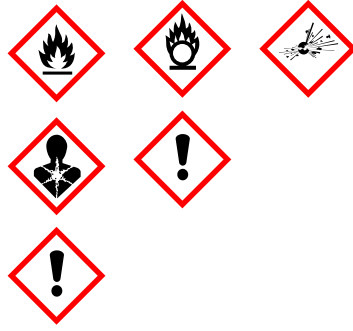
### نترات الأمونيوم والنتروبنزين [ANNIE]



الصورة 143. نترات الأمونيوم والنتروبنزين  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

تُعدّ مادة نترات الأمونيوم والنتروبنزين مادة صلبة بلورية بلون أصفر كريمي أو بني رمادي فاتح مع مجموعة متنوعة من الروائح بحسب مصدر النتروبنزين. قد تكون برائحة اللوز أو المرصبان أو خفيفة برائحة الفاكهة. بشكل عام، توصف الروائح بأنها غير عطرية.

إنّ مادة نترات الأمونيوم والنتروبنزين حساسة للصدمات أكثر من مادة نترات الأمونيوم وزيت الوقود.

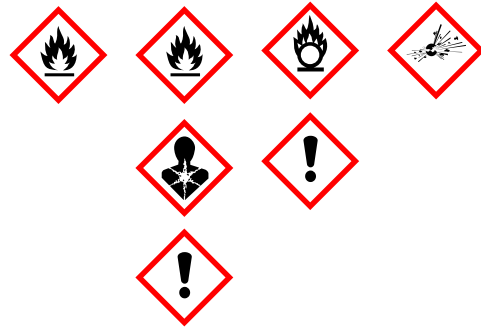


الصورة 144. نترات الأمونيوم والنتروميثان  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

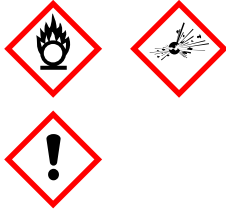
يمكن ابتكار هذه الخلطة الحساسة للكبسولة لكنها متوقّرة في السوق مثل كينيباك KINEPAK®. فهو متفجّر مزدوج يحتوي على نترات الأمونيوم والنتروميثان المحفوظان بشكل منفرد يخلطاً قبل الاستخدام.

إنّ نترات الأمونيوم والنتروميثان متفجّر بلون وردي فاتح. عند مزجه يظهر بشكل رملي رطب أو بشكل معجوني. وعموماً، يستخدم نترات الأمونيوم كمسحوق. ويعدّ غير حسّاس للغاية وثابت في درجات الحرارة والضغط العاديين، كما أنّه حسّاس للكبسولة. من الجدير ذكر أنّه يجب تجنّب ملامسة المواد القابلة للاحتراق والمعادن والأملاح المعدنية والوقود والمؤكسدات.

#### نترات الأمونيوم والنتروميثان والألومنيوم



يتمتع متفجّر نترات الأمونيوم والنتروميثان والألومنيوم بلون أبيض-رمادي إلى لون الفحم ويظهر عند خلطه بشكل رملي رطب أو بشكل معجون الأسنان. ومن الجدير ذكر أنّها مادة حسّاسة للكبسولة ولا يتطأب دافع تفجير.

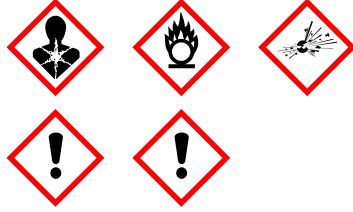


الصورة 145. نترات الأمونيوم والسكر  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

إنّ نترات الأمونيوم والسكر خليط حُببي و/أو مسحوق بلون كريمي أبيض؛ يؤثّر السكر على مظهر الخليط. يحتاج نترات الأمونيوم والسكر إلى دافع تفجير.

## خلطات نترات الأمونيوم والوقود الأخرى التي يمكن مصادفتها:

### نترات الأمونيوم ومسحوق الكربون



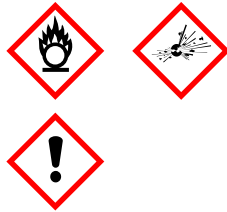
الصورة 146. نترات الأمونيوم والفحم المسحوق  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

### نترات الأمونيوم ومسحوق المغنيسيوم



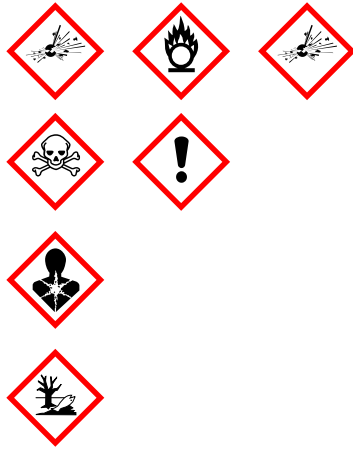
الصورة 147. نترات الأمونيوم ومسحوق المغنيسيوم  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

### نترات الأمونيوم والنشارة



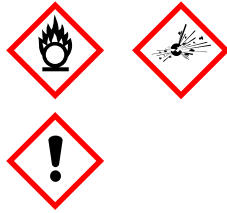
الصورة 148. نترات الأمونيوم والنشارة  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

## نترات الأمونيوم ومادة تي ان تي (أماتول)



الصورة 149. نترات الأمونيوم ومادة تي أن تي  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

## نترات الأمونيوم واليورنيا



الصورة 150. نترات الأمونيوم واليورنيا  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

## 5.2.2 المتفجرات اليدوية الصنع المكوّنة من نترات أمونيوم الكالسيوم<sup>54</sup>

### نترات أمونيوم الكالسيوم



الصورة 151. نترات أمونيوم الكالسيوم مصنوعة على شكل حبيبات صغيرة (المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)



الصورة 152. نترات أمونيوم الكالسيوم، في شكله المحتمل (المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يتكوّن نترات أمونيوم الكالسيوم ( $\text{CaCO}_3$ ) و ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) من نترات الأمونيوم الممزوجة بالحجر الكلسي أو الدولوميت. يستخدم كسماد، ويتألف من حبيبات صغيرة رمادية بنية اللون ذات مظهر متسخ.

في بعض الأحيان، يفصل المصنّعون الكالسيوم عن نترات الأمونيوم. يمكن استخدام هذا السماد كمؤكسد للعبوات الناسفة يدوية الصنع بدون القيام بأي عملية أخرى وضمن معايير معينة.

إنّ أنواع الوقود المحتمل استخدامها هي تلك المستخدمة مع متفجرات نترات الأمونيوم اليدوية الصنع المبتكرة، مثل تلك المدرجة في الفقرة 5.2.1 – العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من نترات الأمونيوم. وبفعل وجود الكالسيوم المضاف، فإنّ العبوات الناسفة يدوية الصنع حسّاسة بشكل أقلّ من العبوات الناسفة يدوية الصنع التي يمكن مقارنتها بها وهي تتطلب الحصر ودافع تفجير وقطرًا حرجًا كبيرًا.

<sup>54</sup> يمثّل النظام المنسق عالميًا لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها الأخطار بعد تقيض الكالسيوم/ إزالته

## 5.2.3 العبوات النافسة يدوية الصنع المكوّنة من نترات الميثيل

### نترات الميثيل



الصورة 153. نترات الميثيل

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

إنّ نترات الميثيل ( $\text{CH}_3\text{NO}_3$ ) سائل بدون لون سريع التبخر، فبخاره قابل للاشتعال وينفجر عند ارتفاع درجة حرارته. وبالاقتران مع المواد الممتصة يمكن مصادفة نترات الميثيل كديناميت مبتكر رطب.

يذوب نترات الميثيل في الكحول أو الإيثر لكن لا يذوب في الماء. يحوّل نترات الميثيل بسهولة النتروسيلولوز إلى جيلاتين ويتبخر من الجل بسرعة كبيرة.

يتفاعل هذا السائل المتفجر عن طريق الاصطدام أو الاحتكاك أو التسخين أو من مصادر الاشتعال الأخرى، ويتحلل بسرعة فيشكل كميات كبيرة من الغاز. تبلغ حساسيته إزاء الاصطدام 0.2 جول، وتبلغ حساسيته إزاء الاحتكاك تقريباً 353 نيوتون. وتساوي القوة التدميرية الخاصة بنترات الميثان قوة تفجير النتروغليسرين تقريباً. وقد يؤدي تلامس نترات الميثيل غير المحصور مع اللهب في مكان مفتوح إلى الاحتراق مصحوباً بتفجير شديد مصاحب باللهب. قد يتفاعل نترات الميثيل المحصور فوق قطر حرج معين مع انفجار، ما يحقق سرعة تفجير تصل إلى 6300 متر/ثانية. بشكل عام، إنّ نترات الميثيل حساسة للكبسولة.

يصادف غالباً هذا المتفجر السائل في حالة «الديناميت» التي تتحقق عن طريق ترطيب مادة ممتصة مثل نشارة الخشب الدقيقة أو الفحم.

**تحذير.** لا ينبغي لمس المتفجرات السائلة بسبب درجة سميتها وأثارها الخطيرة على الجلد. في حال ملامسة للجلد، يجب غسل المنطقة على الفور بكميات كبيرة من الماء. وينبغي تجنب تلوث المتفجرات السائلة بمواد كيميائية أخرى لمنع حدوث أي تفاعلات غير مقصودة.



## 5.2.4 العبوات الناسفة يدوية الصنع المكونة من نترات اليوريا

### نترات اليوريا



الصورة 154. نترات اليوريا

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

إنّ نترات اليوريا النقي ( $\text{CH}_5\text{N}_3\text{O}_4/\text{NH}_2\text{CONH}_2 * \text{HNO}_3$ ) مسحوق بلوري أبيض قابل للاشتعال وهديم الرائحة. يخلط مع البوتاس الكاوي وسوائل أخرى، ويمكن أن يطوّر أمونيا قوية أو رائحة تشبه رائحة البول. بسبب حمض النيتريك المرتبط به، يتحوّل لونه إلى أصفر داكن في ضوء الشمس. كما أنّ لنترات اليوريا تأثير كاوي للغاية (يتسبب في تآكل معظم المعادن) وهو غير مستقر حراريًا. فيمكن حدوث تحلل حراري متفجّر إذا تم تسخينه على درجة حرارة تفوق درجة حرارة التحلل (152 درجة مئوية).

يعدّ نترات اليوريا غير حساس إزاء الاصطدام والتفريغ الكهروستاتيكي، وتبلغ حساسيته إثر الاصطدام 50 جول وحساسية احتكاكه 353 نيوتن. كما أنّه ممتص للطوية ويذوب في الماء الدافئ (190 غرام/لتر عند 20 درجة مئوية) والإيثانول. وبسبب التكتّف يتمتّع نترات اليوريا بقابلية تخزين محدودة. كما أنّ نترات اليوريا المصنّع بمعدل بلورة مرتفع يُعدّ أكثر ثباتًا في ضوء الشمس وأقل امتصاصًا للماء من مساحيق أخرى. وقد تتفاعل المادة بشكل خطير مع العوامل المختزلة أو مسحوق المغنيسيوم أو غيرها من المعادن المسحوقة.

يُستخدم نترات اليوريا كمؤكسد مع محتوى مائي يقلّ عن 20%، يمكن أن يكون بمثابة متفجّر من تلقاء نفسه. ومع ذلك، حديثًا، لا يُستخدم تجاريًا أو عسكريًا لنترات اليوريا كمادة متفجّرة، نظرًا لقدرته الضعيفة على التقادم. ويعدّ نترات اليوريا النقي غير حساس للكبسولة. فبالإضافة إلى معظم خلطات العبوات الناسفة يدوية الصنع التي تحتوي عليه، فيعمل كمادة متفجّرة من الدرجة الثالثة ويتطلب دافع تفجير لتحقيق عملية تفجير ناجحة.

وتتطابق أنواع الوقود المحتملة المستخدمة مع تلك المدرجة في هذا القسم. وقد تختلف أنواع العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من نترات اليوريا من حيث اللون والمظهر والرائحة، وذلك بحسب على عملية الإنتاج والوقود المستخدم والعمر والتأثير البيئي (ضوء الشمس) والشوائب. فتؤثر كلّ هذه العوامل أيضًا على الثبات والحساسية.



## خلطات نترات اليوريا والوقود الأخرى التي يمكن مصادفتها:

### نترات اليوريا والألومنيوم



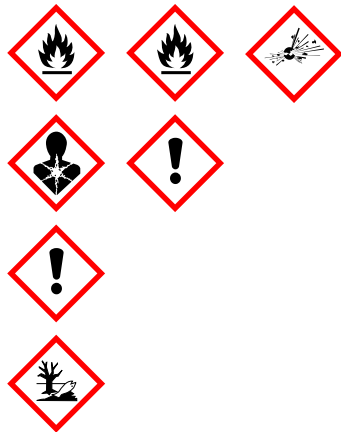
الصورة 155. نترات اليوريا والألومنيوم  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

### نترات اليوريا والفحم



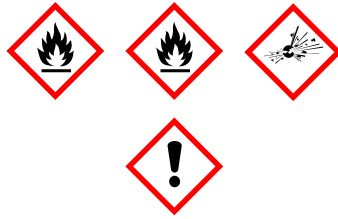
الصورة 156. نترات اليوريا والفحم  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

### نترات اليوريا وزيت الوقود



الصورة 157. نترات اليوريا وزيت الوقود  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

## نترات اليوريا والمغنيسيوم



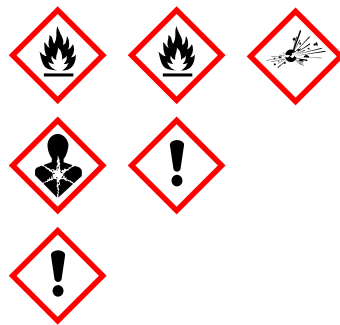
الصورة 158. نترات اليوريا والمغنيسيوم  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

## نترات اليوريا والنتروبنزين



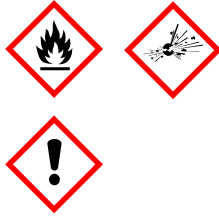
الصورة 159. نترات اليوريا والنتروبنزين  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

## نترات اليوريا والنتروميثان



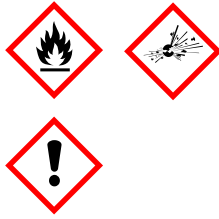
الصورة 160. نترات اليوريا والنتروميثان  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

## نترات اليوريا والنشارة



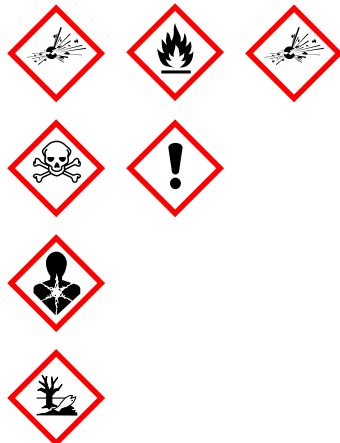
الصورة 161. نترات اليوريا والنشارة  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

## نترات اليوريا والسكر

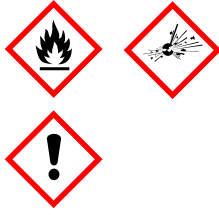


الصورة 162. نترات اليوريا والسكر  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

## نترات اليوريا ومادة تي ان تي



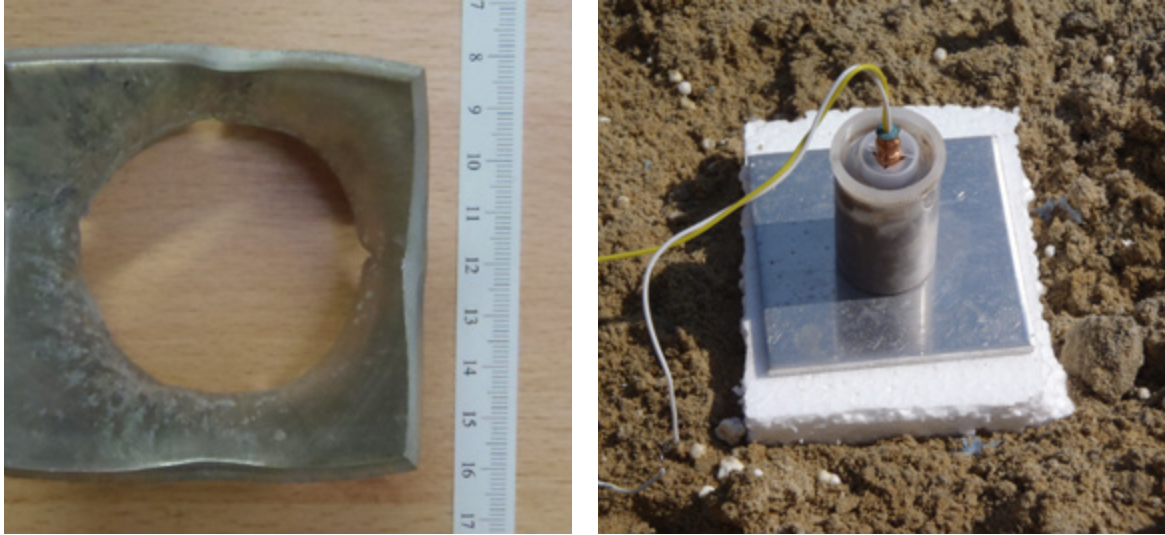
الصورة 163. نترات اليوريا ومادة تي ان تي  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)



الصورة 164. نترات اليوريا واليوريا  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

## 5.3 العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من البيروكسيد

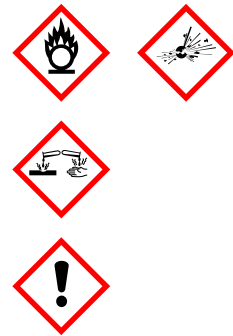
يشير مصطلح بيروكسيد إلى جزيء ترتبط فيه ذرتان من الأكسجين ببعضهما البعض بواسطة رابطة واحدة. فتعدّ رابطة البيروكسيد المفردة O-O ضعيفة بشكل خاص، وهي خاصية تؤدي إلى عدم الثبات الحراري للمتفجرات المكوّنة من البيروكسيد (تتحلل على درجة حرارة تبلغ ما بين 60 درجة مئوية و150 درجة مئوية). في حين أنّ هذه الروابط قد تكون ضعيفة، لا يمكن استخدام جميع البيروكسيدات العضوية كمتفجرات.



الصورة 165. آثار كمية صغيرة من عبوات ناسفة يدوية الصنع مكوّنة من البيروكسيد على لوحة اختبار معدنية (المصدر: شركة بريمتون للاستشارات (ش.م.))

تعدّ البيروكسيدات مأكسدات قوية وتتمتع بقوة تدميرية عالية وتشكّل خطر احتراق إذا امتزجت بمواد مشتعلة.

### 5.3.1 بيروكسيد الهيدروجين المركز (CHP)



إنّ بيروكسيد الهيدروجين العادي هو محلول مائي؛ يتحلّل فور مزجه بالماء. فمن الصعب الحفاظ على التركيزات التي تزيد عن 86% إذ أنّها قد تتحلّل. ولا يصنّف بيروكسيد الهيدروجين السائل النقي على أنّه مادة شديدة الانفجار، نظرًا إلى أنّه يتطلّب طاقة مدخلة عالية نسبيًا حتى يتمكن من الانفجار. ولكي تتكوّن العبوات الناسفة يدوية الصنع الصالحة للعمل، فيمكن خلط بيروكسيد الهيدروجين المركز مع الوقود وبالتالي يُعرف هذا المتفجّر اليدوي الصنع باسم بيروكسيد الهيدروجين المركز.

تعتمد فعالية العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من بيروكسيد الهيدروجين على تركيز بيروكسيد الهيدروجين وعلى نسبة الوقود إلى الأكسيد. وعلى هذا النحو، يخضع بيروكسيد الهيدروجين لموضوع تنظيم صارم للاستخدام الخاص والتجاري.

ويمكن مصادفة أنواع من الوقود الشائع مثل التوابل المطحونة (مثل الكمون والفلفل الأسود والفلفل الحار) والطحين والقهوة والسكر والكحول والجلسرين ومسحوق الألومنيوم الناعم.



بيروكسيد الهيدروجين والطحين

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يمكن أن تتمتع العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من بيروكسيد الهيدروجين بمظهر سائل أو شبه سائل أو عجيني بحسب المواد المصدر. فيختلف لونها ورائحتها بحسب الوقود المستخدم. وبشكل عام، يمكن وصف رائحة العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من بيروكسيد الهيدروجين بأنها لاذعة قليلاً.



الصورة 167. بيروكسيد الهيدروجين والفلفل

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

بشكل عام يتم خلط العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من بيروكسيد الهيدروجين قبل الاستخدام مباشرة؛ فتخزينها ليس شائعاً. وتتمتع كل هذه العبوات الناسفة يدوية الصنع بثبات كيميائي منخفض وهي حساسة للحرارة والاحتكاك والاصطدام والتفريغ الكهروستاتيكي. فكلما زاد تركيز بيروكسيد الهيدروجين، زادت حساسيته أيضاً. وقد تشتعل كميات كبيرة من العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من بيروكسيد الهيدروجين بسبب التفاعلات الداخلية الذاتية التحفيز (أو تفاعلات التسخين الذاتي).

### مثال: الفرق بين بيروكسيد العضوي والمواد المتفجرة التي تحتوي على فوق بيروكسيد الهيدروجين

يجب التمييز بين البيروكسيدات العضوية والخلطات المتفجرة التي تحتوي على بيروكسيد الهيدروجين. فبيروكسيدات الهيدروجين المركزة ليست عضوية (لا توجد روابط تساهمية بين وحدة البيروكسيد والأجزاء العضوية، في حين أن البيروكسيدات العضوية تحتوي على الأجزاء العضوية داخل بنيتها الجزيئية) وتعدّ بيروكسيدات الهيدروجين المركزة شبيهة بنترات الأمونيوم وزيت الوقود من حيث الأداء المتفجر. وعلى الرغم من ذلك، يمكن بدء بيروكسيدات الهيدروجين المركزة بدون دافع. وتشمل متفجرات البيروكسيد العضوي التي تُصاَدف تَكَرَّراً المتفجرات ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون سداسي ميثيلين ثلاثي بيروكسيد ديامين وبيروكسيد ميثيل ايثيل الكيتون.

## 5.3.2 بيروكسيد الأستون

بيروكسيد الأستون ( $C_9H_{18}O_6$ ) أو ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون، المعروف أيضًا باسم "أم الشيطان".



الصورة 168. بيروكسيد الأستون

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون هو مركب كيميائي وليس خليطًا. فيتمتع بخصائص متفجّر أولي ذا تأثير تفجير عالي. لا يستخدم ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون تجاريًا أو عسكريًا بسبب عدم ثباته.

يُعدّ ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون مادةً بيضاء عديمة الرائحة بشكل بلوري أو مسحوق صلب بمظهر يشبه السكر. ولا يذوب في الماء ولكنه قابل للذوبان في المذيبات العضوية. تجدر الإشارة إلى أنّ ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون الذي جف بعد إذابته في المذيبات العضوية خطير جدًا للاستعمال.

يحتوي ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون الجديد على رائحة أسيتون خفيفة؛ وعندما يتقدم، تصبح رائحته لاذعة تشبه رائحة الخل. وتؤثر الإضافات والشوائب على مظهره المادي ورائحته.

تعتمد حساسية ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون وثباته (المادي والحراري) بشدة وبشكل حاسم على المواد الخام المستخدمة، كما أنّ احترافية التصنيع العملية ومحتوى الرطوبة في العبوات النافثة يدوية الصنع تلعب دورًا. وعند القيام بعملية إنتاج مبتكرة يجب توقّع عدم الثبات الكيميائي بسبب الشوائب الرملية أو الأحماض المستخدمة في الإنتاج. وبما أنّه لا يمكن تحديدها بشكل واضح، فينبغي التعامل مع العبوات النافثة يدوية الصنع على أنّها غير ثابتة للغاية.

من غير المحتمل أن يصادف العاملين في مجال الأعمال المتعلقة بالألغام مؤخرًا ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون المنتج. ولذلك، ينبغي مراعاة آثار التقادم. فيشكل افتراضي، يجب اعتبار ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون شديد الحساسية للاصطدام والاحتكاك والتفريغ الكهروستاتيكي والحرارة، مثل جميع المواد المتفجّرات الأولية الأخرى. فسيزداد التقادم إثر حساسيته للاحتكاك بشكل كبير، بحيث يمكن حتى للكهرباء الساكنة من الجسم أو قفاز اللاتكس أن تسبّب الانفجار. وتقدّر الأرقام المختبرية الخاصة بثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون النقي والجديد أنّ متوسط حساسية الاصطدام يبلغ 0.3 جول وحساسية الاحتكاك تبلغ 0.1 نيوتون.

**تلميح.** يوصى الابتعاد عن التفريغ الكهروستاتيكي لزيادة الأمان عند مصادفة متفجّر أولي مبتكر.

**ملحوظة.** تتوقّف عدّة خلطات محتملة من ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون والوقود مثل الشحم والمسحوق الأسود أو الغراء. فيغيّر ذلك مظهر المتفجّر اليدوي الصنع ولونه.

يُعدُّ ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون حساسًا للغاية لبدء التفجير باللهب:<sup>55</sup>

- قد تنفجر بطريقة تفجير شديد مصاحب باللهب كميات قليلة من مسحوق ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون في طبقة رقيقة.
- قد ينفجر ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون البلوري إذا كان محصورًا في طبقات سميكة.

يمثل ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون مخاطر فريدة. فهو متقلب ومن المحتمل أن يكون غير مستقرًا حراريًا ويتبخر بشكل فوري وقد تعاد بلورته فورًا. وتعدُّ البلورات (الكبيرة) خطرة أكثر من مسحوق ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون. يمكن أن تتشكل هذه البلورات عندما يتقدم ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون أو من خلال تخليق غير مناسب وقد يتحلل عند كسره.

**تحذير.** يجب ألا تفتح أبدًا الحاويات التي تحتوي على مادة ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون لتجنّب التفجير. يمكن أن يحدث التفجير بسبب تمزق بلورات ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون أو احتكاك البلورات التي تم التقاطها داخل الخيوط اللولبية لغطاء الحاوية.



<sup>55</sup> يتفاعل سداسي ميثايلين ثلاثي بيروكسيد ديامين بالطريقة نفسها.



### 5.3.3 سداسي ميثيلين ثلاثي بيروكسيد ديامين



الصورة 169. سداسي ميثيلين ثلاثي بيروكسيد ديامين  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

سداسي ميثيلين ثلاثي بيروكسيد ديامين ( $C_6H_{12}N_2O_6$ ) أو HMTD، هو مركب كيميائي، وليس خليطاً. يتمتع بخصائص متفجّر أولي قوي ذا تأثير بدء كبير. وهو غير مستخدم تجارياً أو عسكرياً، بسبب حساسيته.

