

FFI RAPPORT

**EGENSKAPER TIL PBXN-109 ALDRET I 18
MND VED 60°C - PBXN-109 med RS-RDX
Ch. 719/03 v.78 krystaller**

NEVSTAD Gunnar Ove

FFI/RAPPORT-2007/01568

**EGENSKAPER TIL PBXN-109 ALDRET I 18 MND
VED 60°C - PBXN-109 med RS-RDX Ch. 719/03 v.78
krystaller**

NEVSTAD Gunnar Ove

FFI/RAPPORT-2007/01568

FORSVARETS FORSKNING SINSTITUTT
Norwegian Defence Research Establishment
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2007/01568	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED	3) NUMBER OF PAGES 26
1a) PROJECT REFERENCE FFI-V-339301/130	2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	
4) TITLE EGENSKAPER TIL PBXN-109 ALDRET I 18 MND VED 60°C - PBXN-109 med RS-RDX Ch. 719/03 v.78 krystaller Properties of PBXN-109 Aged at 60°C for 18 Months. PBXN-109 Containing RS-RDX CH. 719/03 v.78 Crystals.		
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) NEVSTAD Gunnar Ove		
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)		
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: IN NORWEGIAN:		
a) <u>RS-RDX (Reduced Sensitivity)</u>	a) <u>RS-RDX</u>	
b) <u>PBXN-109</u>	b) <u>PBXN-109</u>	
c) <u>Gap test</u>	c) <u>Gaptest</u>	
d) <u>Critical Diameter</u>	d) <u>Kritisk diameter</u>	
e) <u>Accelerated Ageing</u>	e) <u>Akselerert aldring</u>	
THESAURUS REFERENCE:		
8) ABSTRACT <p>Questions have been asked about the stability of RS-RDX with regard to shock sensitivity during the lifecycle of a PBX. To study if RS-RDX does change properties due to ageing, PBXN-109 was selected as our composition for an ageing study. RDX crystals were produced by Dyno Nobel. The study includes testing of virgin PBXN-109 and PBXN-109 aged at 60°C for 3, 6, 12 and 18 months. In addition to shock sensitivity determined by Intermediate Scale Gap Test, the test programme included testing of Critical Diameter and Shore A hardness.</p> <p>This report contains test results for PBXN-109 aged 18 mounts at 60°C. The obtained shock sensitivity of 57 kbar is slightly lower than for virgin PBXN-109 containing RS-RDX CH. 719/03 v.78. For PBXN-109 aged 18 months a critical diameter of 7.3 mm was observed, this is slightly lower than for virgin material but not different from samples aged for 3, 6 and 12 months. The Shore A hardness has increased slightly after ageing at 60°C for 18 months both compared with the Shore A hardness properties of virgin and samples aged for 3, 6 and 12 months.</p>		
9) DATE 2007-06-12	AUTHORIZED BY This page only Bjarne Haugstad	POSITION Director of Research

INNHOOLD

	Side	
1	INNLEDNING	7
2	EKSPERIMENTELT	8
2.1	Aldring	8
2.2	Intermediate Scale Gap test	8
2.3	Hardhetsmålinger	8
2.4	Kritisk diameter	8
3	RESULTAT	10
3.1	Aldring	10
3.1.1	Vektendring av lagret Gaptestrør	10
3.1.2	Vektendring for aldret sprengstoffkoner	10
3.1.3	Vektendring for legemer benyttet til hardhetsmålinger	11
3.2	Kritisk diameter	11
3.3	Sjokkfølsomhet – Intermediate Scale GAP Test	14
3.3.1	Harhetsmålinger	21
4	SAMMENDRAG	24
	Litteratur	25

EGENSKAPER TIL PBXN-109 ALDRET I 18 MND VED 60°C - PBXN-109 med RS-RDX Ch. 719/03 v.78 krystaller

1 INNLEDNING

De senere år har RS-RDX (Reduced Sensitivity) eller I-RDX[®] (Insensitive) som tidligere franske SNPE nå EURENCO benytter, blitt viet stor oppmerksomhet grunnet sterkt forbedret sjokkegenskaper for produkter som PBXN-109 (1-6). Flere produsenter av RDX kan i dag levere RDX kvaliteter med tilsvarende egenskaper som EURENCOs I-RDX[®]. EURENCO som var først ute med å markedsføre sitt produkt, har enerett på å benytte betegnelsen I-RDX[®]. Resterende produsentene samt NATO, benytter derfor i dag RS-RDX betegnelsen på denne type RDX. I NATO har AC/326 SG 1 i samarbeid med MSIAC satt i gang arbeidet med å oppdatere STANAG 4022 for RDX slik at den i fremtiden vil inkludere RS-RDX (7-8).

