

SPRÄNGKAPSLAR UTAN BLYACID

Tommy Sjölin

DS 1971:28

2.7.1971

STIFTELSEN
SVENSK DETONIKFORSKNING
SWEDISH DETONIC RESEARCH FOUNDATION

VINTERVIKEN — 117 48 STOCKHOLM
SWEDEN

SPRÄNGKAPSLAR UTAN BLYACID

Tommy Sjölin

DS 1971:28

2.7.1971

Sammanfattning:

Under tiden november 1967 - april 1968 gjordes i Vinterviken en serie laboratorieförsök med tillverkning av elsprängkapslar utan blyacid. Idén bakom försöken var att tända det initieringskänsliga och detonationsvilliga sekundärsprängämnet pentyl med tändpärla och genom tillräcklig inneslutning förmå förbränningen att övergå till detonation. Pentylen skulle därvid tjäna som primärladdning i sprängkapselhylsor med normal sekundärladdning av hexotol.

Försöken resulterade i en momentsprängkapsel med tre nya komponenter istället för blyacid: 1. 0.6 g oflegmatiserat pentylpulver, 2. En 42 mm lång stålhylsa för inneslutning av pentylpulvret, 3. Ca. 100 mg tändpärlasats förutom den ordinarie tändpärlan.

Tändtiden för sådana pentylsprängkapslar blev under en millisekund dvs. likvärdig med tändtiden för fabriktillverkade momentsprängkapslar (DNAG).

Huruvida konstruktionen är användbar för intervallsprängkapslar med fördröjningselement är ej experimentellt klarlagt, men förutsättningarna bedöms som gynnsamma.

De föreliggande försöksresultaten ger emellertid möjlighet till bedömning av fördelar och nackdelar jämfört med normala blyacidsprängkapslar. Några synpunkter på detta anges efter försöksbeskrivningen.

1. Pentylens tändvillighet för tändpärla typ S.
2. Minskning av pentylmängden.
3. Fördröjningselement.
4. Tändtiden.
5. Synpunkter på resultaten.
6. Övriga försök.

1. Pentylens tändvillighet för tändpärla typ S.

- 1.1. Oflegmatiserat torkat pentylpulver NSP 12 från Bofors fylldes på hexotolen i en normal sprängkapselhylsa från Gyttertorp, tändpärlan trycktes ned i pulvret och hylsan krymptes med apterapparat, fig. 1a. Vid tändningen fläcktes hylsan upp av pentylens reaktion men hexotolen förblev intakt. I ett kontrollförsök med inert pulver (kiselsand) istället för pentyl hördes ingen ljudeffekt och hylsan förblev opåverkad.
- 1.2. Pentylens inneslutning förbättrades därefter med ett 24 mm långt stålrör (Sandvikens kalldraget) med 4 mm innerdiameter och 1 mm godstjocklek enligt fig. 1b. Resultatet förbättrades genom att reaktionen i pentylen blev kraftigare varvid hexotolen slogs sönder men ej initierades. Stålröret förblev helt.
- 1.3. Stålrörets längd ökades i nästa försök till 133 mm. För indikering av detonation ställdes röret på en 3 mm tjock mässingsplåt istället för på hexotol. Verkan på plåten visade att pentylen detonerat vid laddningens slut, och av den kvarvarande rörbitens längd (24 mm) att döma startade detonation eller kraftig reaktion efter ca. 21 mm brännsträcka (övergångsträcka), se bild 1a. Vilket stadium, i övergången från förbränning till detonation, som medför att stålröret splittras är oklart. Detonationens start kan därför ej lokaliseras närmare än till mellan 21 mm och 130 mm från tändpärlan räknat.
- 1.4. Stålrörets längd minskades därefter till 40 mm. I god överensstämmelse med föregående försök, blev den kvarvarande rörbitens längd 23 mm, men mässingsplåten indikerade ej detonation.
- 1.5. För att öka mängden pentyl per längdenhet och därigenom förkorta övergångsträckan, ökades stålrörets innerdiameter från 4.0 till 5.0 mm (godstjocklek 0.5 mm). I ett försök med 40 mm rörlängd splittrades hela röret och verkan på mässingsplåten blev något kraftigare än vid föregående försök, bild 1b.