إنّ سداسي ميثيلين ثلاثي بيروكسيد ديامين مسحوق أبيض ناعم عديم اللون والرائحة. لا يشكّل بلورات كبيرة. وبسبب الأمينات، يحتوي سداسي ميثيلين ثلاثي بيروكسيد ديامين القديم على رائحة تشبه رائحة السمك. وهو ممتصّ للرطوبة قليلاً ولكنّه لا يذوب في الماء أو في المذيبات العضوية الشائعة. فلا يتبخّر ولا يتبلور.

يُعدّ سداسي ميثيلين ثلاثي بيروكسيد ديامين حساساً للغاية للحرارة والصدمات وخصوصاً الاحتكاك. فهو غير مستقر حرارياً، ويتحلل عند التخزين ويتفاعل جداً مع معظم المعادن، حتى عندما يكون جافاً. فتبلغ حساسية سداسي ميثيلين ثلاثي بيروكسيد ديامين للاصطدام 0.6 جول. أمّت حساسيته للاحتكاك تبلغ حوالي 0.1 نيوتون وهي مشابهة لتلك الموجودة في خليط أرمسترونغ.<sup>56</sup> يخسر سداسي ميثيلين ثلاثي بيروكسيد ديامين القديم قوته المتفجّرة لكن تزداد حساسيته للتفريغ الكهروستاتيكي.

<sup>56</sup> يتكوّن خليط أرمسترونغ من كلورات البوتاسيوم والفسفور الأحمر.

## 5.3.4 بيروكسيد ميثيل ايثيل الكيتون



الصورة 170. بيروكسيد ميثيل ايثيل الكيتون

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

بيروكسيد ميثيل ايثيل الكيتون ( $C_8H_{18}O_6$ ) أو MEKP هو مركب كيميائي سائل، وليس خليطاً. يتم إنتاجه باستخدام البوتانول/ميثيل ايثيل الكيتون وبيروكسيد الهيدروجين ومحفز. يستخدم بيروكسيد ميثيل ايثيل الكيتون كمصنّب لراتنجات مختلفة. وهو متوفر تجارياً، يتم تحسيس بيروكسيد ميثيل ايثيل الكيتون المخفف مخفض للحساسية. كما أنه مركّز للغاية، ويتمتع بخصائص متفجّر أولي قوي ذا تأثير بدء عالي ويمكن مقارنة تفاعله بتفاعل ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون. فيمكن أن يؤدي الحصر إلى انفجاره.

إن بيروكسيد ميثيل ايثيل الكيتون سائل دهني شفاف وعديم اللون يتمتع برائحة لطيفة وهو قابل للاشتعال ولا يذوب في الماء. يبدأ في التحلل عند تعرّضه لحرارة تتراوح بين 50 درجة مئوية و60 درجة مئوية. وهو أقل حساسية للحرارة والصدمة والاحتكاك من ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون ويمكن تخزينه. يُعد بيروكسيد ميثيل ايثيل الكيتون عالي التركيز تفاعلي للغاية. فقد ينفجر عند ملامسته لمواد عضوية وبعض الأمينات ومركبات الكبريت. وقد يتفاعل بشكل خطير مع القواعد القوية والعوامل المختزلة القوية والأحماض المركّزة.

يمكن أن يتسبب بيروكسيد ميثيل ايثيل الكيتون بتأثير تآكل على الأغشية المخاطية والجلد ويلحق ضرراً بالغاً في العين (خطر الإصابة بالعمى). وفي حال ابتلاعه، فقد يحمل خطر حدوث أضرار جسيمة في الجهاز الهضمي.

يُعد الزجاج من المواد المناسبة لتخزين بيروكسيد ميثيل ايثيل الكيتون النقي (الزجاج الداكن للحماية من الضوء) والسيراميك ومادة بي في سي PVC وفولاذ<sup>57</sup> V2A والمطاط. يجب اختبار المواد البلاستيكية في ما يتعلق بمقاومتها قبل استخدامها؛ أما الحاويات غير المناسبة فهي تلك المصنوعة من معادن مثل الألومنيوم وسبائكها، وكذلك النحاس الأصفر والبرونز والنحاس وسبائكها والفولاذ.

عوامل الإطفاء المناسبة هي الماء (رذاذ نفاث) ومسحوق إطفاء الجاف ورغوة مقاومة للكحول والرمل.

يشكل بيروكسيد ميثيل ايثيل الكيتون خطراً قليلاً على إمدادات المياه.

**تحذير.** لا ينبغي لمس المتفجرات السائلة. فيجب ألا تلامس الجلد. وفي حال حدوث ذلك، يجب غسل المنطقة الجلدية على الفور بكميات كبيرة من الماء. بالإضافة إلى ذلك، يجب تجنب أي تلوث للمتفجرات السائلة بمواد كيميائية أخرى.

**تحذير.** من الصعب تحديد الفرق بين مختلف متفجرات البيروكسيد العضوية بالعين المجردة نظراً لأوجه التشابه في مظهر المواد الصلبة البلورية. وعند وجود بيروكسيد الهيدروجين يجب معاملة أي مسحوق مجهول على أنه سداسي ميثيلين ثلاثي بيروكسيد ديامين من حيث الحساسية الشديدة. قد تحمل التقنيات الموجودة لإبطال مفعول الذخائر خطر انفجار يمكن تقاذه مثل تقنية التعطيل الحركي.

<sup>57</sup> فولاذ V2A هو نوع من الفولاذ المقاوم للصدأ المخلوط بالكروم والنيكل.

## 5.4 العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من النتروميثان



الصورة 171. نتروميثان

(المصدر: شركة بريمتون للاستشارات (ش.م.))

النتروميثان ( $CH_3NO_2$ ) هو أبسط مركب نترو عضوي. فهو سائل قطبي عديم اللون، ودهني، وشديد الاشتعال، يشيع استخدامه كمذيب في مجموعة متنوّعة من الاستخدامات الصناعية مثل التنظيف الجاف وتصنيع المستحضرات الصيدلانية ومبيدات الحشرات والمتفجرات والألياف والطلاء. كذلك، يُستخدم النتروميثان كمادّة مضافة للوقود في العديد من سباقات السيارات والهوايات مثل سباقات السحب، ويُستخدم أيضًا في محركات الاحتراق الداخلي المصغرة للطائرات النموذجية. وتستخدم العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من النتروميثان بشكل أقلّ شيوعًا من الخلطات الأخرى ولكن لظالما استخدمتها المجموعة الانفصالية الإسبانية المعروفة بـ "إيتا". يجب أن يدرك العاملون في مجال الأعمال المتعلقة بالألغام بشكل عام، أنّ الجماعات المسلّحة غير الحكومية التي تمتلك الموارد اللازمة لنشر المركبات غير المأهولة بمحركات الاحتراق الداخلي تمتلك الموارد اللازمة لتصنيع هذا النوع من العبوات الناسفة يدوية الصنع.

ولا يُعدّ النتروميثان عادةً متفجّرًا. ومع ذلك، نظرًا لتوازن الأكسجين، في ظلّ ظروف معينة ومع وجود بادئ قوي، يمكن لهذا المركب أن يوسّع رقعة التفجير. ولم يعتبر النتروميثان مادّة شديدة الانفجار إلى أن انفجرت عربة ناقلة لصهريج محمّل بها في عام 1958<sup>58</sup> ما أدى إلى مقتل شخصين وحدث أضرار قدرت بحوالي مليون دولار أمريكي. وبعد عدّة اختبارات، كان من المفهوم أنّ النتروميثان هو متفجّر شديد الانفجار أكثر نشاطًا من مادّة تي ان تي، على الرغم من أن مادّة تي ان تي تتمتع بقوة تدميرية أعلى. وبما أنّ النتروميثان مادّة ينقصها الأكسجين، فقد اكتسبت بعض الفوائد عند مزجه مع المؤكسد في استخدامات العبوات الناسفة يدوية الصنع. وتشمل الخلطات النموذجية نترات الأمونيوم والنتروميثان ونترات الأمونيوم والنتروميثان والألومينيوم (الخلطات المتفجرة التي تتكوّن من نترات الأمونيوم والنتروميثان ومسحوق الألومنيوم). في حين أنّ الأداء التفجيري لهذه الخلطات أعلى من أداء نترات الأمونيوم وزيت الوقود، إلّا أنّها أعلى بكثير لإنتاجها.

يمكن استخدام النتروميثان كوقود لخلطات العبوات الناسفة يدوية الصنع بتركيز منخفض ولا يحتاج إلى تحسيس إضافي. بشكل عام، يتم خلطه مع المؤكسدات الصلبة.

**ملحوظة.** بما أنّ النتروميثان يميل عادة إلى لتحلّل الحراري العنيف، يجب ألاّ يُسخّن عند خلطه مع المواد القابلة للاشتعال ويجب ألاّ يُشعل في أماكن محصورة.

يتطلّب النتروميثان المستخدم كمؤكسد تركيزًا يقارب 100%. فالوقود مثل الأمينات أو الأمونيا المائية أو كربونات الصوديوم أو الأحماض القوية سيزيد من حساسية الخليط. بشكل عام، هذه الخلطات ليست حسّاسة لكبسولة التفجير.

وقد وصل النتروميثان المحصور المستخدم كمادّة متفجرة إلى سرعة تفجير تصل إلى 6400 متر/ثانية في التجارب المختبرية.

يمكن الحصول على الحساسية الكيميائية لتحقيق حساسية الكبسولة عن طريق إضافة أنواع مختلفة من الأمينات/المشتقات من الأمونيا.

<sup>58</sup> هيئة التجارة بين الولايات "حادث بالقرب من ماونت بولاسكي، إلينوي" (بنسخة PDF). من طرف واحد رقم 213.

يُتَحَقَّق التحسيس المادي عن طريق إحاطة الأكسجين الغازي بالنتروميثان عالي التركيز. ويتم إدخال الأكسجين عندما يُنقع النتروميثان والمواد ذات القدرة المادية على إبقاء جيوب الهواء داخل بنيتها. ويمكن أن تكون هذه المواد، على سبيل المثال، مسحوق الألومنيوم الناعم أو البين المطحون الناعم أو النشارة أو ورق التواليت. وهذه الطريقة لا تحتفظ بالأكسجين لفترة طويلة. ومع ذلك، فإن النتروميثان النقي أو العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من النتروميثان قد تنفجر عندما تبدأ بواسطة محفّرات خارجية كافية. ويمكن أن يكون الوزن المطلوب لشحنة الدافع صغيراً – أي مكوّن من رقم واحد، بحسب نسبة المؤكسد إلى الوقود ومستوى الحصر والمتفجّرات الدافعة المستخدمة.

تجدر الإشارة إلى أنّ المتفجّرات المتوفرة تجارياً التي تحتوي على النتروميثان هي كينيپاك (KINEPAK®) التي يستخدم نترات الأمونيوم والمتفجّر السائل عالي الطاقة المعروف باسم هيليكس (TMHELIX)، وهي مادة متفجّرة ثنائية تتضمّن مسحوق الألومنيوم الناعم.

قد يؤدي التعرض للنتروميثان إلى تهيج الجلد ويؤثر على الجهاز العصبي المركزي، ما يسبّب الغثيان والدوخة والتخدر. ويُشتبه بشكل معقول في أنّ هذه المادة لها قد تكون مسرطنة.

## متفجّر بيكاتيني السائل (PLX) أو ميروول



الصورة 172. متفجّر بيكاتيني السائل

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

تعدّ تركيبة متفجّر بيكاتيني السائل شديدة الانفجار وهي تتكوّن من النتروميثان 95 والإيثيلين ديامين، وتُفوق سرعة انفجار هذه التركيبة 6000 متر/ثانية. إنّهُ سائل بلون أصفر فاتح، يتطلّب كبسولة انفجار قوية أو شحنة معزّزة لتفجيره. ولا يُعدّ حساساً للاحتكاك ولكن تفوق حساسيته للاصطدام 2 J جول. إنّ الثبات الكيميائي لهذا المتفجّر منخفض، فمكوناته شديدة التطاير والتآكل. ويتسبّب متفجّر بيكاتيني السائل بتآكل النحاس الأصفر ولكن لا يؤثر على الفولاذ المقاوم للصدأ.

## 5.5 العبوات الناسفة يدوية الصنع المكوّنة من استر النترات

تشكّل إسترات النترات فئة مهمّة من المتفجّرات المستخدمة تجاريًا وعسكريًا وتتكوّن من تفاعل نترته الأوكسجين (-O<sub>2</sub> NO) المألّف من الكحول وحمض النتريك. تجدر الإشارة إلى أهمّ خمسة إسترات نترات في صناعة العبوات الناسفة يدوية الصنع وهي النتروغليسرين، وثنائي نترات جليكول الإيثيلين، ورباعي نترات خماسي إيريثريتول، رباعي نترات الإيريثريتول والنتروسيليلوز. تعدّ استرات النترات حسّاسة للغاية للاصطدام والمحفّزات الميكانيكية.

النتروغليسرين [C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>N<sub>3</sub>O<sub>9</sub>] أو NG



الصورة 173. نتروغليسرين مبتكر وُجد في مصنع متفجّرات - تغيّر لونه بفعل التقادم (المصدر: شركة بريمتون للاستشارات (ش.م.))

يُعدّ النتروغليسرين، أو ثلاثي نترات الجلسريل من أشهر استرات النترات وأكثرها حساسية. يتم تصنيعه على نطاق واسع من خلال نترته الجلسرين ويستخدم أيضًا كموسّع للأوعية الدموية لتخفيف آلام الذبحة. وفي حالته النقية، هو سائل دهني عديم اللون وشفاف، يتمنّع برائحة حلوة خفيفة وطعم حلو ولاذع. من الشائع أن يتم التحفيز التلقائي في التخزين (فبدلاً من السائل الدهني عديم اللون، قد يكون له لون أصفر مثل القشّ أو بني شاحب). فهذه ليست مشكلة في خلطات العبوات الناسفة يدوية الصنع غير المحصورة ولكن عند الحصر يمكن أن يؤدي التفاعل إلى الانفجار.

إنّ النتروغليسرين مادّة متفجّرة سائلة (درجة تجمّدها 13 درجة مئوية)، فيتبيّن أن قوة تدميرها عالية بالإضافة إلى قدرتها على توفير مصدر للطاقة العالية في مادة دافعة لصاروخ أحادي القاعدة ومزدوج القاعدة. تبلغ سرعة تفجير هذه المادّة 7750 متر/ثانية بكثافة 1.59 غرام/سم<sup>3</sup>. وهي إحدى المتفجّرات القليلة جدّاً ذات التوازن الإيجابي للأكسجين، ولذلك تُستخدم مع المتفجّرات التي تعاني من نقص الأكسجين مثل النتروسيليلوز. وبسبب شكله السائل الدهني، يمكن أن يؤدي وجود فقاعات الهواء إلى خلق نقاط ساخنة تؤدي إلى حساسية عالية وبدء غير مقصود أثناء التصنيع والمناولة. ويمكن نزع حساسية النتروغليسرين عن طريق خلطه مع المواد الممتصّة مثل لب الخشب أو الدقيق أو النشا أو الطباشير أو أكسيد الزنك أو الفحم، ثمّ دمجها مع الفحم لتشكيل الديناميت. كما يمكن إنتاج الديناميت الممزوج بنترات السليلوز والصوديوم والبتواسيوم وجيلاتين نترات الأمونيوم.

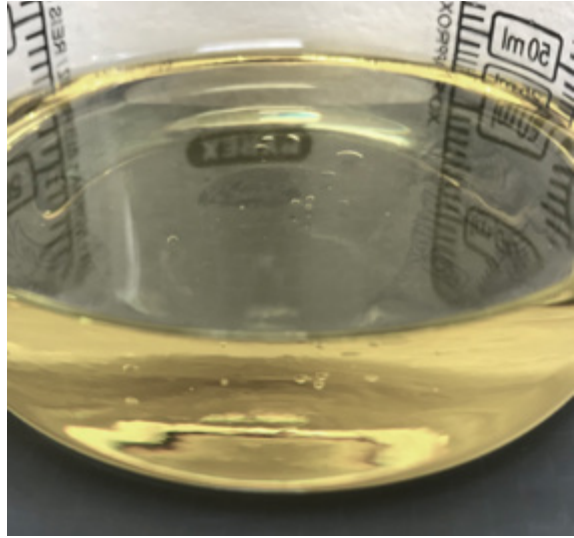
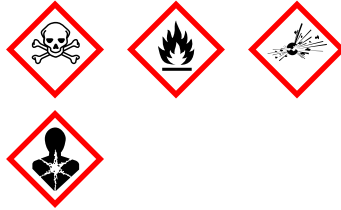
إنّ مادّة النتروغليسرين سامة للتعامل معها، ولأنّها موسّعة للأوعية الدموية، يمكن أن تؤدي إلى آلام في الرأس أثناء المناولة وبعد التفجير (بسبب أدخنة NO<sub>2</sub> المولّدة). بالإضافة إلى ذلك، ليست مادة قابلة للذوبان في الماء ولكنها قابلة للذوبان في معظم المذيبات العضوية.



الصورة 174. ديناميت مبتكر يحتوي على نيتروجليسيرين، نترات البوتاسيوم والفحم  
(المصدر: شركة بريمستون للاستشارات (ش.م.))

يُستبدل الديناميت المكوّن من النيتروجليسيرين إلى حد كبير بخلاطات تعتمد على نترات الأمونيوم، وتُعدّ أكثر أمانًا للاستخدام وأقلّ كلفة.

### ثنائي نترات جليكول الإيثيلين [C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O<sub>6</sub>] أو نيتروجليكول، EGDN



الصورة 175. ثنائي نترات جليكول الإيثيلين  
(المصدر: شركة بريمستون للاستشارات (ش.م.))

يُعدّ ثنائي نترات جليكول الإيثيلين أو النيتروجليكول نوع من الزيوت غير الممتص للرطوبة ولزج، يتميز بلون أصفر شاحب ويتمتع بخصائص وأداء شبيه بالنيتروجليسيرين. تبلغ سرعة انفجاره 8000 متر/ثانية بكثافة تبلغ 1.49 غرام/سم<sup>3</sup>. ويحتوي ثنائي نترات جليكول الإيثيلين على توازن أو أكسجين يبلغ 0.00 تحديدًا ويُعدّ أكثر ثباتًا من النيتروجليسيرين عند الاصطدام لكنه أكثر تقلبًا منه. استُخدم ثنائي نترات جليكول الإيثيلين في صناعة المتفجرات لتخفيض درجة تجمّد النيتروجليسيرين من أجل إنتاج نوع من الديناميت الذي يُستخدم في الطقس البارد (حتى درجة حرارة تصل إلى -22.7 درجة مئوية مقابل 13.2 درجة مئوية).

وبسبب ضغط البخار المرتفع الذي لا تنفع في الاستخدام لاستخدامات المادة الدافعة، استُخدم كملدن عالي الطاقة ومفجّر في المتفجرات البلاستيكية لكي تسمح بكشف أكثر موثوقية. ويُنتج من خلال نترتة جليكول الإيثيلين فهو مثل جميع استرات النترات موسّع للأوعية الدموية فيؤثر بشدّة على الدورة الدموية. وتجدر الإشارة إلى أنّ ثنائي نترات جليكول الإيثيلين لا يذوب في الماء لكن يذوب في أغلب المذيبات العضوية.

## رباعي نترات خماسي ايريثريتول [C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>N<sub>4</sub>O<sub>12</sub>] أو ثريتول بنتايري، PETN



الصورة 167. رباعي نترات خماسي ايريثريتول  
(المصدر: شركة بريمستون للاستشارات (ش.م.))

يُعدّ رباعي نترات خماسي ايريثريتول هو الأكثر ثباتاً والأقل تفاعلاً من بين استرات النترات المتفجرة. فهو متفجر قوي للغاية ومدمر. وتبلغ سرعة انفجاره 8310 متر/ثانية بكثافة 1.77 غرام/سم<sup>3</sup>. فهو مادة صلبة بلورية بلون أبيض عاجي ناعم ينتج من خلال تفاعل خماسي ايريثريتول (كحول يستخدم في الدهانات والطلاء) مع حمض النيتريك. ونظراً لسرعة التفجير العالية التي تميزه، فإن رباعي نترات خماسي ايريثريتول هي مادة متفجرة ثانوية سهلة البدء تستخدم في المفجرات وأحبال التفجير ودافعات التفجير. فعند مزجها مع ملدن مناسب، تصبح مادة رباعي نترات خماسي ايريثريتول غير حساسة ويمكن إعطاؤها أي شكل تقريباً، ما يجعلها جذابة للغاية في الأجهزة المتفجرة الصغيرة المبتكرة. وعلى عكس العديد من المتفجرات، يُظهر رباعي نترات خماسي ايريثريتول القليل من أثر التحلل عند تخزينه لفترات طويلة وحتى في درجات حرارة عالية، ما يجعله خياراً جيداً للاستخدامات العسكرية (الأداء والموثوقية والسلامة). مع ذلك، عند تسخينه فوق درجة انصهاره البالغة 140 درجة مئوية تقريباً، ينفجر بعنف (يبدأ التحلل عند درجة تبلغ أقل من 150 درجة مئوية، ويبدأ خطر الانفجار عند درجة أعلى من 205 درجة مئوية). وهو غير قابل للذوبان في الماء، ويذوب في الكحول والإيثير والبنزين بصعوبة، لكنّه قابل للذوبان في الأسيتون وأسيتات الميثيل (مذيب).

إنّ التأثيرات السامة لرباعي نترات خماسي ايريثريتول مشابهة لتأثيرات النتروجليسرين ولكنها تظهر بشكل أقل وضوحاً.

## ثلاثي نترات ايريثريتول [C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>N<sub>4</sub>O<sub>12</sub>] أو ETN



إنّ ثلاثي نترات ايريثريتول هو مسحوق بلوري أبيض، يُشبه جداً لرباعي نترات خماسي ايريثريتول في المظهر والأداء. يتم تصنيعه عن طريق نترتة الإريثريتول. فعندما يكون في شكله النقي هو حساس للغاية للصدمات والاحتكاك. وبشكل عام، يُعدّ ثلاثي نترات ايريثريتول أكثر حساسية للاحتكاك من لرباعي نترات خماسي ايريثريتول، ويتمتع توازن إيجابي في الأكسجين ومن السهل صنعه، نظراً لتوافر الإريثريتول بشكل الواسع كعامل تحلية. لذلك، فإن استخدامه في المفجرات المبتكرة يزيد الموثوقية بشكل كبير. فتشير نقطة انصهاره المنخفضة البالغة 61.5 درجة مئوية إلى أنه قد يكون أقل ملاءمة للتخزين طويل الأجل. وتجدر الإشارة إلى أنّ ثلاثي نترات ايريثريتول حلّ إلى حدّ كبير مكان النتروجليسرين في الاستخدامات الطبية، لأن آثاره الفسيولوجية متشابهة لكنها تدوم مدة أطول.

النتروسيلولوز  $[C_6H_9(NO_2)_3O_5] N$  أو ورق ومضي، قطن ومضي، خيط ومضي، قطن البارود، الكولوديون



الصورة 177. نتروسيلولوز مبتكر  
(المصدر: شركة بريستون للاستشارات (ش.م.))

ينتج النتروسيلولوز من تفاعل السيلولوز (الذي يستخرج من القطن والخشب والورق) مع خليط من حمض النيتريك وحمض الكبريتيك. فيكون المنتج عادة حبيبات أو رقائق أو مسحوق سميك ومتمين أبيض اللون وصلب، ما يجعله يتطلب غسلًا شديدًا لإزالة الحمض الزائد. وتتوفر أنواع عديدة من النتروسيلولوز، مصنفة بحسب محتوى النيتروجين. تتراوح نسبة محتوى النيتروجين في النتروسيلولوز للاستخدامات المتفجرة، عادة (بشكل عام) بين 10% و13.4%.

يُعد النتروسيلولوز شديد الاشتعال (يشتعل عند حوالي 180 درجة مئوية) ويمكن أن يحترق حتى عندما يكون رطبًا. كما أنه عرضة للبدء بفعل الدق أو التفريغ الكهروستاتيكي. وتجدر الإشارة إلى أن النتروسيلولوز قابل للذوبان في الأسيتون. وبما أنه مقذوف، فإن قطن البارود البسيط (الذي يحتوي على النيتروجين بنسبة تزيد عن 13%) يولد ستة أضعاف من الغاز أكثر من كمية مماثلة من المسحوق الأسود وينتج دخانًا وحرارة أقل.

في حين ثبت أن النتروسيلولوز متفجر يعمل بمادة الدفع أفضل بكثير من المسحوق الأسود، إلا أنه عرضة للتحلل في التخزين. فينخفض الثبات الحراري مع زيادة محتوى النترات ويعتمد ثبات التخزين على عملية الصنع. ولا يمكن أن يحقق الصنع المبتكر معايير التصنيع الصناعي، ويحفز الحمض الزائد تحلل روابط إستر النترات أثناء التخزين. وإذا ارتفعت درجة الحرارة إلى ما فوق 200 درجة مئوية، يمكن أن يحدث الاشتعال بشكل تلقائي.





الصورة 178. نترو النشا  
(المصدر: شركة بريمستون للاستشارات (ش.م.))

اكتشف هنري براكونوت نترو النشا في عام 1833 وهو يُنتج عن طريق نترته نشا الذرة يُخلط من حمض النيتريك المركز وحمض الكبريتيك، من ثم يُغسل ويُجفّف. وعلى غرار النتروسيلولوز، يختلف في محتوى النيتروجين وقد استُخدم على نطاق واسع في الحرب العالمية الأولى كحشوة رئيسية للمتفجرات في بعض أنواع القنابل اليدوية.

إنّ نترو النشا مسحوق بلون أصفر فاتح إلى برتقالي، يشبه النتروسيلولوز من نواحي عدّة، بخلاف ثباته الضعيف وقوّته المنخفضة نسبيًا ورطوبته. وعلى عكس إسترات النترات الأخرى، فهي مادة متفجرة «لا تسبب ألم الرأس». ومن الممكن أن ينفجر نترو النشا حتّى بدون خلطه مع مواد أخرى. وعند الضغط، يمكن تحقيق كثافة تزيد قليلاً عن 0.9 غرام/سم<sup>3</sup>.

## 6. التفاعلات المولدة للغاز

إنّ التفاعلات المولدة للغاز عملياتٌ كيميائية تُنتج كمية كبيرة من الغاز. عند الاستخدام التجاري، تنشأ مساحة محصورة بواسطة حاوية مقاومة للضغط أو مستجيبة للضغط. وداخل الحاوية، يولد الضغط بواسطة مركب مولد للغاز قادر على الخضوع للتحلل الذاتي بدون أن ينفجر. ولأسباب متعلّقة بالسلامة، يمكن التحكم في بداية التفاعل من خلال اشتعال تفجير شديد مصاحب باللهب. وعلى سبيل المثال تعتمد أكياس الهواء هذه الآلية.