Nyproduserte krystaller av RS-RDX gir ved anvendelse i komposisjoner som PBXN-109, produkter med en sjokkfølsomhet som er signifikant lavere enn for tilsvarende produkter basert på standard RDX (1-6). Ved bruk av RS-RDX i stedet for standard RDX i PBXN-109 oppnås en reduksjon i sjokkfølsomheten med en faktor 2 eller mer, fra 25 kbar til 50-60 kbar. Imidlertid har det fra enkelte aktører blitt stilt spørsmål ved om sjokkegenskapene endres for produkter etter som de blir eldre (9,10).

RDX fremstilles kommersielt hovedsakelig via to prosesser (7-8):

- Woolwich prosess – nitrering med salpetersyre som gir type I RDX med lite eller ingen HMX.
- Bachman prosess – nitrering i aceto-salpetersurt miljø som gir type II RDX med inntil 17% HMX.

I Norge benytter Dyno Nobel sist nevnte prosess. Det er for denne prosessen det er rapportert endringer i produktgenskaper når produktene eldes (9,10).

For å undersøke om disse observasjonene er generelle eller kun knyttet til de spesifikke forholdene og produsentene som har levert krystallene til ovenfor nevnte studier, har vi gjennomført studier på PBXN-109 i Norge med RS-RDX produsert av Dyno Nobel. I referanse 11 ble PBXN-109 produsert av to forskjellige klasse 1 krystallpartier, Ch.167/03 og Ch.719/03, og testet med hensyn på sjokkfølsomhet og kritisk diameter. Et like stort antall prøver som det som ble testet nyprodusert, ble lagt til akselerert aldring ved 70°C. Testing av disse ble gjennomført etter at de hadde oppnådd et aldringsnivå tilsvarende 20 års levetid (12). I tillegg har vi gjennomført studier der tørre krystaller (klasse 1 og klasse 5) har vært aldring ved 60°C i henholdsvis 6 og 12 måneder før de ble benyttet til produksjon av PBXN-109 (13,14). Resultatene fra disse studiene viser kun små endringer i sjokkfølsomhet for PBXN-109 grunnet aldring.

I denne studien har vi valgt å aldre PBXN-109 testlegemer ved 60°C i inntil 18 måneder i stedet for de inngående krystallene. 18 måneder ved 60°C tilsvarer konservativt beregnet en levetid ved 25°C på om lag 32 år (15). Studert komposisjonen inneholder RS-RDX klasse 1 Ch.719/03 v.78 og klasse 5 Ch.15/03. Ved programmets start ble det støpt testlegemer som testes ved $t=0$, og så etter 3, 6, 12 og 18 måneders oppbevaring ved 60°C. Testene som har vært utført er sjokkfølsomhet ved bruk av Intermediate Scale Gap Test, kritisk diameter ved bruk av sprengstoffkon og vitneplate, samt Shore A hardhet. I tillegg ble eventuelle endringer i vekt registrert. Fremstilling av samtlige testenheter er beskrevet i referanse 16 sammen med testresultater for ikke aldret PBXN-109 og prøver aldret i 3 måneder. I referanse 17 og 18 er resultatene for prøver aldret i henholdsvis 6 og 12 mnd rapportert.

Denne rapporten inneholder testresultater for prøver av PBXN-109 inneholdende RS-RDX klasse 1 Ch.719/03 v.78 og klasse 5 Ch.15/03 som etter herding har vært aldret i 18 måneder ved 60°C.

2 EKSPERIMENTELT

2.1 Aldring

Etter at testemnene (sprengstoffkoner og Gaptestrør) var herdet og maskinert, ble de pakket inn i aluminiumfolie og lagt til aldring ved 60°C. Gaprørene ble aldret i tørken, mens sprengstoffkonene for bestemmelse av kritisk diameter og emnene til hardhetsmålinger ble lagret i et varmeskap ved 60°C. Alle enheter ble, før de ble lagt til aldring veid både før og etter innpakning. Etter aldring ble de veid innpakket og etter at de var pakket ut.