- 1.6. För kontroll av verkan på mässingsplåten och stålsplittrens utseende, initierades pentylen till omedelbar detonation med detonerande tändpärla (HX 20) i ett försök med stålrör enligt föregående punkt. Verkan på mässingsplåten blev ytterligare något kraftigare, men skillnaden var ej markant, bild 1c.
- 1.7. Pentylens initieringsstyrka vid 40 mm rörlängd visade sig otillräcklig för initiering av hexotolen, som framgår av försök 3.5 under rubriken fördröjningselement.
- 1.8. Ökning av initieringsstyrkan genom förkortning av övergångssträckan antogs kunna uppnås genom förbättrad tätning bakåt och därmed ökat gastryck vid förbränningen. Stålröret ersattes därför med en 42 mm lång silverstålhylsa med 5.0 mm innerdiameter och 0.5 mm godstjocklek enligt fig. 1c. Hylsans 2 mm tjocka botten tjänade som tätning bakåt och var genomborrad av ett tändhål med 1.4 mm diameter. Tändpärlans flamma bedömdes ej kunna tända pentylen tillfredsställande genom tändhålet, varför ca. 100 mg extra tändpärlsesats (sekundär) i flytande form droppades i stålhylsan och torkades i värmeskåp vid 75°C. I ett försök pressades pulverformig tändpärlsesats, se tabell 1. Hylsan fylldes därefter med pentylpulver och anbringades mot hexotolen.
- Resultatet blev positivt i tre försök av tre med sådana stålhylsor. Hexotolen initierades och tändtiderna blev 0.47 ms, 0.87 ms resp. 0.70 ms. Mängden pentyl var 656 mg, 634 mg resp. 632 mg. Stålsplittrens utseende i ett av försöken framgår av bild 1d.
- 1.9. I tre jämförande försök med fabrikstillverkade tyska momentsprängkapslar (DNAG) uppmättes tändtiderna 1.02 ms, 0.91 ms och 1.05 ms.

2. Minskning av pentylmängden.

- 2.1. Pentylmängden i varje försök framgår av tabell 1.
- 2.2. Pentylmängden minskades till mellan 440 mg och 500 mg genom avkortning av stålhylsans längd till 32 mm. Av tre försök med olika tändhålsdiameter (ϕ), gav två positivt resultat med tändtiderna 0.66 ms ($\phi = 1.4$ mm) resp. 0.47 ms ($\phi = 2.0$ mm).

I det tredje försöket ($\phi = 1.0$ mm) splittrades stålhylsan och hexotolen slogs delvis sönder men initierades ej.

- 2.3. Stålhylsans längd minskades ytterligare till 27 mm i två försök ($\phi = 1.0$ mm resp. 1.4 mm), och till 22 mm i ett försök ($\phi = 1.4$ mm). Samtliga tre försök resulterade i bomskott varvid stålhylsan splittrades och hexotolen delvis slogs sönder.
- 2.4. Stålhylsans godstjocklek ökades i tre försök till 1.0 mm (innerdiameter = 4.0 mm). I två försök med hylslängden 27 mm ($\phi = 1.4$ mm resp. 2.0 mm) erhöles bomskott varvid stålhylsan fläktes upp och hexotolen delvis slogs sönder. 42 mm lång hylsa ($\phi = 1.0$ mm) med 400 mg pentyl gav positivt resultat med tändtiden 0.63 ms.
- 2.5. De negativa resultaten med 27 mm hylslängd gav anledning att öka tändintensiteten på pentylpulvret. Mängden tändpärlsats i stålhylsan fördubblades därför till 207 mg i ett försök med 5.0 mm innerdiameter ($\phi = 1.4$ mm). Försöket gav bomskott med stålhylsan splittrad och hexotolen delvis sönderlagen på liknande sätt som för 95 mg tändpärlsats.
- 2.6. Tändpärlsatsen i stålhylsan ersattes i ett försök med 135 mg bariumperoxid/aluminiumpulver 83/17. Med 32 mm hylslängd och 5.0 mm innerdiameter ($\phi = 1.4$ mm) erhöles bomskott. Hylsan fläktes upp och hexotolen slogs delvis sönder.