يمكن أن يحدث اتصال مادتين كيميائيتين محددتين أو أكثر تفاعلاً مولدًا للغاز، من دون الحاجة إلى عنصر محفّر أو عنصر اشتعال. ويؤدي تكوّن الغاز في مساحة محصورة إلى زيادة الضغط إلى مستوى ينفجر فيه التغليف/الحاوية. وتنتج عن ذلك مخاطر منها الحرارة، وتسارع شظايا الحاويات، وتسرب الغازات، والسوائل أو المواد الصلبة السامة التي يمكن أن تؤدي إلى تفاعلات عنيفة لاحقة من خلال التفاعل مع الأكسجين أو المواد الكيميائية الأخرى. فتحدث هذه التفاعلات بسرعة وعادةً لا يمكن وضع حدّ لها في المساحات المحصورة. وبشكل عام، قد تحدث تأثيرات مماثلة عند خلط القلويات أو الأحماض مع المعادن ولكن لا تقتصر على ذلك فحسب. فتشير الأمثلة الواردة أدناه إلى المواد الكيميائية الأولية الشائعة الاستخدام في إنتاج العبوات الناسفة يدوية الصنع.

### القلي/ محلول قلوي:

يُنتج كل من هيدروكسيد الصوديوم المذوّب والألومنيوم:

- الهيدروجين الغازي، وهو غاز شديد الاشتعال يكون خلطات متفجرة مع الهواء؛ و
- ألومينات الصوديوم الصلبة، وهي مادة تتفاعل مع المعادن وتؤدي إلى تآكلها، كما أنّها كاوية للأنسجة.

### الأسيد:

يُنتج كلّ من حمض الهيدروكلوريك والألومنيوم:

- الهيدروجين الغازي؛ و
- كلوريد الألومنيوم، مادة تشبه مسحوق أصفر اللون ذات رائحة لاذعة وحادة تسبب تآكل للأغشية المخاطية والجلد، وفي حال استنشاقها، تؤدي إلى أضرار داخلية، خاصّة على الجهاز التنفسي العلوي.


ينتج كلّ من حمض النتريك والزنك:

- الماء؛
- ثاني أكسيد النتروجين الغازي،<sup>59</sup> وهو لا يحترق لكنّه يزيد من خطر نشوب حريق عند ملامسته للمواد القابلة للاشتعال ويمكن أن يزيد من شدّة حريق موجود؛ ويسبب ضررًا للرئة وله تأثير مهيج على الأغشية المخاطية؛ و
- نترات الزنك، وهو مادة صلبة بيضاء اللون عديمة الرائحة يتفاعل بطريقة مشابهة لثاني أكسيد النتروجين، ما يسبب تهيج موضعي للأغشية المخاطية والجلد، ويؤدي إلى حروق كيميائية في العينين، واعتلال حاسة التذوق، وضرر في الجهاز الهضمي إضافة إلى اضطرابات في الهضم.

<sup>59</sup> يمكن لثاني أكسيد النتروجين إشعال خلطات الهيدروجين/الأكسجين. وبما أنّ ثاني أكسيد النتروجين أثقل من الهواء؛ يسبب التلامس تأثيرات مهيجة ويمكن أن يؤدي إلى أضرار في الرئة وخلل رئوي مزمن.

## مواد أخرى

كربيد الكالسيوم الذي يُكوّن مع الماء أسيتيلين غازي، وهو غاز قابل للاشتعال للغاية يكوّن خلطات متفجرة مع الهواء. ورماد الخشب (كربونات الصوديوم وكربونات البوتاسيوم) المذوّب في الماء والملح (كلورات الصوديوم) والألومنيوم، الذي يشكّل الهيدروجين الغازي وهو غاز شديد الاشتعال يشكّل خلطات متفجرة مع الهواء والمركبات الأخرى.

**تحذير.** يجب ألا تُنقل الحاويات التي تحتوي على خطر محتمل لتفاعل مولد للغاز، إذ أنّ ذلك قد يعيد تشغيل التفاعل. 

## 7. المواد الحارقة المبتكرة

يقدم هذا القسم معلومات عن العديد من التركيبات والتطبيقات والمخاطر المحتملة للمواد الحارقة المبتكرة والمشعلات الكيميائية المبتكرة. والهدف الرئيسي من هذا القسم هو التوعية حول بالتطبيقات والمخاطر المحتملة.



الصورة 179. بقايا حارقة مبتكرة (مكوّنة من الجل)، اشتعلت من جديد عند تعرضها للأكسجين في الغلاف الجوي على رماد مضطرب لمكان تجارية  
(المصدر: شركة بريستون للاستشارات (ش.م.))

### 7.1 أساسيات المواد الحارقة المبتكرة

إنّ معظم المتفجرات الحارقة المبتكرة هي مواد صلبة أو سوائل أو مزيج من كليهما. فيمكن أن تكون قابلة للاشتعال أو تتطلب محفّزات كيميائية لبدء تفاعل.

تتفاعل بعض المواد الكيميائية المستخدمة في المواد الحارقة اليدوية الصنع بعنف وفور ملامسة بعضها البعض. ويمكن أن يحدث هذا التأثير عن طريق الخطأ أو عن قصد. ومن الصعب جدًا إيقاف التأثير بمجرد بدء التفاعل. وتشمل التطبيقات العسكرية للمتفجرات الحارقة الصمامات الكيميائية باك، المستخدمة في الألغام المضادة للأفراد والمضادة للمركبات خلال الحرب العالمية الثانية أو دافع صاروخي سائل. وتجدر الإشارة إلى أنّ بعض المواد الكيميائية التي تتفاعل بعد خلطها لا تتطلب أن يحترق الأكسجين بشكل إضافي.

يُستخدم مصطلح «تفاعل تلقائي الاشتعال» لوصف تأثير الاشتعال الذاتي لدى السوائل الممزوجة مثل الوقود الدافع التلقائي الاشتعال لوقود الصواريخ. وفي الوقود تلقائي الاشتعال، يعمل سائل واحد كوقود، والآخر كمؤكسد. فيبدأ التفاعل مباشرة بعد الاختلاط. ومن المؤكسدات على سبيل المثال برمغنات البوتاسيوم ومركبات الكلورات السائلة المختلفة؛ ومن الأمثلة على أنواع الوقود سائل الفرامل أو الجلسرين أو جليكول الإيثيلين أو جليكول البروبيلين.

يمكن أن تتفاعل المواد بعنف عند ملامستها للماء، وهي خاصية يمكن استخدامها لبدء التفاعلات عمدًا. ويستخدم الإشعال بالماء مع خطاط الزنك أو نترات الأمونيوم أو كلوريد الأمونيوم. كذلك يمكن أن يبدأ تفاعل التحلل من قطرات الماء، وحتى التعرّق البسيط.

## 7.2 التركيبات الحارقة المبتكرة

تتنوع تطبيقات التركيبات الحارقة المبتكرة. فمن الشائع جدًا استخدام الجازولين الممزوج أو المكثف برغوة البولي ستيرين على سبيل المثال أو بالميتات الصوديوم (الصابون الصلب) أو الزيت. ويرد في ما يلي وصف لأنواع العبوات النافسة يدوية الصنع الحارقة.

**ملحوظة.** بشكل عام، تتطلب المواد الحارقة اليدوية الصنع مصدرًا خارجيًا للحرارة من أجل الاحتراق.



الصورة 180. رغوة البوليسترين

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

### الثرميت

الثرميت هو مزيج صلب من أكسيد الحديد المسحوق (III) والألمنيوم الذي يولّد بعد الاشتعال، خَبث الحديد والألومنيوم في حالة سائلة من خلال تحقيق درجات حرارة عالية جدًا تصل إلى 2400 درجة مئوية. استُخدم تجاريًا للحم قضبان السكك الحديدية ولا يتطلب مصدر أكسجين خارجي للتفاعل. ولا يمكن للثرميت أن يشتعل ذاتيًا وتُعدّ خلطات الثرميت المنتجة تجاريًا شديدة الثبات. قد ينفجر الثرميت الرطب بعد الاشتعال، على الرغم من أنه قد لا يشتعل أبدًا. وفي بعض الأحيان يتأخّر اشتعال الخليط الجاف عند توليد كمية الحرارة لبدء التفاعل. يمكن أن تزيد الشوائب التي تحتوي على النحاس أو المغنيسيوم أو الكبريت أو برمنغنات البوتاسيوم من خطر الانفجار أو الاشتعال الذاتي. ولذلك، يمكن أن يكون الثرميت المبتكر متقلبًا إذا تعرّض للحرارة أو اللهب.



الصورة 181. ثرميت

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

## وقود اللهب الهلامي

يستخدم وقود اللهب الهلامي للأجهزة الحارقة. فيلتصق وقود اللهب الهلامي بسهولة بالجسم ويمكن أن يُنتج تركيزًا حراريًا أكبر من حرق الجازولين. وأشهر مثال على وقود اللهب الهلامي هو النابالم، ولكن تتعدّد الطرق الأخرى لصنع وقود اللهب الهلامي المبتكر.

النابالم هو مزيج من الجاسولين ومواد مضافة مختلفة، منها أملاح حمض النفثينيك وحمض النخيل. فيُعدّ الهواء مصدر الأكسجين في نابالم؛ ويتطلب حافزًا خارجيًا للبدء. ويصعب إطفاء النابالم بالماء لأنه كاره للماء. وبعد الاشتعال، يمكن أن يبلغ درجات حرارة تصل إلى 2000 درجة مئوية. فيمكن تحسين التأثير الصق الخاصّ بنابالم باستخدام المنتجات المطاطية أو الصابون أو كحول الإيثيل.

يُعدّ استخدام المواد الخام التي يمكن الحصول عليها بسهولة شائع في صنع وقود اللهب الهلامي المبتكر من أجل تهليم الجاسولين أو وقود هيدروكربوني آخر أو تليدينه. يتعدّر مزج وقود اللهب الهلامي ويذوب بصعوبة في الماء. فيستمدّ الأكسجين اللازم من الهواء. وتُعدّ أنسب عوامل إطفائه مطفأة الحريق التي تحتوي على مسحوق جاف أو ثاني أكسيد الكربون أو أي وسيلة لإخماد النار (على سبيل المثال الرمل أو بطانية الحريق). قد يستمر وقود اللهب الهلامي في الاحتراق بمجرد التمسك بجسم ما. ويفعل المواد الكيميائية الخام المستخدمة، قد يؤدي أي تلامس مع مؤكسد أو أي حمض إلى إشعال الوقود اللهب الهلامي. وتجدر الإشارة إلى الخلطات المعروفة، المدرجة بحسب مكوناتها:

- خلطات اللاتكس - التي تستخدم الجاسولين أو اللاتكس التجاري أو الطبيعي وحمض أو ملح حمضي. تتمتع خلطات اللاتكس بمظهر كتلة هلامية منتفخة.
- خلطات محلول قلوي - تستخدم الجاسولين والراتنج، أو الجاسولين والدهن الحيواني والكحول لإنتاج هلام قابل للاشتعال.
- خلطات محلول قلوي وكحول - تستخدم الكحول، وتكون مسؤولة بعد ذلك عن جودة الجل.
- خلطات الصابون والكحول - الذي يستخدم الصابون (وليس المنظفات) مع الكحول لتهليم الجاسولين.
- خلطات الشمع - الذي عدّة أنواع شائعة من الشمع لتهليم الجاسولين.

**تحذير.** يمثل وجود اللهب المكشوف بالقرب من وقود اللهب الهلامي خطرًا جسيمًا.

ثلاثي إيثيل الألومنيوم  $[C_6H_{15}Al]$  أو TEA



ثلاثي إيثيل الألومنيوم هو سائل عديم اللون مصفر. عند تكثيفه بالبولي إيزوبوتيلين (عامل الربط) للاستخدام العسكري، يطلق عليه مصطلح عامل الاشتعال التلقائي المكثف (TPA). يمكن أن يشتعل ثلاثي إيثيل الألومنيوم/ عامل الاشتعال التلقائي المكثف ذاتيًا ولكنه بحاجة إلى الأكسجين للاحتراق من مصدر هوائي أو مائي. ولا يمكن أن يطفئ ثلاثي إيثيل الألومنيوم/ عامل الاشتعال التلقائي بالماء، لأنه يتفاعل بشكل متفجر عند ملامسته. وإذا استخدمت عوامل إطفاء أخرى، يمكن أن يبدأ الاشتعال الذاتي مرة أخرى في أي وقت من خلال الاحتكاك بالهواء. وبعد الاشتعال، يمكن أن يبلغ درجات حرارة عالية جدًا تصل إلى 2000 درجة مئوية.

### خلطات أخرى

يمكن أيضًا استخدام خلطات تتضمن معادن مسحوق بيركلورات البوتاسيوم أو الكبريت أو الفوسفور كمتفجرات حارقة. ولا تتطلب هذه الأخيرة مصدر أكسجين إضافي. ولا يحترق كلورات البوتاسيوم لكنه يتفاعل بعنف مع المواد القابلة للاشتعال إذ يمكن أن تتسبب في اشتعاله أحيانًا بدون مصدر اشتعال آخر ويمكن أن يؤدي إلى زيادة شدة حريق موجود. وتتطلب هذه الخلطات محفزات خارجية. وبعد الاشتعال، يمكن أن تبلغ درجات حرارة تصل إلى 2500 درجة مئوية.

## 7.3 مشعلات كيميائية مبتكرة

تُستخدم الخلطات الكيميائية القادرة على الاشتعال الذاتي للمشعلات والصواعق، ما يعني أنّها مستقلة عن المحفزات مثل الكهرباء والحرارة وما إلى ذلك.<sup>60</sup> يوفر ذلك ميزة واضحة بالنسبة إلى المستخدم. ومع الطلاء المناسب، يمكن أن تعمل هذه المشعلات/الصواعق لفترة طويلة بدون أي تدهور ناتج عن التقادم. ويمكن مصادفة خلطات كيميائية تتمتع بالقدرة على الاشتعال الذاتي كعنصر بدء في سلسلة تفجير أيضًا.

وبهدف تحسين التفاعل، عادةً ما يتم احتواء المخاليط في أنظمة مغلقة. فتعمل الحرارة المحبوسة على تسريع تطوّر الحرارة وبالتالي حدوث التفاعل. وتفصل التطبيقات المبتكرة المواد من خلال الأوعية أو الأقراص الفاصلة. وتنصّ قاعدة عامّة على وجوب تدمير هذا الحاجز بين المواد الكيميائية عن طريق العمل الميكانيكي. وتستخدم التصميمات الأكثر تطورًا الأحماض لتفكيك هذه الحواجز. وإذا لم يُلاحظ أيّ تأثير بعد تشغيل عنصر الاشتعال عن طريق الخطأ، فلا ينبغي افتراض أنّه فشل، نظرًا إلى أنّه من المستحيل تحديد وقت مضبوط لهذا النوع من الأجهزة بشكل دقيق. وبشكل عام، يتأثر الوقت المضبوط بالعمر وسمك الحاجز وتركيز العامل المذيب.

**تحذير.** قد يحدث تأخير مقصود بين تنشيط المشعل الكيميائي والبدء.



**تحذير.** بشكل عام، لا تتطلب الصواعق التي تستخدم المشعلات الكيميائية تشغيل البادئ. وهي خالية من المعادن وبالتالي يصعب اكتشافها.



### مثال: صواعق ذاتية الاشتعال

يُعدّ الجمع بين خليط البوتاسيوم والكلورات والسكر من جهة وحمض الكبريتيك المركز من جهة أخرى مثالاً عن خليط اشتعال الذي يستخدم لإحداث اشتعال ذاتي عند الاصطدام بهدف ما.

يتم ملئ حاويات خاصّة بالمواد الهشة بسائل قابل للاشتعال وحمض الكبريتيك. ويتم توصيل شريط قماشني (قطن) مشبع بخليط من كلورات البوتاسيوم والسكر خارج الحاوية. وعند الاصطدام، تتحطّم الحاوية ويشتعّل السائل القابل للاشتعال إثر تفاعل حمض الكبريتيك مع الشريط المشبع.

وقد صودفت هذه الأجهزة في المناطق الحضرية، وهي مجهزة وجاهزة للاستخدام. ويجب تجنّب أي احتكاك بين عناصر الاشتعال.

يجب ألا تُعدّ هذه الأجهزة آمنة للنقل.

<sup>60</sup> يرد شرح لبدء المخاليط عن طريق الضغط أو الشرارة أو اللهب أو التفريخ الكهروستاتيكي في القسم 8 بعنوان المواد النارية المبتكرة

# 8. الناريات المبتكرة

يقدم هذا القسم معلومات عن العديد من تركيبات العبوات الناسفة يدوية الصنع النارية المبتكرة وتطبيقاتها ومخاطرها المحتملة. فالهدف الرئيسي من هذا القسم هو التوعية حول التطبيقات والمخاطر المحتملة.

## 8.1 أساسيات الناريات المبتكرة

تستخدم الناريات المبتكرة بطريقة مماثلة للألعاب النارية الصناعية التي تُنتج أضواء ملونة أو دخان أو مؤثرات صوتية. وعادةً ما تحتوي الناريات على مواد كيميائية مختلفة.

لا تُظهر الناريات المبتكرة خصائص متفجرة، فغالبًا ما يُقلل من شأن المخاطر التي قد تشكلها. وقد تعتبر الناريات غير ضارة، إذ يستخدم بعضها في ألعاب الأطفال. ومع ذلك، من المهم إدراك أنّ الألعاب النارية تتكوّن من خلطات نشطة يصعب تقييم سلوكها وثباتها، لأنها قد تكون شديدة الحساسية ويمكن أن تُنتج آثار مماثلة لآثار المتفجرات شديدة الانفجار (وذلك بحسب الحصر ومكونات الخلطات والشوائب وتأثيرات التقادم).

تعاني خلطات الناريات بشكل كبير من التقادم، الأمر الذي قد يقلل من ثباتها ويزيد من حساسيتها. غالبًا ما تكون الناريات المبتكرة حساسة للهب. فيؤدي تحللها إلى ارتفاع درجات الحرارة مع انبعاثات قوية من الغاز أو الدخان. ويمكن أن يكون لبعض الخلطات خصائص متفجرة، خصوصًا عندما تكون محصورة.

تتوافق المواد الخام المستخدمة في الناريات المرتجلة مع المواد الكيميائية المستخدمة في العبوات الناسفة يدوية الصنع الأخرى.

يتضمّن **الوقود** المستخدم في الناريات المبتكرة:

- معادن خفيفة وسبائكها مثل الألومنيوم والمغنيسيوم. ومن الممكن العثور على الحديد والزيرونيوم والتيتانيوم؛
- مصدر للكربون - معظمه من الفحم أو نشارة الخشب؛
- سكريّات مثل الجلوكوز أو السكروز أو اللاكتوز أو المانوز أو الفركتوز؛ و
- راتنجات مختلفة، الكبريت، الفلوفونية، الشيلاك، حمض الأسيتيل ساليسيليك (مثل الأسبرين)، حمض الأسكوربيك (فيتامين سي) والأسيتامينوفين (الباراسيتامول).

تتضمّن **المؤكسدات** المستخدمة في الناريات المبتكرة:

- نترات (البوتاسيوم أو الصوديوم أو الباريوم أو نترات السترونشيوم)؛
- الكلورات (البوتاسيوم أو الصوديوم أو الباريوم أو كلورات السترونشيوم)؛
- البيركلورات (البوتاسيوم أو بييركلورات الصوديوم)؛ و
- المنغنات مثل بييرمنغنات البوتاسيوم.





الصورة 182. فروكتوز  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)



الصورة 183. جلوكوز  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)



الصورة 184. لاكتوز  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)



الصورة 185. أسيتامينوفين مضغوط في قرص  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)



الصورة 186. حمض الاسكوريك  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)



الصورة 187. حمض الساليسيليك مضغوط في قرص  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

## 8.2 مؤثرات الضوضاء والضوء

يمكن استخدام التركيبات الومضية لإنتاج ضوضاء مزعجة وتأثيرات ضوئية، على سبيل المثال القنابل الصوتية أو اليدوية المستخدمة لفرص الأمن (وتُسمى قنبلة يدوية ومضية). تاريخياً، استُخدمت تركيبات ومضية تُسمى المساحيق الومضية لكي تُضفي ومضات أثناء التصوير. اليوم، تُستخدم في الناريات للمسارح وفي المفرقات النارية وتُستعمل كأدوات للتدريب العسكرية. وتتكوّن التركيبات الومضية من مزيج من المؤكسدات والوقود. فتحترق بسرعة كبيرة وقد تتحلّل بعنف عند حصرها. تُعدّ بعض التركيبات قوية جداً ويمكن أن تُحدث تأثير انفجار مشابه لانفجار مادّة تي ان تي، وذلك بحسب الكمية والحصر.

تُعدّ التركيبات الومضية حسّاسة للغاية لجميع المحفّزات الخارجية، بما فيها الكهرباء الساكنة. ويزيد من هذه الحساسية وجود الكبريت (عن قصد) وحجم الجسيمات الصغير من المكونات. وليست جزيئات المغنيسيوم بحاجة لأن تكون صغيرة مثل جزيئات الألومنيوم لتحقيق التأثير السلبي نفسه أو الحساسية نفسها.

أخطار التركيبات الومضية:

- التركيبات الومضية التي تحتوي على المغنيسيوم هي أكثر حساسية من الخلطات الأخرى التي تحتوي على الألومنيوم. فتشتعل فوراً خلطات المغنيسيوم التي تحتكّ مع متعدد رباعي فلورو الإيثيلين.
- الخلطات التي تحتوي على الكلورات. يتحلّل أحد المكونات بشكل أسرع من ما يتحلّل في الخلطات التي تحتوي على البيروكلورات وهي أكثر حساسية. وبشكل عام، يُعدّ الكلورات أو البيروكلورات الممزوج بالكبريت/الكبريتيد حساساً للاهتزاز والاحتكاك والشرارات.
- الخلطات التي تحتوي على برمنغنات البوتاسيوم أو أكسيد الباريوم أو كلورات الباريوم تُعدّ غير ثابتة وتتحلّل على الفور.

شملت التركيبات الومضية التي صودفت في الماضي نترات البوتاسيوم، وبيروكلورات البوتاسيوم، ونترات السترونشيوم أو نترات الباريوم كمؤكسد، ومسحوق معدن الألومنيوم أو المغنيسيوم، وأحياناً الكبريت والفحم كوقود. وتختلف نسبة تكوين كل من هذه الخلطات. واستناداً إلى التجارب التي استخدمت المواد الخام ذات حجم الجسيمات المحدد والمزيج المحدد، فاختلّفت حساسية الاصطدام لدى التركيبات التسع المختبرة من 2.9 جول إلى 17.7 جول. وإلى جانب خليط أرمسترونغ وفي ظروف مختبرية، كانت التركيبات الومضية المكوّنة من نترات الباريوم أكثر حساسية للاصطدام والاحتكاك من تلك التي تحتوي على نترات البوتاسيوم. وأظهرت تركيبات بيروكلورات البوتاسيوم حساسية احتكاك عالية جداً تصل إلى 32 نيوتن.

**ملحوظة.** يجب أن تُعدّ التركيبات الومضية تفاعلية للغاية وحساسة وغير مستقرّة. كذلك ينبغي تفادي حدوث تلوّث واختلاطات إضافية مع المواد الكيميائية الأخرى. ويجب أخذ الاحتياطات حمايةً من التفريغ الكهروستاتيكي.

## 8.3 المؤثرات اللونية

يمكن استخدام الناريات لتكوين مؤثرات لونية، مثل استخدام طلاء التمويه على طاقم المركبات أو تحديد المواقع. وتعتمد مدة هذه التأثيرات وشدتها على المواد الكيميائية المستخدمة. وبشكل عام، يتكوّن الخليط الأساسي للأضواء الملونة في الناريات من بيركلورات البوتاسيوم ومصدر كربوني وكبريت.

وتحترق مواد كيميائية مختلفة ذات طيف ألوان فريد من نوعه.<sup>61</sup>

فيستخدم ذلك للتعرف على المواد الكيميائية في الخليط ويسمح بتقدير مخاطرها. وفي ما يلي تظهر القائمة غير الشاملة.

• أزرق	أملاح النحاس الزرنبخ، الرصاص، السيلينيوم الكوبالت	أزرق سماوي أزرق فاتح أزرق داكن
• برتقالي	أملاح الصوديوم	أصفر
• أحمر	أملاح سترونتيوم مركبات الكالسيوم ليثيوم	أحمر داكن برتقالي أحمر قرمزي
• أخضر	أملاح الباريوم النحاس الزنك	أخضر فاتح أخضر أخضر
• أرجواني	مكوّنات البوتاسيوم، بيركلورات البوتاسيوم مكوّنات السيزيوم	بنفسجي بنفسجي
• ذهبي	حديد فحم	ذهبي ذهبي



الصورة 188. ليثيوم، معدن قلوي (المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)


يتم تفتيح التأثيرات الملونة عن طريق إضافة الألومنيوم أو المغنيسيوم أو الزركونيوم وتكثيفها من خلال إضافة كلوريد الزئبق. فتزيد إضافة المعادن المسحوقة من الحساسية.

<sup>61</sup> كشرط مسبق لاستخدامها في الناريات يجب أن تكون المركبات متطايرة عند درجة حرارة اللهب.

## 8.4 المؤثرات الدخانية

تتألف المكونات الأساسية للمؤثرات الدخانية من السكروز و نترات البوتاسيوم والكبريت ورابع كلوريد الكربون والفحم. من الممكن مُصادفة أكسيد الحديد والمساحيق المعدنية والمسحوق الأسود في خلطات الدخان الأبيض على الشاشات و خلطات الدخان الأسود. ويمكن تلوين الدخان بإضافة عامل ملون.

تتكوّن المؤثرات الدخانية عن طريق حرق خلطات نترات البوتاسيوم والمغنيسيوم أو من خلال تفاعل الأوكسجين مع الفوسفور الأبيض أو مع تركيبات سداسي كلور الإيثان. ويعتمد التوسع الذي تحقّقه المؤثرات الدخانية ومدّته على كمية المواد الكيميائية المستخدمة والأحوال الجوية.