2.2 Intermediate Scale Gap test

Benyttet test ble gjennomført som beskrevet i STANAG 4488 (19) med unntak av tykkelsen på korta. Våre kort har en tykkelse på 0.25 mm, mens i (19) er kravet til tykkelsen på korta $0.19+0.02/-0.01$ mm. Sammenhengen mellom barrieretykkelse og sjokktrykk generert fra to 80 g overdragere er gitt i (19). Kontrollrapport for benyttet overdragersprengstoff HWC (RDX/voks/grafitt) 94.5/4.5/1 lot 08/02 er gitt i appendiks A.3. i referanse 16.

2.3 Hardhetsmålinger

Shore A hardhet ble målt med "Shore A Harteprufer DIN 53505 ISO R 868 Type BS 61, Serien Nr.: 1605/97" fra BAREISS etter 10 og 30 sekunder på endene av dogbones legemer eller legemer med samme tykkelse, 11-12 mm.

2.4 Kritisk diameter

Til bestemmelse av kritisk diameter (20) ble det benyttet sprengstoffkoner med lengde 270 mm og diameter fra 30 mm til 3 mm. Etter at støpemassen var ferdig herdet, ble støpeformen fjernet

og en 2 mm tykk kobbertråd limt på konen i lengderetningen. Til initiering ble det benyttet detonator nr. 8 samt en 15 g booster av HWC (RDX/voks/grafitt) 94.5/4.5/1 med diameter 20 mm. Mellom booster og testlegemet ble det benyttet en sylindrisk ladning med diameter 30 mm og lengde 80-120 mm av samme blanding som testlegemet. Den sist nevnte ladningen ble benyttet for at konen skal bli initiert med riktig detonasjonshastighet. Vitneplater med dimensjon 3x45x300 mm i stål (ST-52) ble montert som vist i figur 3.1.

3 RESULTAT

3.1 Aldring

Alle prøver testet i denne rapporten har vært aldret i 18 mnd ved 60°C innpakket i aluminiumsfolie. Gaptestrørene var lagret i tørken i et større skap hvor luften kontinuerlig blir skiftet ut. De mindre testlegemene benyttet til måling av hardhet og kritisk diameter var lagret i et mindre varmeskap.

3.1.1 Vektendring av lagret Gaptestrør

Rørene testet etter 18 mnd var rør 1 til 10. Disse rørene hadde før aldring sprengstoffyllinger med en gjennomsnittlig tetthet på $\rho = 1.650 \text{ g/cm}^3$ (99.27 % av TMD) (16). Tabell 3.1 viser vektendring for rør med sprengstoffylling etter avsluttet aldring. Endringene i vekt er minimale og viser en svak nedgang. Endringene er innenfor nøyaktigheten til benyttet vekt.

Rør nr	Vekt (g)	Volum (cm ³)	Vekt rør + Sprengstoff (g)	Vekt sprengstoff (g)	Tetthet (g/cm ³)	Vekt innpakket (g)	Vekt/vektendring etter 18 mnd			
							Innpakket	Rør+ Sprengstoff	Endring innpakket	Endring utpakket
1	861.25	249.873	1272.40	411.15	1.645	1278.12	1278.27	1272.41	+0.13	+0.01
2	849.62	249.772	1260.18	410.56	1.644	1265.01	1265.12	1260.15	+0.11	-0.03
3	851.82	251.087	1268.75	416.93	1.661	1274.39	1274.39	1268.70	-	-0.05
4	860.62	251.415	1274.69	414.07	1.647	1281.06	1281.22	1274.68	+0.16	-0.01
5	844.37	251.766	1258.93	414.56	1.647	1265.55	1265.57	1258.94	+0.02	+0.01
6	857.85	250.173	1269.08	411.23	1.644	1274.97	1275.05	1269.12	+0.08	+0.04
7	843.49	251.704	1257.97	414.48	1.647	1264.21	1264.22	1269.99	+0.01	+0.02
8	856.48	249.397	1268.98	412.50	1.654	1274.65	1274.77	1268.98	+0.12	-
9	848.20	250.888	1263.07	414.87	1.654	1268.78	1268.84	1263.14	+0.06	+0.07
10	853.37	249.284	1266.47	413.10	1.657	1273.55	1273.61	1266.48	+0.06	+0.01

Tabell 3.1 Vekt og endring i vekt etter aldring ved 60°C i 18 mnd for Gaptest rør.