3. Fördröjningselement.

- 3.1. Försök att tända pentylpulvret med fördröjningselement gjordes före försöken med stålhylsor med tätning bakåt varför resultaten ej behöver betraktas som slutgiltiga.
- 3.2. Fördröjningselementet (9 mm långt fabriksselement från Gytterp) trycktes ned mot pentylen i 40 mm långt stål rör (5.0 x 0.5 mm) enligt fig. 2a. Resultatet blev negativt genom att fördröjningssatsens långsamma reaktion ej tände pentylen.

- 3.3. 2 st avklippta tändpärlor anbringades därför mellan fördröjnings-elementet och pentylen enligt fig. 2b. Kraftig reaktion erhöles varvid stålröret splittrades. Verkan på mässingsplåten blev något svagare än av detonerande pentyl i kontrollförsök 1.6.
- 3.4. De avklippta tändpärlorna ersattes därefter med mellan 70 mg och 96 mg tändpärlsats i en 5 mm djup koaxial urborrning (4 mm diameter) i fördröjningselementet, fig. 2c. I tre försök erhöles kraftig reaktion i pentylen varvid stålröret splittrades på liknande sätt som i föregående punkt.
- 3.5. Reaktionen i pentylen visade sig otillräcklig för initiering av hexotolen. Två försök med fördröjningselement och stålrör enligt föregående punkt resulterade i bomskott med hexotolen delvis sönderslagen. I ett av försöken användes finkornig pentyl erhöles genom upplösning av NSP 12 i aceton och utfällning med vatten. Anmärkningsvärt är att stålsplittren i dessa två försök blev större (långsammare reaktion i pentylen) än i de tre försöken enligt punkt 3.4, troligen beroende på otillräcklig reproducerbarhet med denna försöksanordning.
- 3.6. Pentylpulvret pressades i stålröret vid två försök med fördröjningselement enligt punkt 3.4. Med presstrycket 383 kp/cm^2 erhöles tätheterna 1.48 g/cm^3 för kornstorlek NSP 12 resp. 1.36 g/cm^3 för finkornig pentyl. Resultatet blev negativt. Stålrören fläktes upp och hexotolen slogs delvis sönder.

4. Tändtiden.

- 4.1. Tändtiden uppmättes med mikrosekunderäknare, varvid startpulsen erhöles från tändströmmen och stoppulsens från en joniseringskontakt under sprängkapselns botten. Tändspänningen var 100 V och kapacitansen $4 \mu\text{F}$. Ledningsmotståndet med inkopplad tändpärla uppmättes till 1.53 ohm. Enligt uppgift från Gytterorp är dessa värden tillfredsställande vid bestämning av tändtiden hos sprängkapslar med tändpärla typ S.
- 4.2. För kontroll av apparaturen gjordes fyra försök med fabrikstillverkade kortintervallsprängkapslar typ S från Gytterorp. Som framgår av tabell 2 visar uppmätta tider tillfredsställande överensstämmelse med i Rock Blasting angivna värden.