**تحذير.** من المهم إدراك أنّ الدخان يشكّل خطرًا على الصّحة. ويمكن أن يؤدي استنشاقه إلى تسمّم شديد وضرر في الرئة. 

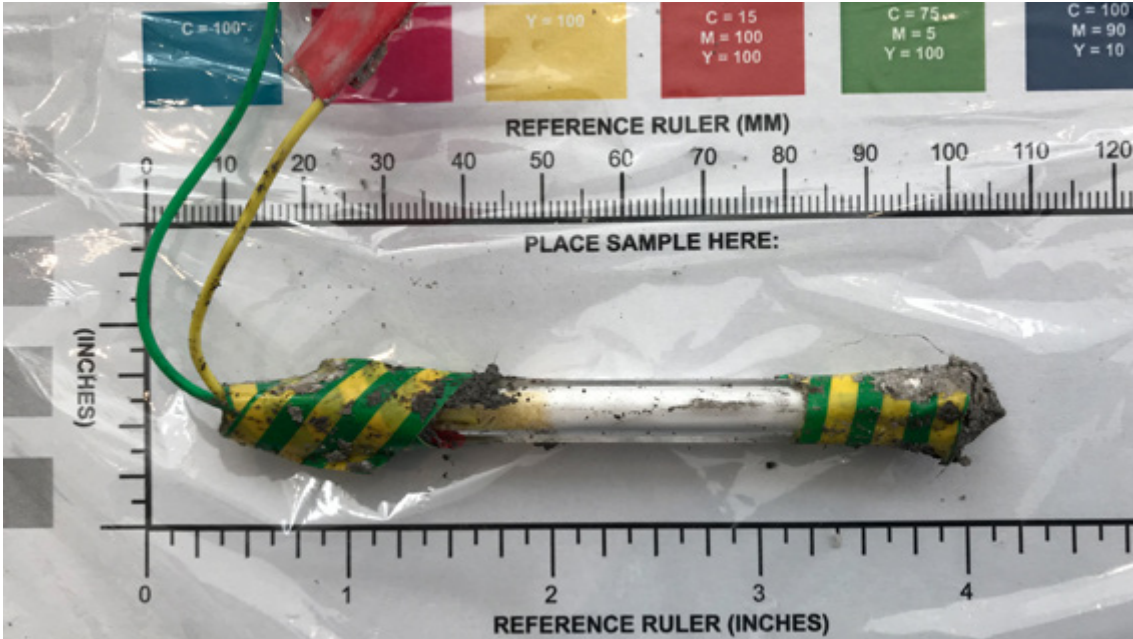
# 9. المتفجرات الأولية المبتكرة

يقدم هذا القسم معلومات عن عدة مجموعات من المتفجرات الأولية المبتكرة وتطبيقاتها ومخاطرها. يهدف هذا القسم بشكل رئيسي إلى التوعية حول التطبيقات والمخاطر المحتملة.

## 9.1 أساسيات المتفجرات الأولية المبتكرة

تستخدم المتفجرات الأولية أو البادئة لبدء الإشعال أو التفجير. وتتضمن بادئات التفجير كبسولات التفجير والصواعق وحبل التفجير. وبشكل عام، تُشغل كبسولات التفجير ميكانيكيًا أو كهربائيًا. وتُصنع المشتعلات المبتكرة أيضًا. كما تشمل تطبيقاتها إشعال الدافع أو الشحنات الحارقة.

يمكن مصادفة متفجرات أولية مبتكرة من بينها. يمكن بدء كل من هذه عن طريق اللهب أو الاحتكاك. يمكن استخدام ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون وسداسي ميثيلين ثلاثي بيروكسيد ديامين لتركيبات شحن رئيسية أيضًا. ويمكن أن تحتوي كبسولات التفجير المبتكرة على أكثر من تركيبة متفجرة واحدة، مثل كلورات البوتاسيوم أو تركيبات السكر مع ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون ورباعي نترات خماسي ايريثريتول وثلاثي نترات ايريثريتول على سبيل المثال.



الصورة 189. مفرج بدء تفجيره كهربائيًا باستخدام متفجرات مبتكرة مصنوعة من الكلورات والبيروكسيد العضوي (المصدر: شركة بريمستون للاستشارات (ش.م.))

يعتمد تصميم المفرج المرتجل بشكل كبير على الموارد المتاحة ومعرفة المنتج. عادة ما يتم تشغيل المفرجات المرتجلة كهربائيًا (على سبيل المثال بواسطة آلة تفجير أو بطارية أو مصدر آخر للكهرباء). ويعد نوع التشغيل الشائع الآخر هو التفجير بواسطة كبسولة تفجير مبتكرة تعمل ميكانيكيًا (تُشغل من خلال صاعق أمان أو نظام أنبوب صدمي، على سبيل المثال).

من الممكن مصادفة مفرجات مبتكرة لا تتضمن أي محتوى معدني. في هذه الحالات، استُخدم الورق أو البلاستيك للتغليف. بالإضافة إلى ذلك، إذا لم تتم الإشارة إلى وجود مفرج، فيجب توخي الحذر، إذ تطوّرت تقنيات مختلفة للاشتعال غير المعدني. على سبيل المثال، تم خلط بعض ثلاثي بيروكسيد ثلاثي الأستون مع الزجاج لكي ينفجر من خلال الاحتكاك.



الصورة 190. مثال عن جهاز إشعال صاروخ مبتكر (المصدر: المؤسسة السويسرية لمكافحة الألغام)

تحتوي عناصر البدء الإضافية المستخرجة على مركبتين كيميائيتين منفصلتين يتفاعلان بعنف عند دمجهما. تبدأ هذه من خلال الطاقة المنبعثة عندما يتم خلط المكونات. غالبًا ما لا تحتوي عناصر البدء المبتكرة هذه على معدن، ما يعقد الاكتشاف.

**تحذير.** في المفجرات القديمة المبتكرة، قد تتفاعل الحشوات المتفجرة مع الغلاف المعدني، ما قد يؤدي إلى تكوين أملاح معدنية شديدة الحساسية. لذلك، لا ينبغي أن تُعدّ المفجرات المبتكرة آمنة للنقل تحت أي ظرف من الظروف.



الصورة 191. مثال عن مفجر مبتكر (المصدر: المؤسسة السويسرية لمكافحة الألغام)

**تحذير.** إنّ المفجرات المبتكرة خطيرة. ولا ينبغي أن يُحلّل أفراد غير مدربين المفجرات المبتكرة أو يفكّكها أو يتعامل معها.



تُظهر المتفجرات اليدوية الصنع الأولية خصائص تجعل التعامل معها شديد الخطورة، مثل حساسيتها العالية وخصائصها الميكانيكية الضارة. وتم استبعاد العديد من تركيبات المفجرات المستخدمة في بعض المتفجرات المبتكرة (مثل أزيد الفضة) من أي شكل من أشكال الاستخدام العسكري أو الصناعي بسبب خصائصها السلبية الكثيرة مثل عدم الثبات.

**تحذير.** يجب أن تعتبر المتفجرات الأولية والأجهزة المتفجرة المبتكرة التي تحتوي على عبوات ناسفة أولية يدوية الصنع غير آمنة للنقل.

**تلميح.** يجب اعتبار المفجرات المبتكرة، مثل المتفجرات الأولية، حساسة للغاية للحرارة واللهب والإصطدام والتفريغ الكهربائي. وعند مصادفة المتفجرات الأولية المبتكرة، المؤكدة أو المشتبه فيها، يجب اتخاذ جميع التدابير الممكنة (التقنية والتنظيمية) لتجنب بدنها بفعل أحد هذه المحفزات.

تشمل المواد النموذجية المصادفة في إنتاج المتفجرات الأولية المبتكرة الأسيتون، وحمض الخليك، وكربونات الأمينو غوانيديين، والأمونيا، والوقود الجاف، وبيروكسيد الهيدروجين، والبيود، والزئبق، وحمض النيتريك، وحمض البيكريك، وكلورات البوتاسيوم، وبنترات الفضة، وأزيد الصوديوم، وهيدروكسيد الصوديوم وبنترات الصوديوم والكبريت أو أسيد الكبريت.



## 9.2 أمثلة على المتفجرات الأولية المبتكرة

ثنائي نيتروبنزين ديازوكسيد [C<sub>6</sub>H<sub>2</sub>N<sub>4</sub>O<sub>5</sub>] أو بالديازو ثنائي نيتروفينول أو دينول (DDNP)



إنّ الديازو ثنائي نيتروفينول مسحوق بلوري متفجر لونه أصفر، وهو ليس استرطابيا ولا متطايرًا. واستُخدم كمادة بادئة للأصباغ حتى اكتشف فيلهلم ويل (أو ويليام ويل) من وزارة الحرب البروسية خصائصه المتفجرة في العام 1892. واستُخدم في وقتٍ لاحقٍ كبادئ تفجير حيث لُزمت التركيبات الأولية الخالية من الرصاص. غير أنّ استخدامه العسكري توقّف بسبب ضعف خصائصه الفيزيائية.

وعندما يتعرّض هذا المسحوق للشمس و/أو للضوء، يميل لونه إلى البني الأحمر الغامق وينخفض أدائه بدرجةٍ قليلة. ويُشحن الديازو ثنائي نيتروفينول المنتج صناعيًا مبدئيًا بما لا يقل عن أربعين في المئة من الماء أو كمزيج كحول بدل الماء طبيعته. ويمكن أن ينفجر مسحوق الديازو ثنائي نيتروفينول المحصور بعد تعرّضه للحرارة أو النار لفترةٍ طويلة. ويمكن تفعيله عن طريق التفريغ الإستاتيكي، ما يجعل من الصعب التعامل معه. وتتراوح سرعة تفجيره بين 4400 و6900 متر في الثانية تقريبًا وتختلف بحسب الكثافة والحصر. أما درجة حرارة تحلله فتتراوح بين 165 و195 درجة مئوية. وتُعتبر حساسية احتكاكه أقل من حساسية فُلمينات الزئبق والتريباروكسيد ترياسيتون وأزيد الرصاص. وتصل حساسية صدمة الديازو ثنائي نيتروفينول إلى 1.5 جول وتُعدّ الأبخرة التي تنبعث منه سامة ولاذعة.



الصورة 192. مسحوق أزيد الرصاص (المصدر: شركة بريمتون للاستشارات (ش.م.))



الصورة 193. أزيد الرصاص الناتج عن رد فعل سريع للغاية أدى إلى تحوّل البلّورات الصغيرة إلى قطع مرئية. إنّ الصبغة الوردية غير شائعة. (المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يشكّل أزيد الرصاص مادة صلبة بلورية متفجرة وعديمة اللون تظهر على شكل إبر رمادية فاتحة أو مسحوق أبيض. وينفجر عند درجة حرارة تتراوح بين 315 و360 درجة مئوية ولا يذوب في الماء. ويقاوم أزيد الرصاص الحرارة والرطوبة. وتزيد حساسيته مع حجم البلّورات. وتتراوح حساسية أزيد الرصاص النقي للصدمة بين 2.5 و4 جول وحساسية احتكاكه بين 0.1 و1 نيوتن بحسب كثافته وسرعة تفجيره بين 4630 و5180 متر في الثانية. ويتفاعل أزيد الرصاص عن طريق الصدمة أو الاحتكاك أو الشعلة أو مصادر الاشتعال الأخرى مع التحلّل السريع ويشكّل كميات هائلة من الغاز. كذلك تتفاعل هذه المادة مع النحاس أو الزنك أو الكاديوم أو السبانك المحتوية على هذه المعادن لتتشكّل أزيدات أخرى. لذلك يحظى اختيار وسيط التخزين ووعاء الحصر بأهمية حاسمة.

ويُعتبر أزيد الرصاص أقلّ سميّة من أزيد الصوديوم. وتعود سميّته إلى أيون الأزيد الذي يمكن أن يسبب انخفاض ضغط الدم والدوار والغثيان والانهيار. ويمكن أن يضرّ أزيد الرصاص بالكلّي والطحال ويؤدي إلى تشنجات قاتلة.

ويشكّل أزيد الرصاص خطورة كبيرة على إمدادات المياه، حتى إن تواجد بكميات ضئيلة. لذا يجب منع تسرّبه إلى المياه أو أنظمة الصرف الصحي أو التربة.



الصورة 194. استيفنات الرصاص (المصدر: شركة بريمتون للاستشارات (ش.م.))

استيفنات الرصاص مادة صلبة بلورية متفجرة، يتراوح لونها بين البرتقالي الأصفر والبني الغامق. ويُعدّ غير استرطابي وغير قابل للذوبان في الماء وقليل الذوبان في مادة الأسيتون. ويُعتبر استيفنات الرصاص (خاصة في البلورات الطويلة الرفيعة) حساساً بشكل خاص للهب والشرر الكهربائي ولا يتفاعل مع المعادن. بشكل عام، يتفاعل عن طريق الصدمة أو الاحتكاك أو الحرارة المرتفعة أو مصادر الاشتعال الأخرى مع التحلل السريع، مكوناً كميات كبيرة من الغاز. وتتراوح حساسية استيفنات الرصاص للصدمة بين 2.5 و5 جول، وتصل حساسية الاحتكاك إلى 1.5 نيوتن تقريباً. ويُعتبر استيفنات الرصاص حساساً للغاية إزاء التفريغ الكهروستاتيكي. وينفجر عند 260 درجة مئوية. ويمكن أن تصل سرعة تفجيره إلى 5200 متر في الثانية وفقاً لكثافته.

ويشكل استيفنات الرصاص خطورةً كبيرةً على إمدادات المياه، حتى إن تواجد بكميات ضئيلة. لذا يجب منع تسربه إلى المياه أو أنظمة الصرف الصحي أو التربة.

## فلمينات الزئبق الثنائي [Hg(CNO)<sub>2</sub>] أو سيانات الزئبق أو ثنائي فلمينات الزئبق



الصورة 195. فلمينات الزئبق (مبّئل)

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

إنّ فلمينات الزئبق مادة صلبة بلورية متفجرة، يتراوح لونها بين الأصفر الباهت والأبيض المائل إلى الرمادي وهي غير قابلة للذوبان في الماء. وعندما تجفّ، تكون حساسة للغاية إزاء الارتطام والصدمات والاحتكاك. وتستجيب للمنبّهات الخارجية الأخرى، على سبيل المثال الشرر والشعلات، مع التحلل السريع وتشكيل كميات كبيرة من الغاز. وتصل حساسية فلمينات الزئبق للصدمة من 1 إلى 2 جول فقط، ويمكن أن تصل سرعة تفجيره إلى 5000 متر في الثانية، بناءً على الكثافة. وتعتبر هذه المادة شديدة الحساسية إزاء الاحتكاك. وغالبًا ما تُخزّن في الماء وتُجفّف قبل استخدامها نظرًا لحساسيتها (أكبر من حساسية أزيد الرصاص). وتحتوي الأبخرة التي تنبعث منها على الزئبق السام. ويُقال إنّ التعامل مع فلمينات الزئبق آمن نسبيًا عندما يكون مبّئلًا.

وقد يحدث انفجار عندما يتلامس فلمينات الزئبق مع حمض الكبريتيك.

ويشكّل فلمينات الزئبق خطورة شديدة على إمدادات المياه، حتى إن تواجد بكميات ضئيلة. ويجب منع تسرّبها إلى المياه أو أنظمة الصرف الصحي أو التربة.

## ثلاثي يوديد النيتروجين [NI<sub>3</sub>]



الصورة 196. ثلاثي يوديد النيتروجين (مبّئل)

(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

ثلاثي يوديد النيتروجين مسحوق بلوري متفجر أسود اللون وغير مستقرّ للغاية. وينفجر جرّاء أدنى لمسة أو الحرارة الدافئة. فضلًا عن أنّه حساس بشكل لا يمكن السيطرة عليه تقريبًا عندما يكون جافًا. ولا يُعتبر ثلاثي يوديد النيتروجين عمليًا الاستخدام كمتفجّر مبتكر بسبب حساسيته.



الصورة 197. أسيتيليد الفضة  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

أسيتيليد الفضة مادة صلبة بلورية بيضاء متفجرة وغير قابلة للذوبان في الماء. إنها حساسة للغاية للصدمة وتبلغ نقطة اشتعالها حوالي 77 درجة مئوية وحساسيتها للصدمة أقل من 1 جول وحساسيتها للاحتكاك 0.1 نيوتن بسبب ميلها للتحلل في أثناء التخزين والحساسية. وليس لها تطبيقات تجارية.

### أزيد الفضة $[AgN_3]$



الصورة 198. أزيد الفضة  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

أزيد الفضة مادة صلبة متفجرة عديمة اللون على شكل إبر بلورية (تشكل القطع الموضحة في الصورة 198). ويغمق لونه عند تعرضه للضوء. إنه حساس للحرارة والاحتكاك والصدمات ولا يذوب في الماء. وتتراوح سرعة تفجيره بين 1000 و5000 متر في الثانية، وفقاً لكثافته وهندسة شحنته. ويبدأ أزيد الفضة في التحلل عند 270 درجة مئوية وينفجر عند تسخينه بسرعة لتصل درجته إلى 300 درجة مئوية. ولم يعد أزيد الفضة مستخدماً تجارياً بسبب تكلفة تصنيعه العالية وحساسيته إزاء الاحتكاك العالية جداً.

ومن المستبعد جداً أن يصادف موظفو الأعمال المتعلقة بالألغام أزيد الفضة نظراً لميله لمثل هذا التفجير التلقائي.

## أزيد الصوديوم [NaN<sub>3</sub>] أو أزويמיד الصوديوم أو ثلاثي نتريد الصوديوم أو سمايت (SMITE)



الصورة 199. أزيد الصوديوم  
(المصدر: قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني ©)

يُستخدم أزيد الصوديوم في الوسائد الهوائية مع عامل مؤكسد لإنشاء تفاعل مؤد للغاز. كذلك يُستخدم في الصناعة الكيميائية كمتفاعل. وعلى الرغم من أنه لا يمتلك خصائص المتفجرات الأولية، يستطيع موظفو الأعمال المتعلقة بالألغام مواجهته فيستخدموه لإنتاج أزيدات أخرى مثل أزيد الرصاص. ويُعتبر أزيد الصوديوم مادة صلبة بلورية قابلة للاحتراق، بيضاء وعديمة اللون. إن هذه المادة شديدة الذوبان في الماء وحساسة إزاء الرطوبة. وتصل نقطة اشتعالها إلى 300 درجة مئوية تقريباً. ويمكن أن تسبب انفجارات الغبار.

ولا يجوز أن يتلامس أزيد الصوديوم مع المعادن غير الحديدية لأن هذا يؤدي إلى تكوين أزيدات معدنية حساسة للصدمة والاحتكاك. وفي حال لزممت حاويات التخزين، يمكن استخدام المواد المناسبة كألزجاج أو الفولاذ المقاوم للصدأ أو البلاستيك.

ويُعتبر أزيد الصوديوم شديد السمية لأنه يتسبب في تهيج الأغشية المخاطية والجلد واضطرابات وظيفية في الجهاز العصبي المركزي والجهاز القلبي الوعائي فضلاً عن التغيرات الأيضية.

ويشكل أزيد الصوديوم خطورة جسيمة على إمدادات المياه. لذلك يجب منع تسربه إلى أنظمة المياه والصرف الصحي أو الأرض.

## رباعي أمين كلورات النحاس الثنائي [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] أو نحاس شيرتبييه (TACC)



إن رباعي أمين كلورات النحاس الثنائي متفجر أولي مبتكر وهو حساس للصدمات واللهب، ويتحلل عند الصدمات.

## تترازين [C<sub>2</sub>H<sub>8</sub>N<sub>10</sub>O] أو 1-تتراسين



التترازين مادة صلبة متفجرة بلورية وصفراء فاتحة اللون ذات مظهر ناعم. ولا يذوب في الماء أو الكحول أو الأثير أو البنزول. وتُعتبر فعالية التترازين كبدائى منخفضة لكن يمكن استخدامه في المفجرات عندما يُطلق بواسطة متفجر أولي آخر يعمل كمعزز وسيط. وعند مزجه مع متفجر أولي آخر، يزيد من حساسية الأخير إزاء اللهب أو الحرارة. ويبدأ التترازين في الاحتراق عند 140 درجة مئوية وتبلغ حساسيته للصدمة 1 جول تقريباً.

ويمكن أن يتسبب التترازين في تهيج العينين ويضر عند استنشاقه أو ابتلاعه. ويؤدي استنشاق تركيزات عالية منه إلى صعوبة في التنفس، أما ابتلاعه فقد يتسبب في حدوث غثيان وقيء وإمساك وتشنجات وانزعاج في المعدة.

# 10. اعتبارات السلامة العامة

يقدم هذا القسم نظرة عامة على اعتبارات السلامة العامة عند مواجهة العبوات الناسفة يدوية الصنع، والمواد الكيميائية المهجورة (على سبيل المثال، في مواقع التخزين المستخدمة صناعياً سابقاً)، أو مواقع التصنيع المهجورة أو مخزونات الذخيرة في أثناء عمليات الأعمال المتعلقة بالألغام.

ولا يتمثل الهدف في إعادة التأكيد على المعايير الراسخة لحماية الموظفين من مخاطر المتفجرات بما أنّ المعايير الدولية للأعمال المتعلقة بالألغام (IMAS) تغطيها بشكل شامل ودليل المبادئ التوجيهية التقنية الدولية بشأن الذخيرة (IATG) والمعايير الوطنية للأعمال المتعلقة بالألغام، فضلاً عن إجراءات التشغيل القياسية (SOP). بدلاً من ذلك، يركز هذا القسم على الخيارات لمواجهة المخاطر الصحية التي تشكلها العبوات الناسفة يدوية الصنع أو المواد الكيميائية على موظفي الأعمال المتعلقة بالألغام.

**تحذير.** تُحدّد وتتفرد تدابير السلامة المطلوبة لمنع الأضرار الحادة أو المزمنة التي تؤثر على جسم الإنسان أو الحياة العضوية أو البيئة بالنسبة إلى الكثير من المواد الكيميائية والمخاطر البيولوجية (مثل المواد الناتجة عن تحلل المواد العضوية).

وتُعدّ قواعد بيانات المواد وصحائف بيانات السلامة مصدرًا موصى به للحصول على معلومات شاملة مطلوبة عند مواجهة مواد كيميائية. وتتضمّن صحائف بيانات السلامة تفاصيل عن معدات الوقاية الشخصية (PPE) المطلوبة عند التعامل مع مادة كيميائية معينة. وإذا كان نوع المواد الكيميائية المحتمل مواجهتها معروفاً، فيجب استخدام صحائف بيانات السلامة لتحديد معدات الوقاية الشخصية المطلوبة عند إعداد مهمة محددة. وبشكل عام، يجب أن تغطّي إجراءات التشغيل الموحدة الخاصة بالمنظمة إرشادات السلامة عند مواجهة تهديدات كيميائية غير معروفة لكن غير قابلة للانفجار.

## 10.1 قواعد السلامة الأساسية واعتباراتها

يصف هذا القسم الفرعي قواعد السلامة الأساسية والاعتبارات المتعلقة بالمخاطر غير المتفجرة للمواد المتفجرة يدوية الصنع و/أو سلائفها

### 10.1.1 اعتبارات السلامة

لا تُعرض المواد المتفجرة يدوية الصنع أو سلائفها الموظفين لمخاطر المتفجرات فحسب. فبعض المواد أو المركبات المستخدمة في تصنيعها حساسة فيزيائياً، والبعض الآخر شديدة التآكل أو مُسرطنة أو سامة. وقد يتسبّب التعرض لها في آثار قصيرة المدى مثل تهيج الجلد أو يؤدي إلى مشاكل صحية أخطر على المدى الطويل مثل السرطان، كما هو الحال في حالة النيتروبنزين مثلاً. علاوةً على ذلك، إنّ امتصاص بضعة مليغرامات أو أقل من بعض المواد الكيميائية أو استنشاقها أو ابتلاعها قد يفتك بالإنسان.

**تحذير.** يمكن أن يحدث امتصاص المواد عن طريق التنفس أو الأغشية المخاطية أو الجلد أو الجهاز الهضمي. لذا، يجب اتخاذ تدابير الوقاية لتفادي طرق الامتصاص الأربعة كافة.

تتنوّع الممارسات الجيدة المطبّقة من أجل مواجهة المخاطر التي تشكلها العبوات الناسفة يدوية الصنع والمواد الكيميائية وقد يُنفذ بعضها على أساس انتقائي فحسب. كقاعدة عامة، يجب أن يحدث التعامل مع العبوات الناسفة يدوية الصنع والمواد الكيميائية عند اتخاذ تدابير السلامة المناسبة فحسب. ويجب تدريب الموظفين على المهارات المناسبة للتعامل مع المواد الخطرة. فيجب أن تشمل هذه المهارات إجراءات الإسعافات الأولية واستخدام معدات الإسعافات الأولية حسب الاقتضاء عند معالجة حالات التلوث المتوقعة.

لا يجوز أن تغطي اعتبارات السلامة الموظفين فحسب، بل يجب أن تغطي أيضًا الحماية البيئية والتدابير لضمان السلامة العامة من المخاطر غير المتفجرة أيضًا. ويجب أن تكون تقنيات وإجراءات التخلص مصممة وفقًا للمواد المتفجرة يدوية الصنع والمواد الكيميائية المحددة.

**ممارسة جيدة.** قد تشمل الاستجابة البيئية عمليات التنظيف من المواد الخطرة ومخلفاتها. 




الصورة 200. العثور على مواد كيميائية تلوث البيئة. ويُرجح التعرض للغبار و/أو الجزيئات. ويمكن أن يحدث الامتصاص عن طريق التنفس أو الأغشية المخاطية أو الجلد أو الجهاز الهضمي. ويساعد تقييم مخاطر المواد الكيميائية في اختيار معدات الوقاية الشخصية والتدابير المناسبة لتقليل أثرها على البيئة (المصدر: المؤسسة السويسرية لمكافحة الألغام)

يجب إبعاد كلّ الأجهزة المولدة للهب أو الشرر عن العبوات الناسفة يدوية الصنع أو سلائفها الكيميائية. ويجب استخدام المعدات والملابس التي لا تولد الكهرباء الساكنة، لأنّ التفريغ الكهروستاتيكي يؤدي إلى إطلاق متفجرات مبتكرة. وفي المناطق غير الملوثة، يوصى بالملابس القطنية والأحذية ذات النعال المطاطية. ويجب أن تطابق المعدات المعايير المقاومة للانفجار. ولا يجوز أن تؤدي حركة الموظفين (المشي) أو الوسائل البعيدة (المسارات أو العجلات) إلى ضغط غير ضروري تتعرض له العبوات الناسفة يدوية الصنع أو سلائفها.

**تحذير.** يجب دائمًا اعتبار العبوات الناسفة يدوية الصنع على أنها مواد شديدة الحساسية والحوية. 

عند مواجهة العبوات أو الحاويات، قد يلزم إجراء بحث إضافي بالإضافة إلى الدعم الفني قبل التمكن من تحديد المخاطر. وتستخدم العبوات والأغلفة أحيانًا بدون علامات أو تُمَيِّز أو تُستخدم ثانيةً بشكل خاطئ. فلا بدّ من فهم سلسلة التوريد المحليّة ومعرفة الأسماء والعلامات المستخدمة محليًا أو إقليميًا للسلائف الشائعة.

**ملحوظة.** يجب اعتبار السلاسل التفجيرية، بما في ذلك مزيج من المركبات التجارية والعسكرية والعبوات الناسفة يدوية الصنع التي لا يمكن فصلها، على أنها عبوات ناسفة يدوية الصنع في مجملها. 





الصورة 201. العبوات الخضراء للمواد الكيميائية المعاد استخدامها كشحنات رئيسية قبل التخلص منها  
(المصدر: المؤسسة السويسرية لمكافحة الألغام)

لا يجوز خلط العبوات الناسفة يدوية الصنع والمواد الكيميائية، لأنّ المواد قد تتفاعل بشكلٍ خطير أو تنفجر عند ملامستها لبعضها الآخر. ويجب تحديد المواد الكيميائية والعبوات الناسفة يدوية الصنع بصورةٍ أكيدة قبل مواصلة المعالجة. ويوصى بمعالجة المتفجرات أو المواد الكيميائية السائبة غير المعروفة كما لو كانت من العبوات الناسفة يدوية الصنع إلى أن تُحدّد بصورةٍ أكيدة.