3.1.2 Vektendring for aldret sprengstoffkoner

Samtidig med at aldring av gaptestrør ble satt i gang ble også sprengstoffkoner for bestemmelse av kritisk diameter lagt til aldring. Etter 18 mnd ble aldringen for de siste 6 sprengstoffkoner fra 6 forskjellige blandinger stanset. Etter avkjøling til romtemperatur ble de veid innpakket og så som rene ladninger. Tabell 3.2 viser vekten før og etter aldring og endringen i vekten av både de rene konene og de innpakkede. Endringene er minimale og innenfor nøyaktigheten til vekten.

Blanding /kon nr.	Vekt ved start 280105		Etter 18 mnd (010806)		Endring i vekt	
	Kon (g)	+ innpakning (g)	+ innpakning (g)	Kon (g)	Innpakket (g)	Kon (g)
L3-2	135.79	140.01	140.05	135.82	+0.04	+0.03
L4-3	129.20	133.73	133.75	129.22	+0.02	+0.02
L5-2	135.72	138.88	138.91	135.74	+0.03	+0.02
L6-3	143.14	147.69	147.73	143.17	+0.04	+0.03
L7-3	129.91	134.41	134.44	129.93	+0.03	+0.02
L9-3	129.27	133.70	133.74	129.29	+0,04	+0.02

Tabell 3.2 Vekt og vektendring for sprengstoffkoner lagret ved 60°C i 18 mnd.

3.1.3 Vektendring for legemer benyttet til hardhetsmålinger

Vekt og endringer i vekt for emna benyttet til måling av Shore A hardhet er gitt i tabell 3.3.

Blanding	Vekt (g)		Endring (g)
	010205	020806	
L7 Viskos	195.93	196.01	+0.08
L9 Viskos	192.45	192.51	+0.06
L9 Blanding	459.31	459.43	+0.12

Tabell 3.3 Vekt og vektendring for emnene benyttet til hardhetsmålinger etter aldring ved 60°C i 18 mnd.

3.2 Kritisk diameter

Konene i tabell 3.2 ble etter utpakking og veiing pålimt startemne samt booster. I tillegg ble en kobberstreng limt på i sprengstoffkonenes lengderetning. Kobberstrengen er benyttet for bedre å fremheve reaksjonslengden på vitneplaten. Ved en detonasjon blir kobber avsatt på vitneplaten. Figur 3.1 viser konene benyttet til bestemmelse av kritisk diameter etter at sprengstoffet var montert på vitneplanene for samtlige skudd.



Figur 3.1 Sprengstoffkonene montert på vitneplatene.

Figur 3.2 viser et bilde av vitneplater og igjenfundne rester av sprengstoffkonene for samtlige skudd i denne serien. Tabell 3.4 gir en oppsummering av oppnådde resultater med hensyn på kritisk diameter.



Figur 3.2 Bilde av vitneplater og rester av sprengstoffkoner etter omsetning av skuddene.