5. Synpunkter på resultaten.

- 5.1. Resultaten är i flera avseenden ofullständiga på grund av försöksseriens begränsade omfattning. Oklara men intressanta frågor synes t.ex. vara: Kan fördröjningselement användas tillsammans med stålhylsa med tätning bakåt? Kan pentylmängden minskas genom pressning i stålhylsan? Kan mängden tändpärlsats minskas eller ersättas med någon hanteringssäkrare blandning? Kan inneslutningshylsan göras av annat material än stål?
- 5.2. Med stöd av de föreliggande resultaten kan nedanstående synpunkter framhållas.
- 5.3. Värdet av att blyacidhanteringen elimineras motverkas av konstruktionens nackdelar, exempelvis:
- 5.4. Tillverkningskostnaden för de nya komponenterna pentyl, stålhylsa, tändpärlsats.
- 5.5. De allvarliga konsekvenser som stålsplittren kan medföra vid olyckstillbud där endast sprängkapseln detonerar.
- 5.6. Säkerhetsproblem vid pressning av tändpärlsatsen i stålhylsan.

6. Övriga försök.

- 6.1. Pentylen pressades med 300 kp/cm^2 till tätheten 1.42 g/cm^3 i stålrör enligt punkt 1.4. Resultat: pentylen tände ej.
- 6.2. Stålröret i försök 1.5 ersattes med aluminiumrör. Resultat: reaktionen i pentylen avstannade, 10 mm kvar av röret.
- 6.3. Frågeställning: Kan stålrörets godstjocklek ökas tillräckligt för att röret skall förbli helt vid detonationen, och stålsplittren därigenom elimineras? Blir därvid pentylens laddningsdiameter tillräcklig för initiering av hexotolen? I tre försök med 40 mm långa silverstålrör med olika godstjocklek initierades pentylpulvret med detonerande tändpärla (HX20) varvid följande resultat erhöles: Stålrör $2.0 \times 2.0 \text{ mm}$ (innerdiameter $\times$ godstjocklek), hexotolen initierades och röret spräcktes men förblev i ett stycke; Stålrör $1.8 \times 2.1 \text{ mm}$, hexotolen initierades och röret förblev helt; Stålrör $1.6 \times 2.2 \text{ mm}$, hexotolen initierades ej och röret förblev helt.

- 6.4. I två försök med stålhylsa med tätning bakåt anbringades den extra tändpärlesatsen genom doppning av hylsan i flytande tändpärlesats. Resultatet blev negativt, hexotolen initierades ej.

Tabell 1. Samtliga försök. Numrering hänför sig till försöksbeskrivningen.

p_r = presstryck på pentylen i kp/cm^2 . ρ = täthet i pentylen g/cm^3 .

Nr	Inneslutningsrör				Tänd- pärte- sats mg	Pentyl		Anm.
	Material	$\phi_i \times \text{gods}$ mm	längd mm	tänd- hål ϕ mm		mg	laddn.- längd mm	
1.1.	-	-	-	-	-	?	-	
1.2.	Sandvik	4.0×1.0	24	-	-	?	24	
1.3.	- " -	- " -	133	-	-	"	133	
1.4.	- " -	- " -	40	-	-	420	40	
1.5.	- " -	5.0×0.5	40	-	-	600	40	
1.6.	- " -	- " -	40	-	-	630	40	
1.8.	Silverstål	- " -	42	1.4	76	656	40	tändpärla HX20
1.8.	- " -	- " -	42	1.4	108	634	40	tändtid 0.47 ms
1.8.	- " -	- " -	42	1.4	116	632	40	- " - 0.87 ms
2.2.	- " -	- " -	32	1.4	92	444	30	- " - 0.70 ms
2.2.	- " -	- " -	32	2.0	90	502	30	- " - 0.66 ms
2.2.	- " -	- " -	32	1.0	100	476	30	- " - 0.47 ms
2.3.	- " -	- " -	27	1.0	107	352	25	
2.3.	- " -	- " -	27	1.4	95	322	25	
2.3.	- " -	- " -	22	1.4	104	236	20	
2.4.	- " -	4.0×1.0	27	1.4	84	248	25	
2.4.	- " -	- " -	27	2.0	120	200	25	
2.4.	- " -	- " -	42	1.0	40	400	40	tändtid 0.63 ms
2.5.	- " -	5.0×0.5	27	1.4	207	358	25	
2.6.	- " -	- " -	32	1.4	135	468	30	
3.2.	Sandvik	- " -	40	-	-	640	40	BaO ₂ /Al
3.3.	- " -	- " -	40	-	-	570	40	
3.4.	- " -	- " -	39	-	70	623	34	
3.4.	- " -	- " -	39	-	96	630	34	
3.4.	- " -	- " -	39	-	94	610	34	
3.5.	- " -	- " -	40	-	72	578	35	
3.5.	- " -	- " -	40	-	70	408	35	finkornig pentyl
3.6.	- " -	- " -	40	-	58	1026	35	NSPI2, $p_r=383$, $\rho=1.4$
3.6.	- " -	- " -	40	-	74	894	34	fink., $p_r=383$, $\rho=1.3$
6.1.	- " -	4.0×1.0	40	-	-	650	36	
6.2.	Aluminium	5.0×0.5	40	-	-	640	40	
6.3.	Silverstål	2.0×2.0	42	-	-	112	41	
6.3.	- " -	1.8×2.1	42	-	-	87	40	
6.3.	- " -	1.6×2.2	42	-	-	70	40	
6.4.	- " -	5.0×0.5	42	1.4	90	610	40	
6.4.	- " -	- " -	42	1.4	30	640	40	