تُرد مجموعات المواد الكيميائية التي قد تتفاعل عند ملامستها لبعضها الآخر والمخاطر الناتجة المحتملة في الجدول 12:

الخطر	المادة الكيميائية	
احتراق تلقائي	معادن	أحماض
تفاعل طارد للحرارة (توليد حرارة)	قلويات	أحماض
حريق/ انفجار	مواد عضوية	مؤكسد
سام، كيريتيد الهيدروجين	أحماض	الكبريتات
احتراق تلقائي	ماء	المعادن القلوية
شديد الاشتعال، تشكيل غاز الأسيتيلين	ماء	كربيدات
احتراق تلقائي	محاليل مائية	مسحوق معدني
احتراق تلقائي	هواء/أكسجين	مسحوق معدني
سام، كيريتيد الهيدروجين	مواد عضوية	حمض النيتريك
سام، كيريتيد الهيدروجين	معادن	حمض النيتريك

الجدول 12. لمحة عامة عن التفاعلات الخطرة المحتملة بين المواد الكيميائية

يجب تنفيذ تدابير لمنع الانبعاث العرضي للمواد الكيميائية وكذلك لمنع الحرائق. وقد تختلف هذه التدابير بناءً على مصدر الخطر أو سمّيته. ويجب أن تتضمن التدابير الدنيا الافتراضية والمخطط لها مسبقاً ما يلي:

- تحديد المنطقة المهدّدة وتطهيرها وتحذير السكان المحليين في المنطقة المتضرّرة؛
- دخول منطقة ملوّثة بمعدات واقية مناسبة حصراً؛
- التأكد من توفرّ مادة رابطة عالمية (عامل ماص ومعدّل للأحماض المنسكية). ويجب التخلّص من المواد الرابطة ومواد التطهير وفقاً لأنظمة الحماية البيئية؛
- التأكد من تهوية الغرف وتنظيف الأجسام والأرضيات الملوّثة في حال تسرّب المواد الكيميائية داخل بنية تحتية مغلقة.

## 10.1.2 الصحة والسلامة في العمل

يجب تطبيق الأنظمة السارية في الصناعات التي تتعامل مع العوامل الكيميائية عند مواجهة العيوب النافسة يدويّة الصنع و/أو السلانف الكيميائية، وذلك للحرص على تقليل التعرّض للعناصر السامة. ويجب اتّباع قواعد النظافة الشخصية بصرامة.

وتشمل الأنظمة التي تستخدمها الصناعات ما يلي:

- لا يُسمح بالعناصر المعروفة بالمنوعات (مثل الطعام والشراب أو أعواد الثقاب أو الأدوية) ضمن المناطق الملوّثة ومناطق العمل<sup>62</sup>. ويجب إنشاء مناطق مناسبة لهذا الغرض.
- تجنّب ملامسة المواد الكيميائية للجلد. ويلزم تنظيف الجلد في حال ملامسته لمادة كيميائية.
- منع استنشاق الأبخرة أو البخاخات.
- الحد من ملامسة الملابس أو معدّات الوقاية الشخصية. فيجب تغيير الملابس الملوّثة وتنظيفها جيّداً. ولا بدّ من أن تدرك أنّ بعض المواد الكيميائية لا يجوز تنظيفها بواسطة الماء. وإذا استُخدمت معدّات الوقاية الشخصية، فلا ينبغي أن تكون كبيرة الحجم أو فضفاضة بل مناسبة. ويلزم تدريب العمّال على استخدام معدّات الوقاية الشخصية.
- تغيير ملابس العمل قبل فترات الراحة إذا كانت ملوّثة.
- يجب توفير مرافق تخزين منفصلة لملابس الشوارع والعمل إذا تشكّل خطر تلوّث ملابس العمل.
- تنظيف البشرة بالماء والصابون قبل فترات الراحة وعند نهاية العمل.

<sup>62</sup> يمكن الاطلاع على قائمة بالمنوعات في دليل المبادئ التوجيهية التقنية الدولية بشأن الذخيرة (IATG) 6.10 ، البند 5.3، الملحق ج.

## 10.2 معَدَات الوَقَايَةِ الشَّخْصِيَّةِ وَالْمَعَدَاتِ الْأَمْنَةِ الْإِسْتِعْمَالِ

إنَّ استخدام معَدَات الوَقَايَةِ الشَّخْصِيَّةِ موصوفٌ جيِّدًا ومنظَّمٌ في قطاع الأعمال المتعلِّقة بالألغام. ويهدف هذا القسم الفرعي إلى وصف الاعتبارات الأساسية لمعدَات الوَقَايَةِ الشَّخْصِيَّةِ لمُواجَهَةِ الأخطار غير المتفجِّرة والسامة والكابوية الناجمة عن العيوب النافسة يدويَّة الصَّنَعِ أو المواد الخام أو العوامل البيولوجية مثل تلك التي تنتقل عن طريق الجثث.

### 10.2.1 استخدام معَدَات الوَقَايَةِ الشَّخْصِيَّةِ وَالْمَعَدَاتِ الْأَمْنَةِ الْإِسْتِعْمَالِ

إنَّ معَدَات الوَقَايَةِ الشَّخْصِيَّةِ هي المعَدَات والملابس التي يجب أن يرتديها وأن يحتفظ بها الموظفون في العمل والتي تحميهم من خطر واحد أو أكثر على السلامة والصحة<sup>63</sup>.

ويمكن أن تكون معَدَات الوَقَايَةِ الشَّخْصِيَّةِ المصمَّمة لمُواجَهَةِ الأخطار الكيميائية أو البيولوجية أو غيرها من المخاطر محددة تمامًا. ويمكن أيضًا أن يشمل صندوق معَدَات الوَقَايَةِ الشَّخْصِيَّةِ الأقفعة وأجهزة التنفس. وقد يؤدي العمل في الأماكن الملوثة أو المحصورة إلى زيادة عدد معَدَات الوَقَايَةِ الشَّخْصِيَّةِ اللازمة على سبيل المثال، معَدَات مُواجَهَةِ الامتصاص عن طريق الاستنشاق.

ويمكن شراء معَدَات الوَقَايَةِ الشَّخْصِيَّةِ المصمَّمة لمُواجَهَةِ المخاطر غير المتفجِّرة أو السامة أو الكابوية من خلال المزوِّدين المتخصصين في حماية البيئة أو عبر الموردين للصناعة الكيميائية أو عبر المتاجر عبر الإنترنت.

وتوضَّح الصورتان 202 و203 المواقف التي يمكن أن يتعرَّض فيها موظفو الأعمال المتعلِّقة بالألغام للمخاطر غير المتفجِّرة أو السامة أو الكابوية، بالإضافة إلى المخاطر المتفجِّرة عن طريق المواد الكيميائية أو الحاويات غير معروفة المحتوى.



الصورة 202. مادة تبيِّن تعرُّضًا محتملاً لنترات الأمونيوم. ويمكن امتصاص نترات الأمونيوم عن طريق التنفس أو الجلد إذا لم تكن محميًا. ويمكن أن يؤدي غبار نترات الأمونيوم الذي تحركه الرياح إلى تهيج العينين أو الأغشية المخاطية أو الجهاز التنفسي (المصدر: مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية)

<sup>63</sup> IMAS 04.10 قاموس بالمصطلحات والتعريفات والاختصارات لأعمال المتعلِّقة بالألغام، الطبعة الثانية، التعديل 10، شباط/فبراير 2019



الصورة 203. العثور على حاويات وبراميل متعددة غير معروفة المحتوى إلى جوار مصنع أنسجة سابق في مدينة الموصل العراقية بواسطة كلب الكشف عن المتفجرات (المصدر: مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية)

يمكن أن يدعم تقييم مهمة مخطط لها اختيار معدات الوقاية الشخصية، على سبيل المثال في ما يتعلق بالمستوى المطلوب من الوقاية ضد المواد الكيميائية أو استخدام معدات الوقاية الشخصية التي يمكن التخلص منها أو التي يُعاد استخدامها. وقد يشمل هذا التقييم الأسئلة التالية:

- ما هي الأنشطة التي تُنفَّذ؟
- ما هي إجراءات العمل المُستخدمة؟
- ما هي المواد الخطرة / العوامل البيولوجية المتوقَّعة؟
- ما كمية المواد الخطرة / العوامل البيولوجية المتوقَّعة؟
- في أي حالة فيزيائية أو في أي شكل تحدث المادة الخطرة / العامل البيولوجي؟
- إلى أي مدى أو بأي شكل يحدث التلامس مع مادة خطرة / عامل بيولوجي؟
- ما مدة ومدى كثافة التلامس مع المادة الخطرة / العامل البيولوجي؟
- هل تتعرَّض معدات الوقاية الشخصية لضغط ميكانيكي؟
- هل يُمكن تخزين معدات الوقاية الشخصية المستعملة وتنظيفها؟
- هل يُمكن تطهير معدات الوقاية الشخصية المستخدمة؟
- هل يُمكن التخلص من معدات الوقاية الشخصية المستعملة بشكلٍ سليم؟

لا يجوز أن تعرَّض معدات الوقاية الشخصية موظفي الأعمال المتعلقة بالألغام لمخاطر إضافية، مثلًا عن طريق حجب مجال رؤيتهم أو إعاقة تنقلهم عند إجراء المسح أو البحث أو التطهير أو التخلص.

**ملحوظة.** قد يتطلب استخدام معدّات الوقاية الشخصية المحددة تدريجيًا إضافيًا. 

**تلميح.** لا يجوز أبدًا أن تكون معدات الوقاية الشخصية أكثر تقييدًا من اللازم. 

**تحذير.** بالنسبة إلى عناصر معدات الوقاية الشخصية كافة، يجب احترام القيود الزمنية المحددة للتعرض للمواد الكيميائية (ما يؤدي إلى اختراق المواد معدات الوقاية الشخصية). وإذا بلغ هذا الحد بعد ملامسة المواد ذات الصلة، فيجب تبديل الملابس الواقية على الفور.



**ممارسة جيدة.** يجب إتاحة معدات الوقاية الشخصية للمستجيبين الأولين في حالة الطوارئ. ويجب أن تُنظف معدات الوقاية الشخصية يوميًا بعد الاستعمال. وقد يلزم استعمال أنواع محددة من معدات الوقاية الشخصية في أثناء تنظيف معدات الوقاية الشخصية الملوثة. ويجوز استخدام المعدات المنظفة ومعدات الوقاية الشخصية، وخصوصًا عند العمل في مناطق مختلفة ملوثة بمخاطر كيميائية مختلفة.



ويجب أن يقوم موظفون معتمدون فحسب بأعمال صيانة معدات الوقاية الشخصية.

يوصى بإبقاء معدات الوقاية الشخصية المستعملة منفصلة عن المعدات الجديدة غير المستعملة حتى بعد تنظيفها وتطهيرها.

## 10.2.2 اعتبارات خاصة بمعدات الوقاية الشخصية المحددة

تُرد في ما يلي تفسيرات حول معدات الوقاية الشخصية التي تحمي الجذع والرأس والأطراف والجهاز التنفسي والعينين والأيدي من المخاطر غير المتفجرة و/أو السامة و/أو الكاوية.

### معدات الوقاية الشخصية لحماية الجسم (بدلات المواد الخطرة)

تعتبر حماية الجسم ضرورية لمنع تعرض أنسجة الجسم والأعضاء الخارجية المباشر لخطر ما، مثل خطر سام. وتدعم منع امتصاص مادة كيميائية عبر الجلد و/أو الأغشية المخاطية. ويمكن حماية الجسم، بالإضافة إلى بدلات الوقاية الكيميائية، من خلال ارتداء قناع أو قفازات أو أحذية طويلة لتحقيق مستوى الوقاية المطلوب.

وتغطي حماية الجسم المناسبة بالنسبة إلى المخاطر المتعلقة بالمواد الكيميائية مجموعة واسعة من المعدات، بدءًا من المآزر الواقية وصولاً إلى بدلات الوقاية الكيميائية التي يجب أن تُصمم وفقًا للمخاطر وحجم الشخص الذي يستخدمها.

وتُختبر بدلات الوقاية الكيميائية، كسائر معدات الوقاية الشخصية، وفقًا للمعايير (الوطنية) ذات الصلة والمتطلبات الخاصة بكل منها في ما يتعلق بالغاز والسوائل. ومن بين التأثيرات الأخرى، تُختبر مقاومة هذه البدلات للتآكل والتآكل والتمزق وقوة الشد واختراق المواد الكيميائية. ويُميز بين الأنواع المختلفة على النحو التالي:

- بدلة واقية كيميائية مُحكمة ضد الغاز، بما في ذلك:
  - بدلة واقية كيميائية مُحكمة ضد الغاز مع إمدادها بهواء تنفّس مستقل عن الهواء المحيط ويُلبس في البدلة.
  - بدلة واقية كيميائية مُحكمة ضد الغاز مع إمدادها بهواء تنفّس مستقل عن الهواء المحيط ويُلبس خارج البدلة.
  - بدلة واقية كيميائية مُحكمة ضد الغاز مع إمدادها بهواء التنفّس بالضغط الزائد.
- بدلة واقية كيميائية غير مُحكمة ضد الغاز.
- الملابس الواقية من المواد الكيميائية السائلة (مُحكمة ضد السوائل).
- الملابس الواقية من المواد الكيميائية السائلة (مُحكمة ضد الرذاذ).
- الملابس الواقية من جزيئات المواد الكيميائية الصلبة (الدقيقة و/أو المُبعثرة).
- الملابس الواقية المُحكمة ضد الرذاذ (لفترة محدودة).

ويمكن ان تؤمن البدلات الواقية الكيميائية الحماية ضد أخطار المواد الكيميائية السائلة والمرشوشة والصلبة مثلًا. وعلاوة على ذلك، تتوفر أيضًا معدات الوقاية الشخصية ذات الخصائص المضادة للسكون أو الملابس الواقية من العوامل المعدية أو المخاطر البيولوجية.

**تحذير.** تعتمد فعالية معدّات الوقاية الشخصية ذات الخصائص المضادة للسّكون على رطوبة الهواء.



**تلميح.** إذا كانت معدّات الوقاية الشخصية ذات الخصائص المضادة للكهرباء الساكنة مُعتمدة وفقاً للمعيار الأوروبي ١١٤٩-٥، فإن وظيفة المعدات المضادة للسّكون مضمونة لمستوى رطوبة أعلى من ٢٥ في المئة فحسب.



يجب معرفة الحد الأقصى للوقت وأخذه بالاعتبار عند تنفيذ المهام قبل خرق مادة كيميائية خطيرة للباس أو الأغلفة الواقية (الحد الزمني للمقاومة، اختراق المادة الكيميائية) لأنّ هذا يؤدي إلى فقدان معدات الوقاية الشخصية فعاليتها. وتوفّر الشركات المصنّعة لمعدات الوقاية الشخصية هذه البيانات التي تستند إلى كلّ من المواد الكيميائية المؤثّرة والمواد المستخدمة.

وعلى الرغم من أنّ الموظفين المدربين يهتمون بصيانة الملابس الواقية الكيميائية وإصلاحها، يتعيّن فحص بدلات الوقاية الكيميائية للتأكد من خلوّها من السّحابات المُعيبة أو الثّقوب أو الشقوق قبل استخدامها. وينطبق هذا على كلّ الملابس الواقية التي يمكن التخلّص منها والتي يمكن إعادة استخدامها. وقد تتضرّر أيضاً الملابس الواقية الكيميائية الجديدة وغير المستخدمة بسبب الإهمال في فتح العبوات. لذلك، يجب إجراء فحص بصري قبل ارتداء الملابس الواقية غير المستخدمة للمرّة الأولى.

وقد يكون استخدام الملابس الداخلية أو الملابس المثبّطة للهب مناسباً لتقليل أثر الاحتراق الحراري أو الاشتعال أو التفجير على جسم الإنسان.

### معدات الوقاية الشخصية لحماية الجهاز التنفسي

تهدف حماية الجهاز التنفسي إلى منع الامتصاص عن طريق الأغشية المخاطية والرئتين.

لذا تمسّ الحاجة إلى تصميم المرشحات والأقنعة لمواجهة مواد ملوّثة محدّدة. ولضمان ذلك، ينبغي معرفة نوع التلوّث وخصائصه. ويجب إبلاغ موظفي الأعمال المتعلّقة بالألغام بالخصائص الوقائية للمرشحات وكيفية تحديدها (العلامات والتسميات مثلاً) بالإضافة إلى القيود المفروضة على معدات وقاية الجهاز التنفسي ونطاق استخدامها.

ويجب استخدام مرشحات الغاز ضد الملوثات مثل الغازات والأبخرة فحسب، بينما تُستخدم مرشحات الجزيئات لمواجهة ملوثات الجزيئات. وإذا تُوقّع حدوث تلوث بالغازات والجزيئات، فيجب استخدام مرشحات مركّبة أو أنظمة ترشيح مشتركة.

وقد يُعتبر لازماً استخدام جهاز إعادة التنفس في حالة الطوارئ مثل إطلاق غير مقصود لمادة ما أو إذا تم تجاوز حدود التركيز. وقد تمسّ الحاجة أيضاً إلى هذه المعدات إذا نَقَصَ تركيز الأكسجين في هواء التنفّس عن مستوى معيّن (١٧ في المئة).

### معدات الوقاية الشخصية لحماية العينين

تتوفّر أنواع مختلفة من النظّارات ومعدّات وقاية العينين. ويجب ارتداء واقي العينين المناسب، أي الذي يقاوم تأثيرات المواد الكيميائية الأكّالة. وإذا كان الوجه أيضاً في خطر، فيجب استخدام شاشة وقاية إضافية.

ويجب ارتداء قناع كامل للوجه في حال وجود أبخرة أو أهباء تُلحق الضّرر بالعينين.

## معدات الوقاية الشخصية لحماية اليدين

بشكل عام، يجب استخدام القفازات الواقية. ويجب أن تكون مادة القفازات غير منفذة بما يكفي ومقاومة للمادة المتوقعة العثور عليها. كذلك ينبغي الحصول على القفازات من مصنع مُعتمد.

ويُعتبر جوهرياً فحص القفازات للتأكد من عدم التسرّب قبل الاستخدام. وإذا كانت ملوثة، فيلزم تنظيفها مسبقاً قبل خلعها والتخلّص منها. ويجب تخزين القفازات القابلة لإعادة الاستخدام في مكان جيّد التهوية.

وينبغي معرفة الحد الأقصى للوقت وأخذه بالاعتبار عند تنفيذ أي مهمة قبل أن تحترق مادة كيميائية خطيرة القفاز لأنّ هذا يؤدي إلى فقدان القفاز فعاليته. فعلى سبيل المثال، تحترق مادة الأسيثون القفازات المطاطية الطبيعية في غضون عشر دقائق.

**تحذير.** في حال وجود بعض المواد مثل البيروكسيدات أو الأحماض تكون القفازات المصنوعة من القماش أو الجلد غير مناسبة بتاتاً. فعلى سبيل المثال، لا تناسب قفازات القطن أو قفازات نومكس (Nomex®) عند التعامل مع حامض النيتريك المسكوب أو حامض الكبريتيك، ولا تناسب القفازات الجلدية عند التعامل مع بيروكسيد الهيدروجين (بتركيز غير معروف).

وبالنسبة إلى لقفازات، تُعدّ القيود الزمنية للمقاومة التي قدّمها المُصنّع قيماً قياسيةً تستند إلى درجة حرارة 22 درجة مئوية والتلامس الدائم مع الخطر. وتقلّ درجات الحرارة المتزايدة ومدة ارتداء القفازات من وقت الاختراق.

وإذا راودك الشك، ينبغي عليك الاتصال بالمصنّع. وإذا كان سمك القفاز تقريباً 1.5 مرة أسمك أو أصغر من النموذج المكافئ الذي قدّمت المعلومات عنه، يتضاعف/ ينخفض إلى النصف على التوالي وقت الاختراق ذات الصلة. وتتنطبق بيانات الخطر على المواد النقية فحسب، فيجب اعتبار البيانات كدليل إرشادي حصراً عند مزجها بموادٍ أخرى.

## 10.3 التخزين المؤقت للعبوات الناسفة يدوية الصنع والمواد الكيميائية

يُنظَّم تخزين الذخائر والمتفجرات والمواد النشطة ونقلها بشكلٍ جيّد. وطُوّرت إجراءات التشغيل القياسية (SOPs) والحلول القوية في ما يتعلق بتخزين البضائع الخطرة ونقلها. يوضّح هذا القسم الفرعي بعض الممارسات الجيدة للتخزين المؤقت للعبوات الناسفة يدوية الصنع والمواد الكيميائية المصمّمة لمنع الحوادث الخطرة بسبب التخزين السيئ.

وتقدّم **المبادئ التوجيهية التقنية الدولية بشأن الذخيرة (IATG)** دعمًا عالي الجودة للإدارة الملائمة للذخيرة. وتُعتبر النصائح الكثيرة التي تقدّمها المبادئ التوجيهية التقنية الدولية بشأن الذخيرة (IATG) ذات فائدة كبيرة عند الاضطرار إلى تخزين العبوات الناسفة يدوية الصنع والسلائف الكيميائية.

وتتناول "توصيات الأمم المتحدة بشأن نقل البضائع الخطرة" تنظيم نقل البضائع الخطرة في ما يتعلق بالحكومات والمنظمات الدولية. وطُوّرت التوصيات في ضوء التقدّم الفني وظهور مواد معدّات جديدة ومتطلّبات أنظمة النقل الحديثة والأهم من ذلك، متطلبات ضمان سلامة الأشخاص والأشخاص والممتلكات والبيئة.

**ملحوظة.** لأغراض هذا المنشور، يُعرّف التخزين المؤقت بأنه حفظ المواد الخطرة في حاويات أو عبوات مغلقة في منشأة مخصصة لهذا الغرض. ويُعرّف التخزين بأنه حفظ السلع الخطرة في منشآت طُوّرت لهذا الغرض، كما هو الحال في منشآت الصناعة أو إدارة النفايات.



**تلميح.** يمكن الحصول على معلومات شاملة عن نقل الذخيرة والسلع الخطرة في "توصيات الأمم المتحدة بشأن نقل البضائع الخطرة" و"الاتفاقية الأوروبية المتعلقة بالنقل الدولي للبضائع الخطرة على الطرق (ADR)". وتقدّم المبادئ التوجيهية التقنية الدولية بشأن الذخيرة (IATG) الملحق د ملخصًا لهذه الأنظمة.



### 10.3.1 اعتبارات عامة بشأن التخزين للعبوات الناسفة يدوية الصنع والمواد الكيميائية

ينظّم القانون المحلي تخزين المتفجرات والمواد الكيميائية. كذلك تنظّم قوانين وموجبات مماثلة التخزين المؤقت. بشكل عام، طُوّرت الأطر المعيارية الخاصة بتخزين المواد الخطرة (الصلبة والسائلة والغازية) لتنظيم تخزينها في حاوياتها الأصلية (مثل البراميل أو الزجاجات أو الأكياس). ويمكن أن تكون هذه الأطر معقّدة للغاية وتغطّي مجموعة متنوّعة من المواد، مميّزةً بين الخصائص المتفجرة والمخاطر الأخرى. وعلى الرغم من أنّ المتطلّبات القانونية لتخزين المواد الخطرة قد تختلف من بلد إلى آخر ويمكن أن تكون معقدة، فإنّ الكثير من الأنظمة تقدّم إرشادات ملموسة. ويجب على منظمات الأعمال المتعلّقة بالألغام تقييم أي أخطار كجزء من تقييم الأخطار واتخاذ التدابير الوقائية المناسبة.



يجب تحديد مواجهة العبوات الناسفة يدوية الصنع والمواد الكيميائية على أنها أخطار في خلال مراحل التخطيط المبكرة. وينبغي إعطاء الأولوية للتخلص الفوري منها أو تخزينها في منشأة لإدارة النفايات.

**ممارسة جيدة.** يُعتبر خطر العبوات الناسفة يدوية الصنع خطرًا متفجرًا بما أنه مختلط بالفعل كمادة متفجرة. وتغطي المبادئ التوجيهية التقنية الدولية بشأن الذخيرة (IATG) مبادئ وممارسات التخزين الجيدة. وينبغي دائمًا تخزين العبوات الناسفة يدوية الصنع باستخدام أنظمة مجموعة التوافق "L" بما في ذلك عندما تُؤخذ بالاعتبار ظروف التخزين وتكون العبوات الناسفة يدوية الصنع آمنة للنقل. ويجب دائمًا تخزين العبوات الناسفة يدوية الصنع بشكل منفصل عن جميع المواد التي تنتمي إلى مجموعات التوافق الأخرى، وكذلك عن جميع المواد الأخرى من الأنواع المختلفة لمجموعة التوافق وقسم الأخطار 1.1 (يشير قسم الأخطار 1.1 إلى المواد والأشياء التي تشكل خطر الانفجار الشامل).

ويعتمد قرار توفير التخزين المؤقت إلى حد كبير على تفويض المنظمة والوضع الإقليمي والظروف الأخرى مثل الوصول إلى منشآت إدارة النفايات. غير أن التخزين القصير الأجل للعبوات الناسفة يدوية الصنع والمواد الكيميائية يتطلب معايير دنيا للتخزين والسلامة أيضًا. ويجب أن تشمل المتطلبات التي يجب مراعاتها عند التخزين المؤقت للمواد الكيميائية المجمعة والعبوات الناسفة يدوية الصنع ما يلي:

- منع المزيد من تلوث البيئة؛
- حماية المواد المخزنة من العوامل الجوية والتأثيرات الخارجية الأخرى؛
- الحماية من الوصول غير المصرح به إلى العبوات الناسفة يدوية الصنع والمواد الكيميائية؛
- تأمين موقع التخزين ضد الدخول غير المصرح به؛
- مراعاة إجراءات السلامة اللازمة عند التعامل مع المواد الخطرة.

تُجهز بعض المنشآت المحترفة لإدارة النفايات (ليس كلها) بوسائل مناسبة لتخزين المواد الكيميائية ومعالجتها. ولربما أُسست في الواقع شركات متخصصة في إدارة النفايات الكيميائية. ولا يمكن ضمان استخدام هذه المنشآت اعتمادًا على الموقع والبنية التحتية المتاحة. فقد تدفع ضرورة تخزين العبوات الناسفة يدوية الصنع والمواد الكيميائية بمنظمات الأعمال المتعلقة بالألغام لتصميم مواقع تخزين مؤقتة بدرجة أكبر من الحماية وإطارات زمنية أطول. ويجب أن يمنع تصميم موقع التخزين المؤقت أي ضرر للبيئة والسكان المحليين.