1) Pressad tändpärlsats, 1000 kp/cm^2 .

Tabell 2. Tändtider för fabriktillverkade sprängkapslar.

Uppmätta tider samt jämförande värden ur Rock Blasting.

Sprängkapsel	Tändtid ms	
	Uppmätt	Rock Blasting
Gyttorp K typ S nr 1	8.51	9 $\pm$ 4
- " - " S nr 4	41.90	40 $\pm$ 4
- " - " S nr 4	45.98	40 $\pm$ 4
- " - " S nr 30	511.50	500 $\pm$ 12
DNAG elmoment	1.02	-
" "	0.91	-
" "	1.05	-

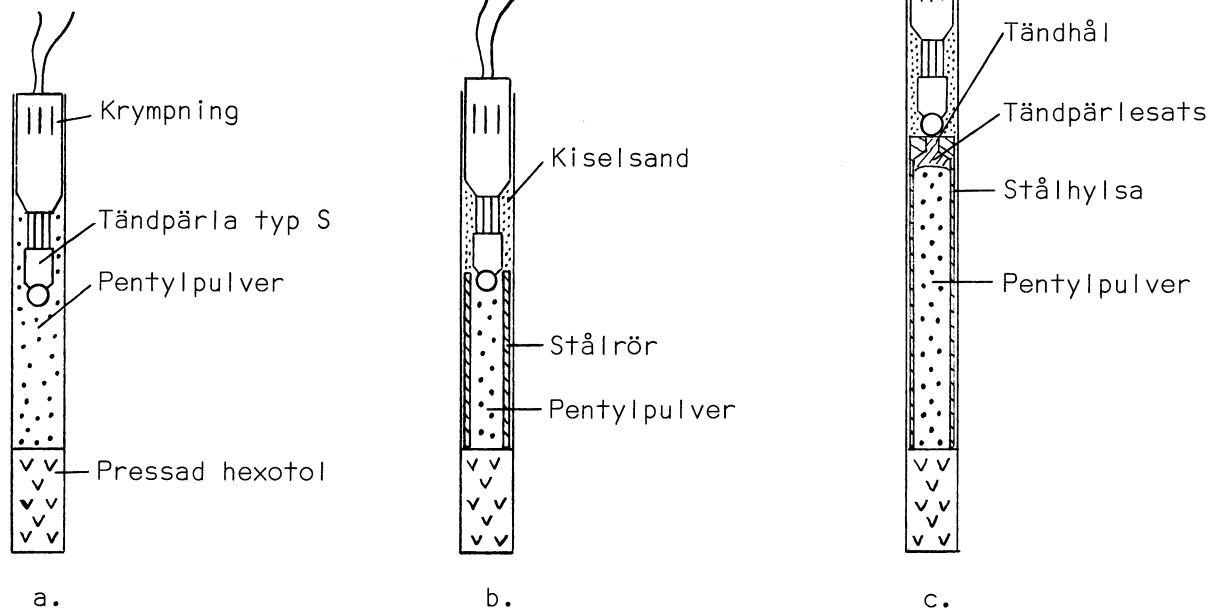


Fig. 1. Pentylpulver i a. Normal sprängkapselhylsa. b. 24 mm långt stålrör. c. 42 mm lång stålhylsa med tätning bakåt.