الرسم 8. مبادئ تخزين البضائع الخطرة (المصدر: مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية)

تتبع ممارسات التخزين الجيدة للمواد الخطرة مبدأ تقليل المخاطر والامتثال للأنظمة القانونية وتطبيق أحدث التقنيات الراهنة والعملية. يُنصح بتطوير مبدأ تخزين شامل في عملية التخطيط لضمان اتباع هذا النهج وتنفيذه.

وينبغي على مبدأ التخزين الشامل أن:

- يراعي الظروف البيئية المحلية ويعتمد طرق التخزين للمواد الخطرة المراد تخزينها؛
- يحدّد التدابير والإجراءات المتناقضة في وقت مبكر من عملية التخطيط؛
- يمتثل للمتطلبات القانونية.

وبغية تحقيق هذه الأهداف، يجب على مبدأ التخزين الشامل:

- تضمين وصف لظروف الموقع؛
- تقديم تفاصيل عن نوع العبوات الناسفة يدوية الصنع والمواد الكيميائية المراد تخزينها بالإضافة إلى تحديد كميتها؛
- تحديد الإجراءات البناءة والفنية والتنظيمية الواجب اتخاذها.

**ملحوظة.** يجب اتخاذ تدابير وقائية مماثلة من أجل التخزين المناسب القصير المدى (في موقع البحث مثلاً).



التأثير	الأخطار المحتملة
انتشار الأدخنة والأبخرة السامة والآثار الثانوية للانفجارات وتلوث التربة والمياه السطحية والجوفية بمياه مكافحة الحرائق	حريق / انفجار
تشكيل المياه الملوثة الخطر على البيئة	فيضان
انتشار مواد سامة أو خطيرة على البيئة	التسرّب أو التخلّص غير السليم

الجدول 13. التأثير المحتمل الناجم عن التخزين غير السليم

غالبًا ما تصل المساحة المتاحة في منشأة تخزين مناسبة إلى حدودها القصوى عند الحاجة إلى تخزين المواد الخطرة في حاويات أو بكميات كبيرة. ويمكن استخدام منشآت تخزين المواد الخطرة للتخزين الآمن. وتوفّر هذه المنشآت مساحة كبيرة للتخزين الآمن والمتعدّد الاستخدامات للمواد الملوثة للماء والقابلة للاشتعال.

**ممارسة جيدة.** لا تزال العبوات الكيميائية الفارغة تشكّل المخاطر. وقد تنتج الكميات المتبقية مخالط بخار الهواء القابلة للاشتعال والانفجار. ويجب معاملة العبوات الملوثة وغير النظيفة على أنها ممتلئة. ومع ذلك، يُنصح بفصلها عن العبوات الممتلئة ووضع علامة عليها تشير إلى أنها فارغة.



يُعدّ تنظيم تخزين المواد الكيميائية أقل صعوبة لأنّ تخزينها شائع في كافة أنحاء العالم للاستخدامات الصناعية المختلفة. ويقدم الموردون التجاريون حلولاً وظيفية ومثبتة دوليًا لتحقيق هذه المهمة. ومع ذلك، إنّ قيود الميزانية وقيود الوصول إلى المناطق التشغيلية قد تُصعب مهمة منظمة الأعمال المتعلقة بالألغام التي تلجأ إلى دعم الموردين التجاريين. وقد يؤدي هذا إلى الحاجة

إلى تطوير حلول تخزين مخصصة من أجل تقليل المخاطر إلى أدنى مستوى ممكن عمليًا. كذلك، قد تحتاج منشآت التخزين إلى التكيف مع المتطلبات الإقليمية المحددة.

**ملحوظة.** تُعتبر الحاويات البحرية القياسية (مثل الحاويات التي يبلغ طولها أربعين قدمًا) خيارًا جيدًا لإنشاء مساحة تخزين داخل منشأة تخزين (مؤقتة). فإنها توفر الحماية من الطقس ويمكن تكيفها وتهويتها بسهولة. ويمكن نقل الحاويات وتحريكها بحسب الحاجة. ويمكن تقوية الحاويات لاحتواء تفاعل المتفجرات المخزنة فيها أو تركيز صلابتها لمواجهة التأثيرات الخارجية، وذلك بوسائل بسيطة مثل أكياس الرمل المعبأة والمكدسة كجدار (حاجز وقائي). أو يمكن استخدام معدات المناولة الميكانيكية لإنشاء حواجز مؤقتة تحيط بالحاويات.

إن تخزين المواد الكيميائية، التي صُممت للتخفيف من مخاطر التخزين والنقل، بدون عبواتها الأصلية سيُشكل تحدّيًا دائمًا. لذلك يجب أن تتمتع أي عبوة غير أصلية مُستخدمة بمقاومة ميكانيكية وحرارية وكيميائية كافية لإتمام مهمتها. كقاعدة عامة، يجب الموافقة على العبوات للنقل على الطرقات العامة. وتخضع الحاويات البلاستيكية للتقدم وبالتالي تتمتع بأجل خدمة أقصر. ففي أوروبا، عادةً ما يصل أجل خدمتها إلى الخمس سنوات. ويمكن أن يؤدي التعرّض للأشعة فوق البنفسجية إلى تسريع تقادمها بشكل كبير.

**ملحوظة.** يُسأل أي شخص يعمل في منشآت تخزين المواد الخطرة ومناولتها عن ضمان اتّخاذ التدابير وفقًا للممارسات الجيدة. وتجدر الإشارة إلى أنّ بعض المخاطر يمكن أن تحدث عندما تتلامس المواد الكيميائية مع مواد كيميائية أخرى فحسب. ولمنع هذا، يجب إيلاء الاهتمام اللازم للتخزين المشترك للمواد في كلٍّ من مرحلتَي التخطيط والتنفيذ.

## 10.3.2 اعتبارات التخزين ذات الصلة بالمواد الكيميائية

تحترق السوائل القابلة للاشتعال بسرعة حتى تصل إلى درجة التحلّل المتفجّر وتسرع من انتشار الحريق بالتدفّق للخارج بمجرد اختراق الحاوية. وتميل السوائل الأقل كثافة من الماء أو غير القابلة للامتزاج بالماء إلى الطّفوف فوق سطح ماء الإطفاء، مستمرةً في الاحتراق. وعادةً ما تكون أبخرة السوائل القابلة للاشتعال متفجرة ويمكن أن تشتعل عن طريق الشرر أو التفريغ الكهروستاتيكي. وغالبًا ما تحتوي الحاويات الفارغة غير المُنظّفة على مخاليط متفجرة من البخار والهواء. وتشكّل معظم السوائل القابلة للاشتعال خطرًا على التربة وباطن التربة والمياه.

ويختلف سلوك اشتعال المواد الصلبة عن سلوك اشتعال السوائل. ويمكن أن يتراوح هذا من التوهّج إلى الاشتعال الشديد. وقد يكون غبار المواد الصلبة القابلة للاشتعال متفجرًا حتى لو كانت المادة غير خطيرة. ويمكن أن تحترق المواد الصلبة على مدى فترة طويلة من الزمن (من أيام إلى أسابيع). وقد يؤدي هذا إلى التسخين الذاتي واندلاع النار بشكلٍ مفاجئ. ويجب منع المسحوق من التساقط على الأرضيات واختلاطه بالمواد الأخرى.

قد تشتعل المواد المعرضة للاحتراق التلقائي، بما في ذلك المخاليط والمحاليل (الصلبة أو السائلة)، بسرعة كبيرة عند ملامستها للهواء حتى بكميات صغيرة. أمّا المواد ذاتية التسخين، بما في ذلك المخاليط والمحاليل (صلبة أو سائلة)، فيمكن أن تشتعل ذاتيًا عند ملامستها للهواء عندما تتواجد بكميات أكبر وبعد فترة أطول وبدون مزيد من مدخلات الطاقة. ويجب أيضًا تجنب تعريضها لدرجات حرارة عالية (أشعة الشمس). علاوةً على ذلك، يجب منع ارتفاع درجة الحرارة بسبب الاحتكاك الداخلي في أثناء النقل والتخزين. ويجب تخزين المواد المعرضة للاحتراق التلقائي بشكلٍ منفصل عن المتفجرات الأخرى والمواد المؤكسدة والقابلة للاشتعال، فيجب تخزينها بطريقة تحميها من انتقال الحرارة.

وتتفاعل مواد كيميائية مختلفة مع الماء لتكوين غازات قابلة للاشتعال أو قابلة للانفجار. وعادةً ما يطلق مثل هذا التفاعل قدرًا كبيرًا من الحرارة بحيث يشتعل الغاز الناتج نفسه. ويجب تخزين هذه المواد بشكلٍ منفصل عن المواد الخطرة الأخرى ويُفضّل ألا تُخزّن في الهواء الطلق. ويُنصح بالتهوية العابورية للغرفة. ويجب تخزين هذه المواد في حاويات مغلقة بإحكام في مكانٍ جاف وبارد. وقد تتشكّل مخاطر معينة عند تخزين الهالوجينات والأحماض والماء وعوامل الأكسدة معًا.

تشكّل المواد المؤكسدة، مع المواد القابلة للاحتراق، مخاليط شديدة الاشتعال أو الانفجار. ولا تُصنّف هذه المواد بالضرورة على أنها خطيرة ولكنها كافية لتعزيز نشوب الحرائق في المواد القابلة للاشتعال بشكل أساسي، مثل السكر أو رقائق الخشب. وينبغي توخّي الحيطّة الشديدة مع البيروكسيدات العضوية التي تجمع بين خصائص المواد المؤكسدة والمواد القابلة للاشتعال. وتحترق هذه المواد عمومًا بصورة عنيفة وقابلة للانفجار. ويُصحّ بتخزين البيروكسيدات العضوية بشكل منفصل. ويجب تخزين المواد المؤكسدة منفصلة عن المواد القابلة للاشتعال والتآكل. كذلك لا يجوز تخزين المواد المؤكسدة والبيروكسيدات العضوية معًا.

ويمكن أن تُلحق المواد السامة ضررًا جسيمًا أو مميتًا بالإنسان والنباتات والحيوانات والبيئة، حتى بكميات صغيرة جدًا. فيجب تخزين هذه المواد الكيميائية بطريقة لا يمكن للأشخاص غير المصرح لهم الوصول إليها. كذلك لا يجوز تخزينها بالقرب من غذاء الإنسان أو الحيوان. وينبغي صبّ التركيز على الحماية الذاتية وحماية الآخرين عند التعامل مع المواد السامة. ويجدر تدريب الموظفين بانتظام على إجراءات المناولة والسلامة والطوارئ.

وتُلحق المواد المسببة للتآكل والكاوية أضرارًا جسيمة بالصحة أو حتى تُسبّب الموت عند ملامستها للأنسجة أو الأغشية المخاطية أو العينين أو في حالة ابتلاعها. ويمكن لهذه المواد الكيميائية أن تصيب المعادن وتسبب في تحللها. علاوةً على ذلك، يمكن أن تبعث غازات خطيرة بمجرد ملامستها للهواء. فيلزم فصل المواد المسببة للتآكل والمواد الكاوية عن المواد الأخرى التي تشكل معها غازات خطيرة، وعن المواد التي تؤدي إلى نشوب حريق. ويجب أن تُصنّع الحاويات وصواني التجميع من مادة متوسطة المقاومة. وقد تتفاعل الأحماض والقلويات مع بعضها البعض فتولّد كميةً كبيرةً من الحرارة، لذا يجب تخزينها بشكلٍ منفصل.

ويمكن أن تسبّب المواد الضّارة بالصحة أو المهيجات ضررًا عند تناولها أو من خلال التلامس و/أو تشكّل خصائصها خطرًا على البيئة. وفي حالة المواد السائلة، يجب منع التسرّب إلى التربة والمياه السطحية والجوفية. وفي حالة المواد الصلبة، يمكن أن تؤدي مياه الأمطار أو مياه مكافحة الحرائق إلى تسربها إلى البيئة المحيطة. ويمكن أيضًا أن تتشكّلت المواد الصلبة بفعل الرياح، لذا يجب التأكد في خلال التخزين من عدم دخول أي مواد ضارة بالصحة أو مهيجة إلى التربة أو باطن الأرض أو المياه السطحية أو المياه الجوفية عند إطلاقها.

### 10.3.3 الإجراءات البنائية والتقنيّة والتنظيميّة

أثبتت الإجراءات التنظيميّة أنها طريقة فعّالة وقليلة الكلفة لرفع مستوى السلامة ومنع الحوادث في جميع أنواع التخزين.

تضمن الإجراءات التنظيميّة:

- المراقبة والتوثيق الدائم للمواد المتفجرة اليدويّة الصنّع والمواد الكيميائية
- أنّ البنية التحتيّة للتخزين ونظامه يناسبان المهمة
- الوقاية من الأخطاء
- تطبيق ممارسات العمل الجيدة
- حماية المواد المخزّنة من التأثيرات البيئيّة أو الأحداث الخارجيّة
- تعيين المتطلبات الأساسية لإجراء تحقيق في حادث
- الأمن ضدّ السرقة

يسمح تقييم مخاطر خصائص العبوات الناسفة يدوية الصنع والمواد الكيميائية المخزنة مؤقتاً، بوضع الشروط المسبقة لتخزين آمن ومنظم بشكل جيد. ومن الأسئلة التي يجب أن تُطرح في تقييمات كهذه:

• ما هي الأخطار التي تسببها المواد المخزنة بسبب خصائصها الكيميائية والفيزيائية؟

- السلوك الانفجاري والناري
- القدرة التفاعلية
- الثبات الكيميائي والفيزيائي
- انبعاث الدخان والبخار
- تأثيرات التحلل على الحاوية والتغليف وغيرها
- التهديد السام للبشر وللبيئة

• ما هي المسائل التي يجب مراعاتها في ما يخص محيط موقع التخزين المؤقت؟

- المسافة الآمنة
- البنية التحتية المجاورة
- المجاري في الأرضية
- ولوج طاقم غير مصرح له
- أخطار طبيعية

**ممارسة جيدة.** يجب إغلاق المجاري المجاورة أو تثبيتها بطريقة تمنع كل من المواد الخطرة ومياه الإطفاء من التدفق من دون مراقبة.



• ما هي الإجراءات المعاكسة التي تُخفض نسبة الأخطار وترفع سلامة التخزين؟

- توثيق للمواد الكيميائية المخزنة قابل للتقييم
- ولوج منظم
- خطة تدريب خاصة بالمخاطر للموظفين
- خطة عمل في حال وقوع حادث تتضمن خطة لمكافحة الحريق والمعدات الخاصة لذلك
- تثبيت العبوات الناسفة يدوية الصنع والمواد الكيميائية (على سبيل المثال: تخزين الفوسفور في الماء)
- فصل المواد بحسب تصنيف موادها الخطرة
- فصل المتفجرات الأولية عن المتفجرات الثانوية
- فصل كل من المواد القابلة للاشتعال والمواد الدافعة والمواد المصممة للتدمير
- تنظيم الفصل المكاني للمخزونات
- فصل المواد الكيميائية التي لا يجب تخزينها في الموقع عينه إذ إن تلامسها قد يؤدي الى تفاعل شديد
- تحديد الكمية القصوى من المتفجرات التي يمكن تخزينها بشكل آمن في كل موقع تخزين
- إجراءات الحماية الهيكلية
- انشاء حجرات النار
- الحد من الكمية المخزنة في كل حجرة نار
- توفير معدات الوقاية الشخصية المناسبة
- توفير مواد الإسعافات الأولية المتوافقة مع التهديدات على سبيل المثال محطة لغسل العين
- توفير زيوت رابطة و مواد كيميائية رابطة ومعاول

• هل من تهديدات خارجية لمنشأة التخزين بما في ذلك تهديدات من صنع الانسان وتهديدات طبيعية (مثلاً الفيضانات)؟

• ما هي مصادر الخطر الخارجية أو المنشأة الجديدة بالحماية في الجوار؟

لا تتضمن الاخطار في المساحة المحيطة الشظايا الناتجة عن الانفجار فحسب، ويمكن التخفيف من تأثيرات الشظايا من خلال الحد من كمية المواد الكيميائية في كل مخزون ومن خلال اتباع إجراءات وقائية هيكلية. وتشكل أيضاً الخصائص السامة والكاوية للمواد الكيميائية تهديداً للمساحة المحيطة. ويشكل كل من الدخان والبخار تهديداً للحياة. لذلك إن منع تسرب المواد الكيميائية الى امدادات المياه لا يقل أهمية عن الحماية من الحرائق. وحسب كمية المادة ونوعها، يمكن أن يؤثر تلوث البيئة بشكل سلبي على الحياة لأشهر أو سنوات قادمة.

**ممارسة جيدة. يجب ألا تزيد مواد البناء من مقدار الشظايا في حال حدوث انفجار أو حريق.**

سيوفر تقييم المخاطر سلسلة من الأعمال حول كيفية إجراء تخزين آمن ومنظم، وعلى الرغم من ذلك يجب التنبيه دائماً أن التخزين المناسب يشكل عادة تحدياً في الأعمال المتعلقة بالألغام. وسيطلب تخزين المواد الخطرة موهبة ارتجالية كبيرة، ومهارات تخطيط، وقدرة جيدة على التكيف نيابة عن المنظمة، خاصةً إن كان دعم الدولة محدود. وبعد الحادث، سيكون من الصعب تلبية المعايير الصناعية لتخزين المواد الخطرة وعلى الرغم من ذلك لا بد من أن تُعتبر الهدف الأساسي الذي يجب الوصول اليه.

تقترح التعليمات<sup>64</sup> الصناعية سبع خطوات لتقييم منشأة التخزين المخطط لها:

- الخطوة الأولى: قائمة المخزون  
يجب إنشاء قائمة مخزون شاملة. ما هي المواد أو المواد الكيميائية المتوقع تخزينها؟ سيكون دائماً من الصعب تكهن جميع أنواع العبوات الناسفة يدوية الصنع والمواد الكيميائية.
- الخطوة الثانية: التصنيف والخصائص الخطرة  
أضيف تصنيف العبوات الناسفة يدوية الصنع والمواد الكيميائية وخصائصها الخطرة على اللائحة. ويتضمن ذلك النظام المنسق عالمياً لتصنيف المواد الكيميائية ووسمها (GHS)، وفئات أخطار المياه، ونقطة الوميض،<sup>65</sup> والصحة، والأخطار البيئية والتفجيرية. ويمكن إضافة عناصر ذات صلة حسب المواد.
- الخطوة الثالثة: كمية التخزين القصوى  
أضيفت الى اللائحة الكمية المتوقعة القصوى من المواد والمنتجات المخزنة التي يجب أن تحترم الحدود القانونية المعمول بها. وبسبب نوع اللائحة، يمكن ان تستند العديد من العناصر والادخالات الى الافتراضات.
- الخطوة الرابعة: تحديد فئة التخزين المطابقة  
تحديد فئات التخزين المطابقة<sup>66</sup>
  - المتفجرات
  - المواد المعدية
  - المواد المشعة
  - الغازات المسالة والمضغوطة
  - المواد المؤكسدة / البيروكسيدات العضوية
  - المواد القابلة للاشتعال تلقائياً
  - الغازات القابلة للاشتعال بالماء
  - المواد الصلبة القابلة للاشتعال
  - المواد السامة
  - المواد المسببة للتآكل والكاوية
  - سوائل أخرى
  - مواد صلبة أخرى ملصوق عليها وسوم الخطر
  - مواد صلبة أخرى من دون وسوم الخطر

<sup>64</sup> هانس-بيتر بوتلر وغيره، Lagerung gefährlicher Stoffe, Leitfaden für die Praxis (تخزين المواد الخطرة-دليل عملي) فراونفيلد: الأقسام البيئية في كانتونات في شمال

سويسرا، تورغاو وزوريخ بالإضافة الى تأمين البناء في كانتون زيورخ، الطبعة الثالثة المنقحة، 2018)

<sup>65</sup> إذا تخطت درجة الحرارة نقطة وميض مادة ما، تشكل أخطارها القابلة للاشتعال جواً متفجراً مع هواء المحيط

<sup>66</sup> في كل فئة تخزين، يتم جمع المواد ذات الخصائص الخطرة من النوع عينه وبالتالي تتطلب تدابير السلامة عينها. يتم درج بعض فئات التخزين (مثل المواد المعدية) من أجل اكتمالها فحسب، لأنها لا ترتبط بالمواد المتفجرة اليدوية الصنع أو بموادها الأولية.

- الخطوة الخامسة: التخصيص  
تُعيّن كمّيات التخزين المتاحة لفئات التخزين المطابقة
- الخطوة السادسة: متطلبات غرف/ منشأة التخزين  
تُحدّد متطلبات غرف/ منشأة التخزين مثل حجرات النار والتهوية واحتواء التسرب وعوامل الإطفاء والحماية من الانفجار وغيرها.
- الخطوة السابعة: التنفيذ  
تنفيذ نتائج التخطيط لمنشأة التخزين. ويجب فحص مدى ملاءمة التخطيط مع الوضع الحالي بشكل دوري.

**ملحوظة!** سيساعد التقييم المناسب لمنشأة التخزين في تحديد المعدات والاجراءات اللازمة لمواجهة حالة طوارئ مثل الحريق أو التلوث

من المناسب تحديد منطقة تخزين معينة ضمن المساحة المتوفرة وبذلك تتخفف:

- الحاجة الى اجراءات الحماية البنائية وعددها.
- الجهود اللازمة للقيام بإجراءات الحماية من الحرائق. الكمية المطلوبة من صينيّات التجميع
- الكمية المطلوبة من المواد الكيميائية الرابطة

**تلميح!** يجب ان تكون صينيّة التجميع مقاومة كيميائية ويجب ان يوازي حجمها القابل للاستخدام حجم أكبر حزمة مخزنة على الأقل.

ومن الاجراءات الفعالة التي يتم الاستخفاف بها هي مسك الدفاتر للمواد المخزنة وكميتها ومكانها بالإضافة الى الحصول على نظرة عامة ومرئية للمسارات الممكنة ومقطع عرضي للبنية التحتية المستخدمة، ويجب ان يكون من السهل للموظفين وللدعم الخارجي الحصول على هذه المعلومات في حالات الطوارئ.

**ممارسة جيّدة!** يساهم التوثيق المناسب والمنظم جيّداً في منع الحوادث، كما يساعد في التخفيف من أثارها. فهو يوفر المعلومات عن نوع المواد الكيميائية والمخاطر المرتبطة بها وعن مكانها في موقع التخزين. ويجب ان يتضمن التوثيق قواعد تحدّد متى يجب ان تتوقف عملية اطفاء النار في حالة الحريق بسبب زيادة خطر الانفجار، ومتى يجب بدء عملية الاخلاء. وبالإضافة الى ذلك، يمنع مسك الدفاتر من نسيان المواد الكيميائية المخزنة وزيادة احتمال خطر الانفجار او الحريق إذا مرّ عليها الزمن.

ومن الجيّد وضع علامة على المخزون (مثل الأوعية) بحسب الاخطار التي تحتوي عليها، على سبيل المثال متفجرات، ومواد متأكلة، ومخاطر بيولوجية وغيرها. ويجب أن يُضاف على التوثيق نسخة مطبوعة عن ورقة بيانات السلامة أو معلومات عن المواد الخطرة أو تحميلها.

**ملحوظة!** في حال تمتلك منظمة ما منشأة تخزين خاصة بها للمواد الحيوية التي تحتاج اليها للقيام بعملياتها، من الأفضل فصل المواد المتفجرة اليدوية الصّنع عن هذه المخزونات.

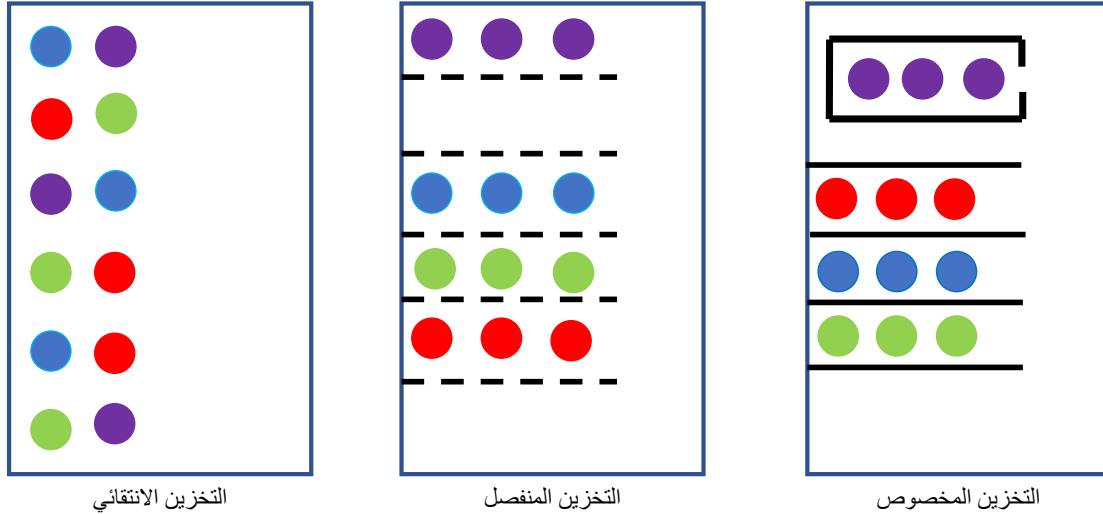
في حالة التخزين المؤقت، يجب الفصل بين العبوات الناسفة يدويّة الصّنع والمواد الكيميائية بحسب خطر الانفجار وأخطار أخرى. وداخل مساحات التخزين المغلقة، يجب وجود خيار لتهوية المنطقة قبل الدخول اليها، كما لا بد من القيام بتدابير استباقية على سبيل المثال منع تشتت الغبار، لمواجهة خطر انفجارها.

**تحذير!** من غير المناسب تخزين المواد المتفجرة اليدوية الصّنع والمواد الكيميائية مع مواد قابلة للاشتعال مثل الحطب أو صناديق من الكرتون أو الورق أو البلاستيك.

## 10.3.4 الفصل المكاني

يمكن تطبيق العديد من الحلول للتخزين في موقع تخزين مؤقت بحسب المساحة المتوفرة والتمويل والدعم ونوع المواد المتفجرة اليدوية الصنع والمواد الكيميائية، وتهدف كل الحلول الى الحماية من الحرائق والانفجار بالإضافة الى التخفيف من آثار الحادث في منطقة التخزين المؤقتة وفي المنطقة المحيطة.

يرفع الفصل المكاني من سلامة منطقة التخزين المؤقتة. وتستهدف بعض إجراءات الفصل والحماية تهديدات محددة جداً مُعرّفة في فئات التخزين. تظهر الصور التالية مفهوم التخزين المخصص، والتخزين المنفصل والتخزين الانتقائي.



الصورة 9. احتمالات التخزين (المصدر GICHD ©)

### التخزين المخصص

يمكن تخزين المواد المتفجرة اليدوية الصنع والمواد الكيميائية مؤقتاً عند تسليمها. ويُطبق ذلك بشكل أفضل على المواد الكيميائية التي لا تشكل تهديداً معيناً أو التي ليس لديها أي قيود بناءً على فئة التخزين الخاصة بها. ويشكل ذلك نهجاً فعالاً للغاية من حيث التكلفة.

### التخزين المنفصل

يجب تخزين المواد المتفجرة اليدوية الصنع والمواد الكيميائية التي لديها قيود بسبب خصائصها الكيميائية والفيزيائية بشكل منفصل. ويمكن تخزين المواد التي تتمتع بالخصائص والاستجابات عينها في حاوية النار عينها. ويجب تطبيق شروط الحماية لكل حاوية، على سبيل المثال أقل مسافة ممكنة، وصيغيات تجمع منفصلة، وكمية التخزين القصوى. وإن زيادة المسافة بين المخزونات الفردية يحسن من سلامة التخزين ويمنع تطور الحريق ويخفف من فرصة حصول تفجير متعاطف (غير مقصود، بدء تفجير عرضي عن طريق تفجير قريب، يُشار إليه أحياناً بالوميض اللحظي أو فلاش أوفر) من مخزون الى آخر. تُبنّت قاعدة لتخزين المتفجرات وهي أن زيادة المساحة تحسن من السلامة.

**ممارسة جيدة.** عادةً ما تكون إجراءات الحماية من الحرائق أكثر فعالية إذا خزنت المواد بشكل منفصل بحسب متطلبات مكافحة الحرائق الخاصة بها وفئة تخزينها. على سبيل المثال فصل المواد الكيميائية التي لا يجب اطفائها بالماء وتأمين المعدات المناسبة لإطفائها في هذا المكان





## التخزين الانتقائي

يقسم التخزين الانتقائي العبوات الناسفة يدوية الصنع والمواد الكيميائية بحسب خصائصها، وتوافقها والمخاطر المتوقعة. وتستخدم تقنيات بناء محدّدة للتخفيف من آثار الانفجار كما في مقصورات النار المنفصلة. وفي حال تعرّضت المساحة المتاحة للخطر ولم يتوفّر مساحة تخزين إضافية، يمكن تنفيذ تقنيّة التخزين المنفصل في بعض الخللجان لكن فقط للعناصر التي تعتبر أقلّ خطورة.

**ملحوظة!** في حال من غير الممكن التخلص من هذه المواد، من الأفضل تخزينها بشكل آمن من خلال استخدام جميع تقنيات التخزين المتاحة بدل من ترك المواد المتفجرة اليدوية الصنع والمواد الكيميائية الأولية المتفجرة مفتوحة امام العناصر او في خطر التسريب الاضافي غير المشروع.

## 10.4 مكافحة الحريق

يجب أن يقوم طاقم مدرب ومؤهل بمهمة مكافحة الحريق الذي يتضمن العبوات الناسفة يدوية الصنع أو المواد الكيميائية الأولية. وقد يكون الاعتبار الاساسي التالي مفيداً في حالة حريق أولي أو لتحضير تخزين مؤقت.

### 10.4.1 اعتبارات السلامة

بعض المواد الكيميائية لا تحترق لكنها تتمتع بتأثير مؤكسد. وتزيد هذه الخاصية من أخطار الحريق عندما تتصل مع مواد قابلة للاشتعال ويمكنها أن تعزز بشكل ملحوظ حريق كبير موجود في الأصل. وفي حال وجود مواد كيميائية كهذه حول النار من المناسب (إذا آمن) القيام بـ:

- تبريد الحاويات والأوعية المجاورة من خلال رش المياه
- اخراج الحاويات من منطقة الخطر إذا أمكن ذلك
- القضاء على مصادر الاشتعال

**ملحوظة!** توفّر ورقة بيانات السلامة معلومات محددة حول سلوك مادة ما عندما تتعرض للحرارة أو للحريق بما في ذلك تقنيات عامّة لمكافحة الحريق.

**تلميح!** يمكن كبت البخار المتصاعد الناتج عن حريق عبر رش المياه.

**تحذير!** قد يؤدي الضغط المتزايد الناتج عن الحريق في الحاويات إلى انفجارها أو حرق محتواها.

يمكن لبعض العبوات الناسفة يدوية الصنع مثل نيترات الامونيوم ان تطلق غازات خطرة مثل اوكسيد النيتروجين واول اوكسيد الكربون عندما تتعرض للحرارة. ومن الضروري في مثل هذه الحالات ارتداء جهاز التنفس الموجود ذاتياً وبذلة الحماية الكيميائية عند مكافحة الحريق.

ومن الصَّعب تكهَّن تأثير الحريق أو تقييمه على العبوات الناسفة يدويَّة الصَّنَع أو على موادها الأوليَّة التي تتمتع بخصائص متفجِّرة نظراً للعديد من المتغيِّرات كنقطة الانصهار والشوائب ودرجة حرارة الاشتعال وحجم الجسيمات والكثافة وحجرتها. وتتضمَّن الإجراءات الصَّروريَّة أو إجراءات السَّلامة، الاختباء على الفور، والابتعاد بقدر الإمكان عن المساحة وتطويقها كما هو ضروري، والاختباء حسب الاقتضاء. ويجب مكافحة الحريق من مسافة آمنة إن أمكن.

**تحذير.** في حال أطلق الغبار أو ثار بكميَّة كبيرة يصبح خطر انفجار الغبار أمراً متوقَّعاً. ويكون الاختباء هو الاستجابة المناسبة في هذه الحالة.

**تحذير.** تتحلَّل بعض المواد الكيميائية بعنف عندما تتصل بالماء.

## 10.4.2 طفايات الحريق المحمولة

إنَّ طفايات الحريق المحمولة هي وسيلة مناسبة لمواجهة الحريق النَّاشئ. ومن المهمَّ أن تحتوي طفايات الحريق المحمولة على عامل الإطفاء المناسب لإنجاز المهمة ويجب تحديده وفقاً لحدَّة الحريق المتوقَّعة وفنته.

المواد الصَّلبة (أوروبا: الفئة A)	حدَّة الحريق
المواد السَّائلة: (أوروبا: الفئة B)	
المواد الغازيَّة: (أوروبا: الفئة C)	
الحرائق المعدنيَّة: (أوروبا: الفئة D)	
حرائق الشَّحوم: (أوروبا: الفئة F)	

### الجدول 14. تصنيف حدَّة الحريق

تتقسَّم طفايات الحريق الى طفايات حريق قابلة لإعادة الشَّحن وطفايات حريق الضَّغط الدَّائم. تعتبر طفايات الحريق القابلة لإعادة الشَّحن أكثر تعقيداً من طفايات حريق الضَّغط الدَّائم من حيث البناء والموصفات الفنيَّة. ومن مميَّزات طفايات الحريق القابلة لإعادة الشَّحن مقارنة بطفايات الحريق الضَّغط الدَّائم:

- جرعات سهلة ووافرة من عامل الإطفاء حتَّى بالنَّسبة الى المستخدمين عديمي الخبرة

- سهولة الصِّيانة

- استعمال موثوق

- وقت تشغيل قانوني أطول (عادة 25 عام بينما تدوم طفايات الحريق الضَّغط الدَّائم 20 عام فقط).

تتوفَّر طفايات الحريق مع عامل إطفاء منتظم كالمسحوق والرَّغوة والماء وأكسيد الكربون. وتسمح فئة الحريق في اختيار عامل الإطفاء المناسب.

## المسحوق

إنّ مسحوق الإطفاء ABC هو عامل الإطفاء الأكثر استعمالاً. ويتألف بشكل رئيسي من الفوسفات وكبريتات الأمونيوم (حوالي 90% بالإجمال)

ويتميز مسحوق الإطفاء ABC بإمكانية استخدامه لفئات الحريق A, B, C. كما يتمتع بقدرة إطفاء عالية. ويتغير ذلك حسب فئة الحريق.

أما سلبيات هذا النوع من عامل الإطفاء هي تشكّل طبقة غبار كثيفة وما ينتج عنها من تلوّث. وتتفاعل الأجهزة الكهربائية بشدّة مع الغبار الناعم الناتج عن مسحوق الإطفاء ABC.

ويؤدي استعمال مسحوق إطفاء الحريق هذا لمكافحة حرائق أوليّة صغيرة الى ضرر كبير في بعض الحالات بسبب التلوّث الناتج عنه.

ويستعمل مسحوق إطفاء خاص لمكافحة حرائق المعادن من الفئة D.

## الرّغوة

إنّ طفايات حريق الرّغوة هي أكثر نظافة من مسحوق إطفاء الحريق غير أنّ أدائها منخفض نسبياً. وفي الوقت عينه، يمكن تحقيق نتائج جيّدة حسب نوع المادّة التي تحترق.

لا تستطيع طفايات حريق الرّغوة إطفاء الحرائق من فئة A و B. لذلك فإنّ استعملاتها محدّدة مقارنة بمسحوق إطفاء الحريق. غير أنّ بالنسبة الى معظم الاستعمالات التجاريّة والعامة والخاصة، تعتبر طفايات الرّغوة بديلاً مناسباً لمسحوق إطفاء الحريق. وفي المساحات الخارجيّة، يجب اتّخاذ الحذر واختيار نسخة مقاومة للجليد عن طريق استعمال المواد المضافة.

## الماء

تُخصّص طفايات الماء لمكافحة الحريق من الفئة A. ويؤدي استخدام المواد المضافة الى تحسين أداء الإطفاء مقارنة باستخدام الماء العاديّة. إنّ إطفاء الحريق من خلال استخدام الماء هو أكثر نظافة من استخدام المسحوق لكنه أقلّ فعالية من الرّغوة.

يُكافح حريق الشّمح من الفئة F باستخدام طفاية ماء و/أو طفاية رغوة مصنوعة خصيصاً لهذه الفئة.

## ثاني أكسيد الكربون CO<sub>2</sub>

تكافح طفاية ثاني أكسيد الكربون الحريق من دون انبعاث غاز قابل للاشتعال. وفي هذه العمليّة، يحلّ الغاز مكان الاكسجين مما يؤدي الى اخماد النّار. وتشكّل هذه الطّريقة الأكثر نظافة لمكافحة الحريق من دون تشكّل أيّة بقايا. وبفضل الخصائص الفيزيائيّة لعامل الإطفاء هذا، يُستعمل لمكافحة الحريق من فئة B فحسب. غير أنّ طفاية ثاني أكسيد الكربون تُستعمل أيضاً لحماية الأنظمة الكهربائيّة على سبيل المثال في غرف البرمجة وفي قطاع الحواسيب.

## 11. الخاتمة



الصورة 204. حاويات عبوات ناسفة يدوية الصنع قبل التخلّص منها (مصدر: CAR)

سلط الانتشار المستمر للعبوات النّاسفة المبتكرة حول العالم الانتباه على مسألة العبوات النّاسفة يدويّة الصّنع، وللأسف، لا تتراجع نسبة استخدام العبوات النّاسفة المبتكرة بل إنّ وجودها لا يزال يؤدي الى عدد كبير من الضّحايا الأبرياء.<sup>67</sup> وسلط مرصد الألغام الأرضيّة "Landmine Monitor" 2021 الضوء على أنّه "تمّ الإبلاغ عن أغلبيّة الضّحايا في العام 2020 في البلدان التي تشهد صراعات مسلّحة والتي عانت من التلوث بالألغام المبتكرة".<sup>68</sup> والجدير بالذكر أنّ المتفجرات اليدويّة الصّنع تُستخدم في بناء الأجهزة التي تُعرّف "باللغام مبتكرة"، لذلك يجب معالجة المخاطر التي ينعرّض لها الأشخاص الذين يعملون في هذه البيئة وسكانها من هذه العبوات النّاسفة يدويّة الصّنع.

تشكّل هذا الفصل لمعالجة الحاجة الملحة للمعلومات الاساسيّة المتعلّقة بانتشار العبوات النّاسفة يدويّة الصّنع في البيئات المتضرّرة من العبوات النّاسفة المبتكرة. ويهدف الى دعم الجهود المبذولة لحماية ممارسي الاعمال المتعلّقة بالألغام (بالإضافة الى العاملين في المجال الإنساني والمستجيبين الأوائل) من خلال السّماح لهم بالتخطيط بشكل أفضل وإدارة المخاطر المرتبطة بالمتفجرات وغير المتفجّرة المصنوعة يدويّاً. وتؤدي معرفة الخصائص الفيزيائيّة والكيميائيّة للمواد المتفجّرة المصنوعة يدويّاً وموادها الكيميائيّة الأوليّة دوراً مهماً في تعزيز تدابير السّلامة وبالتالي تشكّل هذه المعلومة أساس هذا الفصل.

ولسوء الحظّ، ستتطوي دائماً مواجهة العبوات النّاسفة المصنوعة يدويّاً ومواقع التّخزين الملوّثة بها ومواقع تصنيعها على درجة من المخاطر وستتطلب أن يتّخذ الموظّفون الميدانيون قرارات على أساس كلّ حالة على حدة. وتكمن طبيعة الأجهزة "المبتكرة" في أنّها تتغيّر على الدوام وتتطوّر باستمرار من حيث بنيتها. ونتيجة لذلك، تدعم المعرفة المقدّمة في هذا الفصل، التي تستهدف احتياجات العاملين في المجال الإنساني، القرارات المسندة بالأدلة لتحديد هذه المخاطر ومواجهتها.

من خلال مراجعة جوانب السّلامة المختلفة المتعلّقة بالتعامل مع العبوات النّاسفة يدويّة الصّنع، نأمل أن يتم دعم كلّ من البرامج الوطنيّة والعاملين في الاعمال المتعلّقة بالألغام بهدف تطوير المعايير الوطنيّة وإجراءات التّشغيل القياسية (SOPs) في البيئات المتأثّرة بالعبوات النّاسفة المبتكرة. على سبيل المثال قدّم اقتراحات تتعلّق بالمعدات لا سيّما معدّات الوقاية الشّخصيّة التي يمكن أن تحمي الأفراد من تأثيرات العبوات النّاسفة المصنوعة يدويّاً وتسمح لهم بالتفاعل بشكل أكثر أماناً مع هذه المواد.

<sup>67</sup> في العام 2020، سُجّل 7073 ضحية اللغام/مخلفات الحرب القابلة للانفجار على الأقلّ، ما يمثّل ارتفاعاً عن عام 2019 إذ سُجّل آنذاك 5853 ضحية وفقاً لمرصد الألغام الأرضيّة "Landmine"

"Monitor" 2021. وكانت أغلبيّة الضحايا سببها الألغام المبتكرة. <http://www.the-monitor.org/en-gb/reports/2021/landmine-monitor-2021/the-impact.aspx>

<sup>68</sup> المرجع عينه

ستحسن معدات الحماية الشخصية المناسبة بالتأكيد احتمالية أن يزيل و/أو يدمر موظفون مدربون جيداً العبوات الناسفة المصنوعة يدوياً بطريقة آمنة بقدر الإمكان.

وهدف مهم آخر في هذا الفصل الذي يوفّر المعايير والإجراءات، هو أن يفهم العاملون في الألغام والعاملون في المجال الإنساني ما يجب أن يتجنّبوه عندما يواجهون العبوات الناسفة يدوية الصنع بالإضافة الى الخطوات التي يجب أن يقوموا بها عند العثور على هذه المواد.

شكّل المحتوى الخاص بالعبوات الناسفة يدوية الصنع بدعم العديد من المنظمات ومشاركتها. وعلى وجه خاص، يود مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية أن يشكر قيادة الدفاع الكيميائي والبيولوجي والإشعاعي والنووي في الجيش الألماني، وشركة بريمستون Brimstone Consultancy Limited، ومؤسسة أبحاث التسليح أثناء الصراعات (CAR)، والمؤسسة السويسرية لإزالة الألغام على دعمهم القيم في اعداد هذا الفصل.

وأخيراً، بسبب طبيعة العبوات الناسفة المبتكرة المتغيرة، يجب أن يستمرّ هذا الملف في التطور وان يُدخل اليه معلومات جديدة من الميدان. لذلك، يعتمد مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألغام للأغراض الإنسانية على معلومات العاملين في الألغام المعنيين في البيئات المتأثرة بالعبوات الناسفة المبتكرة لتقديم آرائهم على المحتوى، بما في ذلك المعلومات المقدّمة حول العبوات الناسفة يدوية الصنع التي قد تكون ناقصة. ومن الضروري تبادل المعلومات وتزويد العاملين في مجال الألغام بأحدث المعلومات وأكملها لضمان سلامة العمل الإنساني وفعاليتة حيث يتم العثور على العبوات الناسفة المبتكرة. ومن أجل تحقيق هذا الهدف، نعتمد على دعمكم المستمر.

## 12. مسرد الاختصارات

نترات الأمونيوم والألمنيوم	ANAL
نترات الأمونيوم وزيت الوقود	ANFO
نترات الأمونيوم ومسحوق السكر	ANIS
نترات الأمونيوم ونتر الميثان	ANMAL
نترات الأمونيوم ونتر وبنزين	ANNIE
نترات الأمونيوم ونتر الميثان	ANNM
نترات الأمونيوم والسكر	ANS
بيروكسيد الهيدروجين المركز	CHP
ثنائي أزوت ثنائي النيتروبنزين	DDNP
ثنائي نترات إيثيلين الجليكول	EGDN
رباعي نترات خماسي إريثريتول	ETN
مقياس عدم الحساسية	FoI
النظام المنسق عالمياً لتصنيف المواد الكيميائية	GHS
عبوات ناسفة يدوية الصنع	HME(s)
سداسي ميثيلين ثلاثي بيروكسيد ثنائي أمين	HMTD
المبادئ التوجيهية التقنية الدولية بشأن الذخيرة	IATG
عبوات ناسفة مبتكرة	IED
المعايير الدولية للأعمال المتعلقة بالألغام	IMAS
أحد الأدنى للانفجار	LEL
الأعمال المتعلقة بالألغام	MA
بيروكسيد اثيل ميثيل الكيتون	MEKP
النيترو غليسرين أو ثلاثي نترات الجلسرين	NG
متعدد الإيثيلين	PE
رباعي نترات خماسي إريثريتول	PETN
سائل بيكاتيني المتفجر أو الميرول	PLX
بولي بروبيلين	PP
معدات الوقاية الشخصية	PPE
متعدد رباعي فلورو الميثيلين	PTFE

متعدد كلوريد الفينيل	<b>PVC</b>
هيكسوجين/ سايكلونايت	<b>RDX</b>
ورقة بيانات السلامة	<b>SDS</b>
إجراءات التشغيل القياسية	<b>SOPs</b>
بيروكسيد الاستون	<b>TATP</b>
ثلاثي ايثيل الألمنيوم	<b>TEA</b>
ثلاثي نترو التولوين	<b>TNT</b>
عامل اشتعال سميك	<b>TPA</b>
الحد الأقصى للانفجار	<b>UEL</b>

## 13. مسرد المصطلحات

**الفلزات القلوية<sup>69</sup>:** ليثيوم، وصوديوم، وبوتاسيوم، وروبيديوم، وسيزيوم، وفرنسيوم.

**المسحوق الأسود:** خليط من نترات الصوديوم أو نترات البوتاسيوم مع الفحم أو نوع آخر من الكربون، مع الكبريت أو بدونه. (IATG 01.40 مسرد المصطلحات، التعاريف والاختصارات، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021)

**انفجار:** موجة مدمرة من الغازات أو الهواء ينتجها انفجار في الغلاف الجوي المحيط. ويتضمن الانفجار جبهة صدمية، وضغط مرتفع خلف مقدمة الصدمة، وتخلخل يحصل بعد الضغط العالي. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021)

**الداعم:** جهاز متفجر يُستخدم كشحنة مانحة لتضخيم الطاقة إلى الشحنة المستقبلية. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021)

**القوة المتفجرة:** هي التأثير المدمر للمتفجرات أو للانفجار. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار-مارس 2021)

**حقّاز:** في الكيمياء، هو أي مادة تزيد من معدل التفاعل من دون أن تُستهلك. (2021، موسوعة بريتانیکا)

**الشحنة:** كمية مغلقة من المتفجرات أو معبأة أو ملفوفة من دون وسائل الاشتعال الخاصة بها. قد يتم دمج أو عدم دمج وسائل إشعال ثانوية. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار-مارس 2021)

**الاحتراق:** دمج كيميائي سريع لمادة ما مع الأكسجين يتضمّن إنتاج الحرارة والضوء. (معجم أكسفورد الإنجليزي، 2021 مطبعة جامعة أكسفورد)

**الحجر:** خصائص غلاف الشحنة التي تقيد تمدد منتجات التخلخل عندما تتفاعل المادة المتفجرة. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار-مارس 2021)

**التلوث:** شوائب مادة متفجرة يدوية الصنع مع مواد أخرى غير تلك التي كان من المقصود أن تكون جزءاً من المتفجرات المرتجلة. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار-مارس 2021)

**القطر الحرج:** هو الحد الأدنى لقطر شحنة متفجرة حيث لا يزال من الممكن حدوث تفجير. (رودولف ماير، وجوزف كوخلر، وأكسيل هومبرغ، متفجرات. الإصدار السادس. شركة النشر الألمانية لجون وايلي وأولاده Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. شركة تضامنية محدودة 2007، KGAA)

**المواد الخطيرة:** المواد المصنفة بموجب نظام الأمم المتحدة ضمن الفئات من 1 إلى 9 وفقاً لأنظمة نقل المواد الخطرة التابعة للأمم المتحدة. (كتاب برتقالي) (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار-مارس 2021).

**التخلخل:** تفاعل كيميائي لمادة لكنه ليس انفجاراً أو احتراقاً وينتج عنه تغيير كبير في الخصائص. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**الاحتراق:** هو تفاعل احتراق من خلال مادة ما، بسرعة أقل من سرعة الصوت في الهواء في المادة المتفاعلة. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**من الاحتراق إلى الانفجار:** الانتقال من تفاعل احتراق أولي إلى انفجار. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار-مارس 2021).

**الكثافة:** ثقل وحدة حجم لمادة مادية. (2021، موسوعة بريتانیکا)

**التفجير:** تفاعل يتحرك عبر مادة متفجرة بسرعة تفوق سرعة الصوت في الهواء في المادة المتفاعلة. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار-مارس 2021).

<sup>69</sup> إذا لم يُضف مصدر آخر، يُستخرج التعريف من هذا المنشور.



**سرعة التفجير:** السرعة التي ينتقل فيها التفجير عبر الشحنة أو العمود في متر/ثانية. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**المفجر:** جهاز يحتوي على مادة متفجرة حساسة (أولية) تهدف الى انتاج موجة تفجير. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**الدورة النهارية:** تعرّض الدخان والمتفجرات لتغيرات درجات الحرارة الناجمة عن النهار والليل وتغيّر الموسم. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**انفجار الغبار:** نتيجة الاحتراق السريع للجسيمات الصلبة الدقيقة مثل الغبار العضوي (السكر والحطب)، والغبار المعدني (الألمنيوم والمغنيسيوم)، والغبار القائم على البوليمر والغبار الكربوني. (سالزانو، في الوحدة المرجعية في الكيمياء والعلوم الجزيئية والهندسة الكيميائية، 2014)

**مكافئ تي ان تي (TNT):** عند إرادة استعمال متفجرات تمتلك تأثيراً أقوى بعض الشيء من مادة تي ان تي، يمكن استعمال مكافئ تي ان تي لتحديد المسافة(ات) الكمية المناسبة. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**الانفجار:** هو إطلاق مفاجئ للطاقة ينتج عنه انفجار مع احتمال تنطابح الشظايا. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**مادة متفجرة:** هي مادة أو مزيج من المواد يستطيع أن يطلق الطاقة بسرعة على شكل غازات وحرارة، تحت تأثيرات خارجية. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**تكوّن الوميض:** تركيبة مصممة للتدمير (مزيج من مادة مؤكسدة ووقود (معدني)) تشتعل بسرعة وبشكل لامع وتصدر ضوءاً عالية إذا كانت محصورة.

**نقطة الوميض:** أدنى درجة حرارة تتبخّر عندها مادة متطايرة لتشكل مزيجاً قابلاً للاشتعال مع الهواء بوجود مصدر ناري ويستمر في الاحتراق بعد ازالة المصدر المحفز. (جوكان إسحاق غارسيا، الكيمياء العضوية التجريبية، 2015)

**الوقود:** مادة أو مركب غني بالإلكترون يعمل داخل مادة متفجرة كعامل اختزال كيميائي.

**انفجار وقودي-هوائي:** يحدث هذا الانفجار عندما يختلط بخار الوقود مع هواء الغلاف الجوي، وعندما ينتهي هذا الاختلاط، يبدأ الانفجار بواسطة مصدر اشتعال.

**الصمام:** جهاز لحماية الدائرة الكهربائية من التلّف الناتج عن فائض في التيار فينوب عنصر من الصمام لقطع التيار الكهربائي. ويستخدم أيضاً لحرق الصمام: الصمامات التي لا تستخدم التفجير لإشعال سلسلة متفجرات. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**الصمام:** جهاز يطلق سلسلة متفجرة. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**الضرر:** هو الإصابة الجسدية أو الضرر الذي يلحق بصحة الانسان، أو الضرر الذي يلحق بالممتلكات أو بالبيئة. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**الخطر:** مصدر محتمل للضرر. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**فئة الخطر:** أوصت الأمم المتحدة بنظام من تسع فئات لتحديد المواد الخطرة. وتحدّد المادة الأولى المتفجرات. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**متفجرات عالية الفعالية:** مادة أو مزيج من المواد يمكن ان يخضع لتفاعل تحلل داخلي سريع يؤدي الى انفجار في خلال استخدامه العادي. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**مادة أو مزيج من المواد التي يلزم لتفجيرها عند استخدامها كمادة أساسية، شحنة معززة أو رئيسية من الذخيرة.** (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**عبوات ناسفة يدوية الصنع:** مزيج من المكونات التجارية الموجودة المجتمعة لتشكيل مادة متفجرة (2014). (IMAS 04.10) مسرد المصطلحات وتعريفات ومختصرات الاعمال المتعلقة بالألغام، الإصدار الثاني. (التعديل 10، شباط/فبراير 2019).

**خليط متجانس:** هو خليط يتمتع بالتركيب عينه وبالخصائص الفيزيائية والكيميائية عينها في جميع أجزائه. ويتكوّن الخليط غير المتجانس من قسمين غير قابلين للامتزاج على الأقل. وقد تكون مكوناته الفردية موجودة في حالات مختلفة و/أو تتكوّن من مواد مختلفة.

**النقطة الساخنة:** نقطة في مادة متفجرة حيث الضغط الأديباتيكي لفقاعات الغاز الصغيرة المحبوسة تصل الى ما بين 400 و500 درجة مئوية.