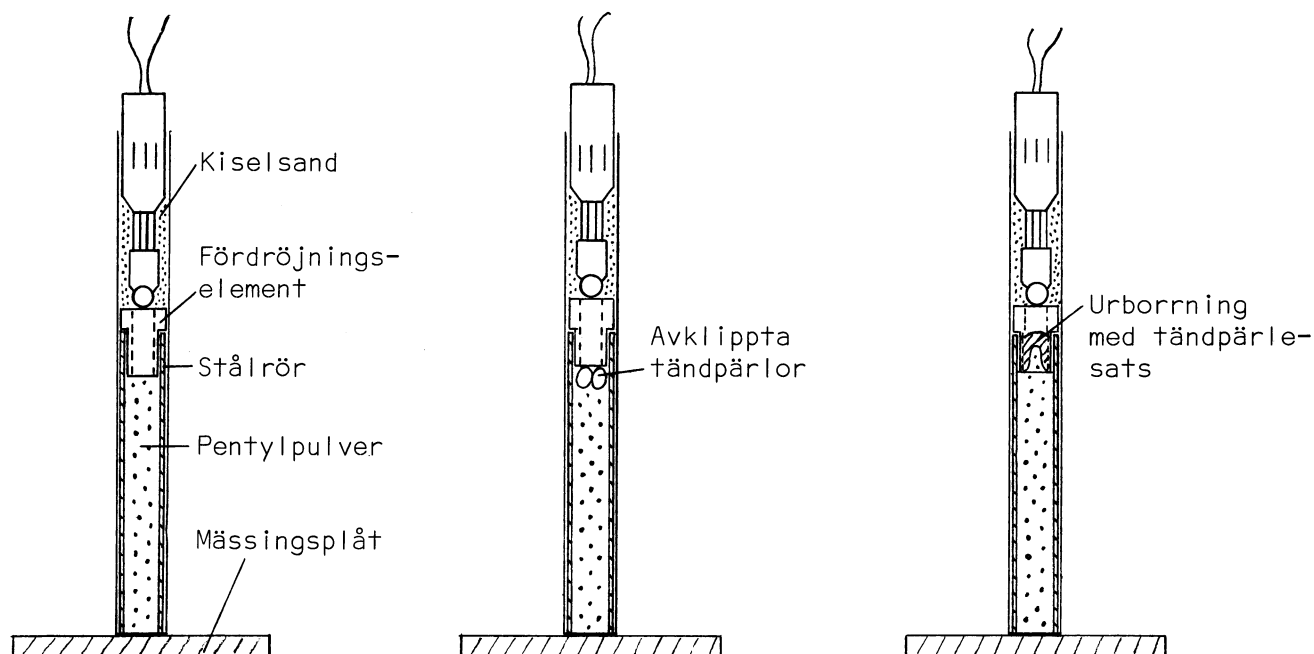


Fig. 2a. Fördröjningselement mot pentylpulvret. b. 2 avklippta tändpärlor mellan fördröjningssats och pentylpulver. c. Urborrat fördröjningselement med tändpärlsats.

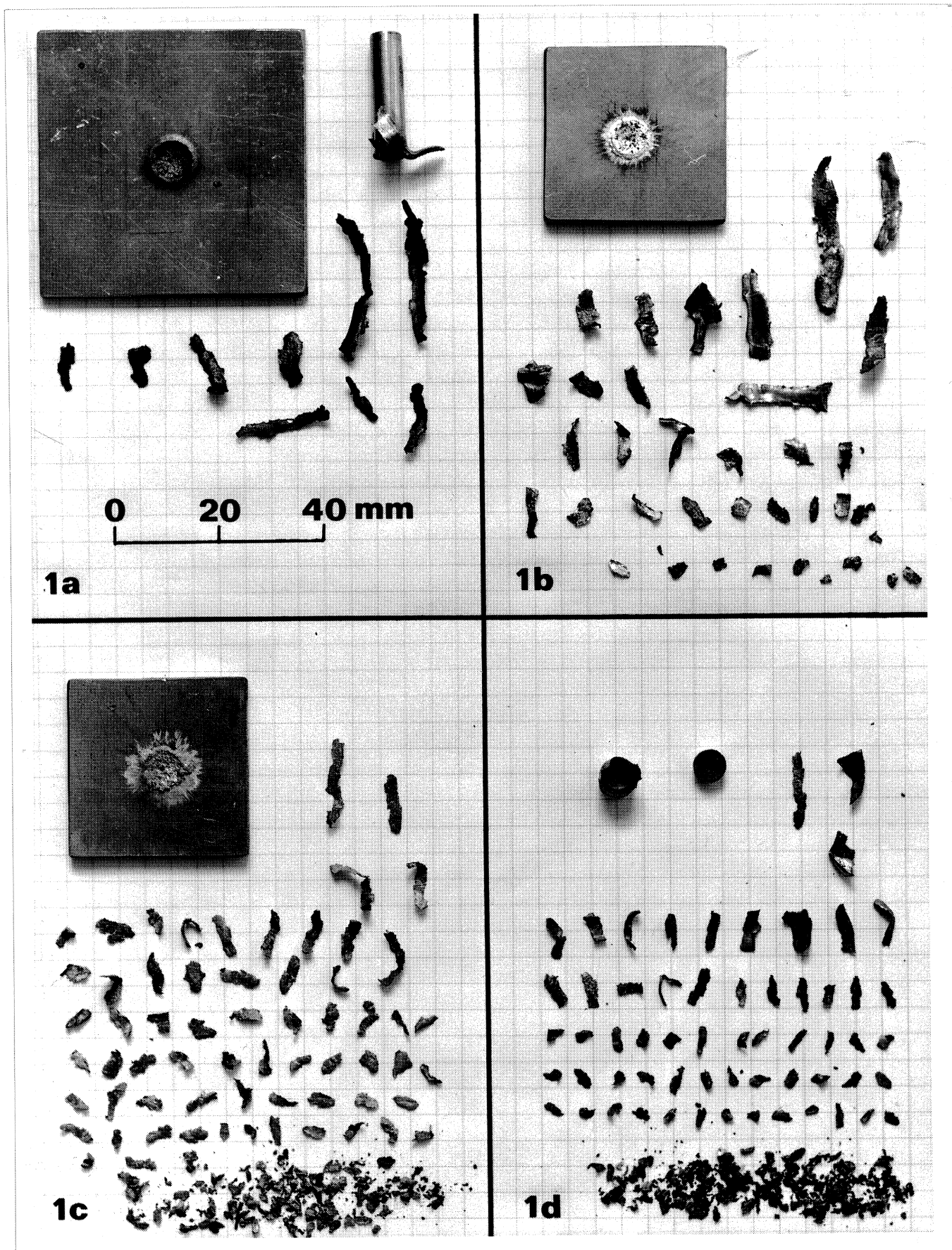


Bild 1. Pentylpulver i a. 133 mm långt stålrör 4.0x1.0 mm, tändpärla typ S, tejp mellan pentyl och mässingsplåt. b. 40 mm långt stålrör 5.0x0.5 mm, tändpärla typ S, 0.7 mm aluminium mellan pentyl och mässingsplåt. c. 40 mm långt stålrör 5.0x0.5 mm, tändpärla HX 20, 0.7 mm aluminium mellan pentyl och mässingsplåt. d. 42 mm lång stålhylsa med tätning bakåt, tändpärla typ S + tändpärllesats.