**استرطابي:** يجذب المياه بسهولة.

**تفاعل تلقائي الاشتعال:** تأثير الاشتعال الذاتي بين السوائل المختلفة.

**اشتعال:** التسخين الأولي لمتفجر اشتعالي أو لمكوّن مصمّم للتدمير بواسطة اللهب أو مصدر آخر للحرارة حتى الوصول الى مرحلة الاشتعال. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**العبوات الناسفة المبتكرة IED:** هو جهاز وُضع أو صُنِع بطريقة مبتكرة يتضمّن مواد متفجرة أو مدمّرة أو قاتلة أو ضارّة أو قابلة للاحتراق أو مواد نارية أو مواد كيميائية مُصمّمة للتدمير أو للتشويه أو للتشتيت أو للمضابحة. وقد تتضمّن مخازن عسكرية لكنها عادة ما تكون مصنوعة من مكونات غير عسكرية. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**الدخيرة المحرقة:** دخيرة تحتوي على مادة قابلة للاحتراق ومصمّمة لإحداث تأثير حريق أولي قد يكون مادة صلبة أو سائلة أو هلامية بما في ذلك الفوسفور الأبيض. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**المباشرة:** تشير الى بدء تفاعل الحريق أو التفجير.

**كثافة التحميل:** النسبة بين الوزن المتفجر ومقدار المساحة التي يُفجر فيها المتفجر (الترباط).

**متفجر بطيء:** متفجر احتراق يُستخدم في الدفع. لقراءة المواد الدافعة. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**اشعال بطيء:** انفجار غير مكتمل وبطيء نسبياً إذ يكون أقرب الى الاحتراق منه الى الانفجار. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**مادة مؤكسدة:** مادة تمتاز مع الوقود لإنتاج مادة نشطة. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**مهدئ:** هي مادة تُضاف الى المتفجر لتعزيز سلامتها في استعمالها ونقلها.

**المسامية:** نسبة حجم الفراغ من حجم المادة أو المزيج الكلي.

**بريل prill:** حبيبات أو كريات صلبة من مادة ما تتشكّل عن طريق تخثر سائل أثناء عملية صناعية.

**المتفجرات الأولية:** مادة متفجرة حساسة على الشرارة أو الاحتكاك أو الصدمة أو اللهب تستطيع تعزيز بدء الانفجار في حالة غير محصورة. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**مادة متفجرة حساسة جداً على المحفّرات مثل الحرارة و/أو الاحتكاك، و/أو الصدمة وتتطلب عناية خاصة في التعامل معها.** وبشكل عام، تعتبر المتفجرات الأولية مرادفة لبدء المتفجرات. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**المادة الدافعة:** متفجرات احتراق تستخدم للدفع. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**المواد القابلة للاشتعال:** مادة قادرة على الاشتعال التلقائي عندما تتعرض للهواء مثل الفوسفور الأبيض. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**المواد النارية:** جهاز أو مادة يمكن ان تشتعل لإنتاج الصّوء أو الدخان أو الضوضاء. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021)

**المتفاعل:** مادة تشارك في التفاعل الكيميائي.

**إدارة المخاطر:** عملية صنع القرار الكاملة القائمة على المخاطر. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021)  
**آمن:** غياب الخطر. عادة ما يكون مصطلح الخطر الممكن أكثر مناسباً ودقيقاً. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**"آمن للتحريك":** تقييم تقني للحالة المادية للذخيرة وللمتفجرات واستقرارها قبل تحريكها، يقوم به فني أو مسؤول فني مؤهل بشكل مناسب. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**متفجر ثانوي:** مادة متفجرة تتطلب حافزاً كبيراً لتفجيرها.

**المحسس:** مادة تستعمل لرفع قابلية الاشتعال (بدء). (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**التأثر:** مقياس الاحتمال النسبي لأن يتم اشعال متفجر أو بدء تشغيله بواسطة محفز محدد. يُستعمل في سياق الاشتعال أو البدء غير المقصود. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**الحساسية:** مقياس للحافز المطلوب لإحداث وظيفة وضع تصميم موثوق بها للمتفجر. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**المحلول:** في الكيمياء، هو خليط متجانس من مادتين أو أكثر بكميات نسبية يمكن أن تتغير باستمرار الى ما يسمى بحدّ الذوبان.

**المثبت:** مادة توقّف أو تقلّل التحلل التحفيزي التلقائي للمتفجرات. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**الاستقرار:** الخصائص الفيزيائية والكيميائية للذخيرة وللمتفجرات التي تؤثر على سلامتها في التخزين والنقل والاستعمال. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**إجراءات التشغيل القياسية (SOPs):** التعليمات التي تحدد الطريقة المفضلة أو المعمول بها حالياً لإجراء مهمة أو نشاط تشغيلي. (IATG 01.40، الإصدار الثالث، آذار/مارس 2021).

**القوة:** تحدّد بحجم الغاز والطاقة (الحرارة) الناتجين عن الانفجار وعن سرعة التفجير.

**تفجير متعاطف:** بدء تفجير بشكل غير مقصود وعرضي بواسطة تفجير قريب ويُشار إليه أحياناً بالوميض اللحظي أو فلاش أوفر flashover.

**مادة الحريق:** المواد التي تخفض درجة حرارة الاشتعال لمتفجر بطيء.

# 21. قائمة العبوات النافسة يدوية الصنع والمواد الكيميائية

- حمض الخليك -عضوي [C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>] أو حمض الخل (المخفف)، أسيتات الهيدروجين، ص 52.
- أسيون [CH<sub>3</sub>(CO)] أو كيتون بروبان، أو بروبانون، أو كيتون ثنائي الميثيل - ص 122.
- ألومنيوم [AL] ص 112
- كبريتات الألومنيوم [AL<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>] ص 102
- الأمونيا [NH<sub>3</sub>] أو أزان أو كربونات الأمونيوم أو روح النشادر ص 88
- نترات الأمونيوم - ألومنيوم- [ANAL] ص 167
- نترات الأمونيوم - مسحوق الكربون - ص 173
- نترات الأمونيوم-زيت الوقود - [ANFO or ANC] ص 168
- نترات الأمونيوم-مسحوق المغنيزيوم - ص 172
- نترات الأمونيوم [NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>] - ص 63
- نترات الأمونيوم-نتروبنزين- [ANNIE] - ص 169
- نترات الأمونيوم-نترو الميثان - ألومنيوم [ANMAL] ص 170
- نترات الأمونيوم-نترو الميثان- [ANNM] ص 170
- نترات الأمونيوم-نشارة الخشب - ص 172
- نترات الأمونيوم-سكر [ANS]
- مسحوق السكر [ANIS] ص 171
- نترات الأمونيوم-تي ان تي [amatol] TNT ص 173
- نترات الأمونيوم-اليوريا - ص 173
- بيركلورات الأمونيوم-الألمنيوم - ص 159
- بيركلورات الأمونيوم- [NH<sub>4</sub>ClO<sub>4</sub>] ص 76
- بيركلورات الأمونيوم - ص 159
- بيركلورات الأمونيوم-الصابون - ص 160
- كبريتات الأمونيوم- [NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>] - ص 103
- أنيلين [C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub>] أو أمينو البنزين - ص 89
- كربونات الباريوم- [BaCO<sub>3</sub>] ص 79
- كلورات الباريوم- [Ba(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] ص 71
- نترات الباريوم - [Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] ص 65
- بيروكسيد الباريوم- [BaO<sub>2</sub>] أو فوق أكسيد الباريوم - ص 80
- البنزين [C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>] أو البنزول ص 90
- بورون [B] ص 103
- سائل الفرامل ص 91
- نترات أمونيوم الكلسيوم ص 174
- هيوكلوريت الكالسيوم [Ca(ClO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>] أو C<sub>8</sub> ص 81
- رباعي كلوريد الكربون [CCI<sub>4</sub>] أو رباعي كلورو الميثان أو بنزيفورم أو رباعي الشكل - ص 123
- كبريتات النحاس الثنائي [CuSO<sub>4</sub>] أو سلفات النحاس ص 124
- القطن [C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>] ص 125
- دكسترين [C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>] ص 105
- ثنائي أزوت ثنائي النيتروبنزين [C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NO<sub>2</sub>] أو ثنائي أزوت النيتروفينول DINOL®، DDNP - ص 209
- الكترون [Mg/Al] ص 113
- إريثريتول [C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O<sub>4</sub>] أو فيستول أو فيسايت (أسماء تجارية متنوعة) ص 126
- رباعي نترات إريثريتول [C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O<sub>4</sub>] أو ETN ص 191
- الإيثانول [C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>OH] أو الكحول الإيثيلي - ص 93
- ثنائي أمين الإيثيلين [C<sub>2</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub>] ص 93
- إيثيلين جليكول [C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>] أو كحول جليكول -مضاد التجمد - ص 127
- ثنائي نترات إيثيلين الجليكول [C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O<sub>6</sub>] أو نيتروجليكول -EGDN ص 190
- الفورمالديهايد [CH<sub>2</sub>O] أو ميثانال ص 128
- زيت الوقود [C<sub>10</sub>H<sub>20</sub> - C<sub>15</sub>H<sub>28</sub>] 25% و 25% هيدروكربونات عطرية مثل وقود التدفئة والتيزل ص 94
- وقود النهب الهلامي - ص 198
- الجلسرين [C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>] أو الجليسرول أو كحول الجليسيرل - جلايكول - ص 95
- سداسي كلورو الإيثان [C<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub>] أو فوق كلورو إيثان أو سداسي كلوريد الكربون ص 129
- هكسامين [C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>N<sub>4</sub>] أو ESBIT أقرص وقود، سداسي ميثيلين رباعي أمين، أوروتروبين ص 130
- الهكسان [C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>]، سيكلي سولف (B - skellysolve) أو ايسانس esani ص 96
- هيدرازين كربوكسيميداميد [CH<sub>6</sub>N<sub>4</sub>] بيماغدين، أمينوجوانيديين أو غوانيل الهيدرازين ص 131
- حمض الهيدروكلوريك - غير عضوي [HCl] أو حمض الميرياتييك ص 54
- بيروكسيد الهيدروجين - غير عضوي [H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>] ص 55
- اليود [I<sub>2</sub>] ص 132
- أكسيد الحديد الثلاثي [Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>] أو المغرة ص 82
- رباعي كلوريد الكربون [CCI<sub>4</sub>] أو رباعي كلورو الميثان أو بنزيفورم أو رباعي الشكل ص 123
- الفحم (حتى 90% كربون) ص 104
- حامض الستريك - عضوي [C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>] أو الحمض وقود الطائرات النفاثة أو JP-9، JP-5، JP-1، TS-1، Jet A-1، JP-10- وفي العمامة: الكيروسين ص 97
- نترات الرصاص الثنائي [Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] - ص 66
- أزيد الرصاص [Pb(N<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] ص 210
- ملح - الأترج - حمض الليمون ص 53
- القهوة (السكر أو متعدد السكر) ص 104
- استيفينات الرصاص [C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>O<sub>8</sub>Pb] أو تريسينات أو فلمينات الزئبق ص 211
- المغناليوم [Al/Mg] ص 113
- المغنيزيوم [Mg] ص 114
- فلمينات الزئبق [Hg(CNO)<sub>2</sub>] أو سيانات الزئبق أو فلمينات الزئبق ص 212
- الزئبق [Hg] ص 133
- ميتانول [CHOH] أو كحول الخشب، الكاربينول، الكحول المحول أو المعطل، ص 135
- ميثيل إيثيل الكيتون [C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O] (MEK) أو البوتانون ص 98
- نترات الميثيل ص 175
- النفثالين [C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>] أو الكافور ص 106
- حمض النيتريك - غير عضوي [HNO<sub>3</sub>] أو الماء القوي أو نترات الهيدروجين، أو حمض النيتريك المدخن الأحمر (RFNA)، حمض النيتريك المدخن الأبيض (WFNA) ص 57
- نتروبنزين [C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NO<sub>2</sub>] أو نتروبنزول أو بنزين أو زيت المربران ص 99

كلورات الصوديوم ص. 157  
 هيدروكسيد الصوديوم-[NaOH] - الصّودا الكاوية-المحلول  
 القلوي-الاسكريت-الكاوية البيضاء-هيدرات الصّوديوم-ص. 140  
 هيبو كلوريت الصوديوم [NaClO] ص. 141  
 الصّوديوم [Na] ص. 115  
 نترات الصّوديوم [NaNO<sub>3</sub>] أو الصّودا ص. 69  
 بيركلورات الصوديوم [NaClO<sub>4</sub>] ص. 78  
 كبريتات الصوديوم [Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>] ص. 85  
 السوربيتول [C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O<sub>6</sub>] أو غلوسيتول أو سوربيت D ص. 109  
 كلوريد السترونتيوم [Sr(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] ص. 75  
 نترات السترونتيوم [Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] ص. 70  
 السكروز [C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>] أو السكر ص. 110  
 حمض الكبريتيك - غير عضوي [H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>] أو زيت الزّاج ص. 61  
 الكبريت [S] أو بريمتون ص. 120  
 كبريتات رباعي أمين النحاس [Cu (NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub> (ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] أو نحاس  
 شيرتبه TACC ص. 214  
 رباعي كلورو الإيثيلين [C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>] أو perc نترات البوتاسيوم  
 [KNO<sub>3</sub>] أو ملح الحجر أو نترات البوتاس ص. 67  
 بيركلورات البوتاسيوم [KClO<sub>4</sub>] ص. 77  
 بيرمنغنات البوتاسيوم [KMnO<sub>4</sub>] ص. 84  
 الفوسفور الأحمر ص. 119  
 رباعي كلورو الإيثيلين، Tetlen، Tetralex® ص. 142  
 التترازين [C<sub>2</sub>H<sub>8</sub>N<sub>10</sub>O] أو 1-تتراسين ص. 214  
 ترميت ص. 197  
 ثلاثي إيثيل الألمنيوم [C<sub>6</sub>H<sub>15</sub>Al] أو TEA ص. 198  
 اليوريا [CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>] ص. 143  
 نترات اليوريا-الألمنيوم ص. 177  
 نترات اليوريا-الفحم ص. 177  
 نترات اليوريا-زيت الوقود ص. 177  
 نترات اليوريا-المغنيسيوم ص. 178  
 نترات اليوريا-نتروبنزين ص. 178  
 نترات اليوريا-نترو الميثان ص. 178  
 نترات اليوريا-ص. 176  
 نترات اليوريا-نشارة الخشب ص. 179  
 نترات اليوريا-السكر ص. 179  
 نترات اليوريا-TNT ص. 179  
 نترات اليوريا-اليوريا ص. 180  
 فسفور أبيض أو أصفر ص. 117  
 الزينك [Zn] ص. 116

نتروسيليلوز [(C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>(NO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>] أو ورق الفلاش أو نترات  
 السيليلوز أو بيروكسيلين. ص. 136  
 نتروسيليلوز [(C<sub>6</sub>H<sub>9</sub>(NO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>] أو ورق الفلاش أو القطن  
 الفلاش أو خيط الفلاش أو القطن المتفجّر أو الكولوديون ص. 192  
 ثلاثي يوديد النتروجين [NI<sub>3</sub>] ص. 212  
 نيتروغليسرين [C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>N<sub>3</sub>O<sub>9</sub>] أو NG ص. 189  
 نيترو الميثان [CH<sub>3</sub>NO<sub>2</sub>] ص. 100  
 نترو النشا [(C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>O<sub>2</sub>(ONO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>)<sub>n</sub>] أو الزيوليدين -ص. 193  
 مخاليط أخرى - ص. 198  
 البارافين [CnH<sub>2n+2</sub>] أو الشمع أو زيت الأطفال - ص. 107  
 رباعي نترات خماسي إريثريتول [C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>N<sub>4</sub>O<sub>12</sub>] أو النيتروبنتا  
 PETN ص. 191  
 حمض البيركلوريك -غير عضوي [HClO<sub>4</sub>] - ص. 59  
 هلام النفط أولي [C<sub>15</sub>H<sub>15</sub>N] أو الفازلين ® (اسم العلامة التجارية  
 يونيليفر) - ص. 101  
 الفينول [C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH] - ص. 138  
 الفوسفور [P]- الفوسفور الأبيض والفوسفور الأحمر ص. 117  
 سائل بيكاتيني المتفجّر (PLX) - أو ميروول ص. 188  
 حمض البيكريك -عضوي [C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>N<sub>3</sub>O<sub>7</sub>] أو 6,4,2-ثلاثي  
 نتروفينول - ص. 60  
 كربونات البوتاسيوم [K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>] أو البوتاس - ص. 83  
 كلورات البوتاسيوم - الألومنيوم - ص. 153  
 كلورات البوتاسيوم - الألومنيوم - الكبريت -ص. 153  
 كلورات البوتاسيوم [KClO<sub>3</sub>] - ص. 72  
 كلورات البوتاسيوم - نتروبنزين ص. 153  
 كلورات البوتاسيوم - ص. 152  
 كلورات البوتاسيوم - البارافين (زيت الأطفال) أو هلام النفط  
 -ص. 154  
 كلورات البوتاسيوم - الفوسفور الأحمر - ص. 155  
 كلورات البوتاسيوم - السكر -السكر - ص. 156  
 كلوريد البوتاسيوم [KCL] أو سيلفيت ص. 139  
 نشارة الخشب ص. 108  
 أسيتيليد الفضة [Ag<sub>2</sub>C<sub>2</sub>] ص. 213  
 أزيد الفضة [AgN<sub>3</sub>] ص. 213  
 نترات الفضة [AgNO<sub>3</sub>] ص. 68  
 أزيد الصوديوم [NaN<sub>3</sub>] أو ثلاثي نتريد صوديوم أو سمايت ص. 214  
 كلورات الصوديوم-الألمنيوم-ص. 157  
 كلورات الصوديوم-الكبروسين ص. 158  
 كلورات الصوديوم-[NaClO<sub>3</sub>] ص. 74  
 كلورات الصوديوم-نتروبنزين ص. 158

## 31. المصادر

جاكلين أخوان، كيمياء المتفجرات، إنجلترا: نشر الجمعية الملكية للكيمياء، 2004، أرض الاختبار بمدينة أبردين (APG)، متفجرات الحفاء والأعداء، ماريلاند، الولايات المتحدة الأمريكية، 1946. ويلفرد بايكر ومينغ جون تانغ. الغاز والغبار والانفجارات الهجينة، دار النشر الزفير، 1991

المحررون بيرنهارد، كلاوس، وبيتر ستادلر وفرانز شورغوبر. دليل المعالجة الآمنة للألمنيوم والمغنيسيوم (Leitfaden für einen sicheren Umgang mit Aluminium und Magnesium) الذي أعده قسم حماية البيئة وإدارة النفايات، مكتب حكومة ولاية النمسا العليا، 2001.

بروس بوتلر، وهانس بيتر، وهارولد بوشكس بيلومي، وأندرياس بوشمان، وستيفان بوركي، وريمون دومون، وويرنر فريدلي وبرونو هيرتزوغ وغيرهم. دليل عملي: تخزين المواد الخطرة. (Lagerung gefährlicher Stoffe, Leitfaden für die Praxis)، الإدارات البيئية في كانتونات سويسرا وتورغو وزيورخ وكذلك وكالة التأمين على المنازل في زيورخ (GVZ)، الطبعة الثالثة المنقحة، 2018.

سيلفي بروشو، "تقييم تأثير نترات الأمونيوم وزيت الوقود على البيئة-التحقيق الفندي 01-09" بحوث الدفاع والتنمية كندا، مذكرة فالكارتييه كندا، كانون الثاني/يناير 2010.

غاريث كوليت، العبوات الناسفة يدوية الصنع، دليل شامل، وزارة الدفاع البريطانية، 2020.

جون كونكلينغ: كيمياء الألعاب النارية، نيويورك، الولايات المتحدة الأمريكية، مؤسسة مارسيل ديكر، 1985.

دانييلوف، جيه أن، م. أ. إليوسين و IV. تسلينسكي. تطوير مكونات التراكيب ذات الطاقة العالية، Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi tekhnologicheskii institut، سانت بطرسبرغ، 2001.

تيني لومبارد دافيس، كيمياء المسحوق والمتفجرات، نيويورك، الولايات المتحدة الأمريكية: جون واي وأولاده، 1956. وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA)، "استشارات كيميائية، التخزين والتعامل والإدارة الآمنون لنترات الامونيوم" أب/أغسطس 2013.

باسيل فيديروف، وهنري آرونسون، وإيرل ريس، وأوليفر شيفيلد وجورج كليفت. موسوعة المتفجرات والمواد ذات صلة، المجلدات 1-10، نيو جيرسي، الولايات المتحدة الأمريكية: قيادة البحث والتطوير في الجيش الأمريكي (ARDEC) قيادة دبابات جيش الولايات المتحدة وقيادة الأسلحة (TACOM)، الرؤوس الحربية، ومركز دعم الطلقة والقتال ومنشأة بيكاتيني أرسنال، 1960.

جون فيلد، "آليات إشعال النقاط الساخنة للمتفجرات" مرفق بكيمياء مادة. عدد 1 (1 تشرين الثاني/نوفمبر 1992): 496-489.

يودس ايتيرنو فيلتي، وفيتالي شعبان وأوليف بريزهو، "انفجار النترو الميثان في الحاسوب، في الوقت الفعلي"، Exploding Nitromethane in Silico, in real time) مجلة رسائل الكيمياء الفيزيائية 5(19)، (2014): 3420-3415.

ولف هامبغ، كتاب مدرسي لدورة خاصة معتمدة من الدولة في الألعاب النارية

(Lehrbuch Zum Staatlich Anerkannten Sonderlehrgang Pyrotechnik)، الطبعة الثالثة، بأيسينبيرغ ألمانيا، أثار هامبغ، 2009.

اليوشن، وتسيلينسكي وسوداريكوف، المتفجرات الصناعية الجزء 1، بدء المتفجرات SPB:LGU im. A.S. Pushkina (SPBGTI(TU -)، سانت بطرسبرغ، 2006.

كينيث كوسانكي، وبوني كوسانكي "توليد شرارة الألعاب النارية" منشورات الألعاب النارية المختارة لكينيث وبوني كوسانكي، الجزء الرابع (1999): 62-49.

بول لاسكا، القنابل والعبوات الناسفة المبتكرة والمتفجرات، صحافة سي أر سي (مجموعة تايلور وفرانسيس)، 2015.

ادغار لورانس، متفجر ثابت يحتوي على النيترو الميثان والأمين. قُدمت براءة الاختراع الأمريكية رقم 3239395A في 18 تموز/يوليو، 1945، وأصدرت في 8 آذار/مارس 1966.

المحرر ريشارد لويس، خصائص ساكس الخطرة للمواد الصناعية. الإصدار الحادي عشر. هوبوكين، نيوجيرسي، الولايات المتحدة الأمريكية: شركة جون وايلي وأولاده، 2004.

لويس ميدار، انفجارات عرضية، المجلد 2: أنواع المتفجرات، نيويورك: جون وايلي وأولاده، 1989.

رودولف ماير، وجوزف كوخلر، وأكسل هومبرغ. المتفجرات. الطبعة السادسة، فاينهايم، ألمانيا: شركة النشر -Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA، 2007.

رودولف ماير وجوزف كوخلر وأكسل هومبرغ. المتفجرات. الطبعة العاشرة، فاينهايم، ألمانيا: شركة النشر -Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA، 2008.

الرابطة الوطنية للحماية من الحرائق (NFPA). دليل الحماية من حرائق المواد الخطرة، الطبعة السادسة، بوسطن، ماساشوستس، الولايات المتحدة الأمريكية، الرابطة، 1975.

منظمة الأمن والتعاون في أوروبا (OSCE)، وقود الصواريخ السائل في منطقة منظمة الامن والتعاون في اوروبا: نظرة عامة على جوانب التخلص، 2008.

هوارد رييد "تقييم المتفجرات: النيترو الميثان الهلامي والردغة كأنظمة متفجرة سائبة عسكرية" التقرير النهائي، محطة تجربة الممرات المائية لمهندس الجيش الأمريكي، فيكسبيرغ ميسيسيبي، الولايات المتحدة، 1976.

المحرر جوزيف شوماخر، البيركلورات: خصائصها، وصناعتها، واستعمالاتها، نيويورك، الولايات المتحدة: شركة رينهولد للنشر، 1960.

سيفابيراكاسام وسوربانارايبانان. "التحقيق التجريبي للحساسية الميكانيكية ومستوى الضوضاء لتركيبات الفلاش النارية المختلفة"، علوم وتكنولوجيا المواد النشطة، 70 (5) (2009): 140-144.

الأمم المتحدة، معايير الأمم المتحدة للتخلص من الأجهزة المتفجرة المرتجلة، أيار/مايو 2018.

دائرة الأمم المتحدة للأعمال المتعلقة بالألغام (UNMAS). معجم العيوب النافسة المبتكرة، نيويورك، الولايات المتحدة الأمريكية، أورياناسكي تادوس. كيمياء وتكنولوجيا المتفجرات المجلدات 1، 2، 3، 4، المملكة المتحدة، مطبعة بيرغامون، 1964.

المحررون اورين وبيتر وليسلي بريثريك. كتيب بريثريك للمخاطر الكيميائية التفاعلية. الطبعة السادسة، المجلد 1، بترووث-هاينمان، 1999.

المحررون اورين وبيتر وليسلي بريثريك. كتيب بريثريك للمخاطر الكيميائية التفاعلية. الطبعة السادسة، المجلد 2، بترووث-هاينمان، 1999.

وزارة الدفاع الأمريكية-وكالة الحد من التهديدات الدفاعية. المواد المتفجرة اليدوية الصنع. المنظمة المشتركة لهزيمة التهديد المرتجل، 2012.

فاشبوشفير لاغ. الكيمياء-عمل مرجعي للمواضيع الأساسية (Chemie – Nachschlagewerk für Grundlagenfächer) (مؤلفون متنوعون)، لايبزيغ، ألمانيا، الطبعة السادسة، 1969.

# 41. مراجع إضافية

موسوعة ChemEurope للكيمياء:

<https://www.chemeuropa.com/en/encyclopedia/>

كتيب الكيمياء والفيزياء لسي آر سي:

<http://hbcponline.com/faces/contents/ContentsSearch.xhtml>

منظمة الأمن العالمي:

<https://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/explosives-anfo.htm>

الموقع الإلكتروني للمبادئ التوجيهية التقنية الدولية للذخيرة:

<https://unsafeguard.org/>

خدمة المعلومات عن المواد الخطرة للجمعية الألمانية للتأمين الاجتماعي ضد الحوادث:

<https://www.dguv.de/ifa/gestis/index-2.jsp>

المعجم "ثيم" Thieme الألماني:

<https://roempp.thieme.de/>

مجموعة المراجع عبر الإنترنت Science Direct:

<https://www.sciencedirect.com/referencework/9780124095472/chemistry-molecular-sciences-and-chemical-engineering>

المكتبة الوطنية الأميركية للطب ChemIDplus:

<https://chem.nlm.nih.gov/chemidplus/chemidlite.jsp>

المكتبة الوطنية الأميركية للطب PubChem:

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/x>

المكتبة الوطنية الأميركية للطب PubMed:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>







تمت ترجمة هذا الدليل للغة العربية بتمويل  
ودعم سخّي من الصندوق العربي للإنماء  
الإقتصادي والإجتماعي



مركز جنيف الدولي لأنشطة إزالة الألبام للأغراض الإنسانية (GICHHD)  
بيت السلام، البرج 3، شارع أوجين-ريغو C2  
ص.ب. 1300CH-1211 جنيف 1، سويسرا  
info@gichd.org  
gichd.org