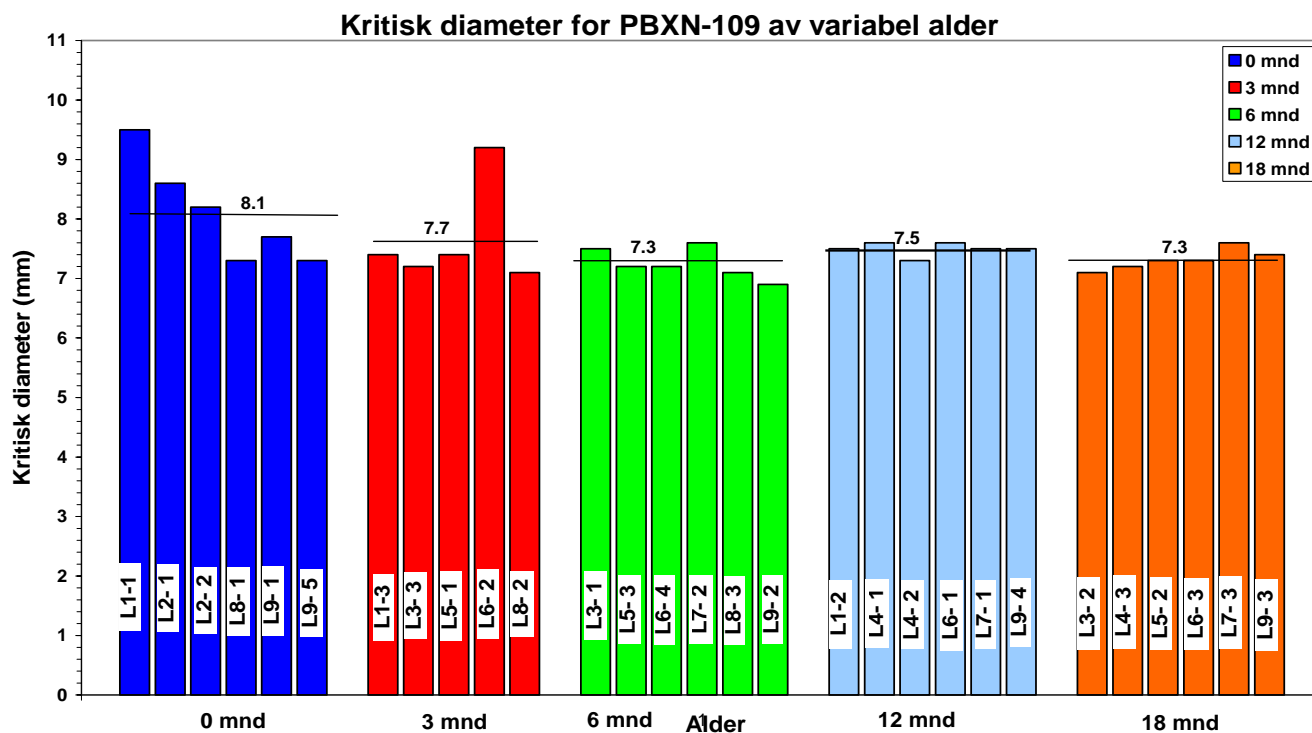
Komposisjon	Blanding Nr./ Kon Nr.	Lengde rest sprengstoffkon (mm)	Konsumert lengde av kon (mm)	Kritisk diameter (mm)	Gjennomsnitt kritisk diameter (mm)
PBXN-109	L3-2	35	229	7.1	7.3±0.2
	L4-3	30	228	7.2	
	L5-2	32	227	7.3	
	L6-3	31	227	7.3	
	L7-3	32	224	7.6	
	L9-3		226	7.4	

Tabell 3.4 Resultater fra bestemmelsen av kritisk diameter for prøver aldret ved 60°C i 18 måneder.

Resultatene i tabell 3.4 viser en gjennomsnittlig kritisk diameter på 7.3 ± 0.2 mm. For ikke aldra komposisjon ble kritisk diameter målt til 8.1 ± 0.9 mm, og for koner aldret i 3 mnd ble gjennomsnittlig kritisk diameter målt til 7.7 ± 0.9 mm (16) for 6 mnd 7.3 ± 0.3 mm (17) og for 12 mnd til 7.5 ± 0.1 mm (18). Sammenlignet med resultatet for ikke aldra viser resultatet for konene aldret i 18 mnd ved 60°C en svak reduksjon i kritisk diameter, men resultatet ligger innenfor standard avviket.

I figur 3.3 har resultatene for samtlige koner som har vært testet fra samme råvarer/blandinger

både aldra og ikke aldra, blitt plottet. Dersom man ser på enkelt resultater, er det liten variasjon for majoriteten av disse. Kun kon L6-2 aldret i 3 mnd, og ikke aldret L1-1, L2-1 og L2-2 viser noe større kritisk diameter enn majoriteten av både aldra og ikke aldra prøver.



Figur 3.3 Plott av målte kritisk diameter for samtlige testet sprengstoffkoner.

3.3 Sjøkkfølsomhet – Intermediate Scale GAP Test

10 av rørene som ble lagt til aldring i januar 2005 ble tatt ut etter 18 mnd og testet i Intermediate Scale Gap test. Tetthet for fyllingene var før aldring $\rho = 1.650 \text{ g/cm}^3$ (99.52 % av TMD) (16) og er ikke nevneverdig endret grunnet aldringen. I figurene 3.4 til 3.13 er det gitt bilder av vitneplater samt eventuelle igjenfundne rester av rør og sprengstoffylling for samtlige testede rør.



Figur 3.4 Skudd 1, rør 1 med PBXN-109 aldret i 18 mnd ved 60°C, 105 kort, ikke omsatt.



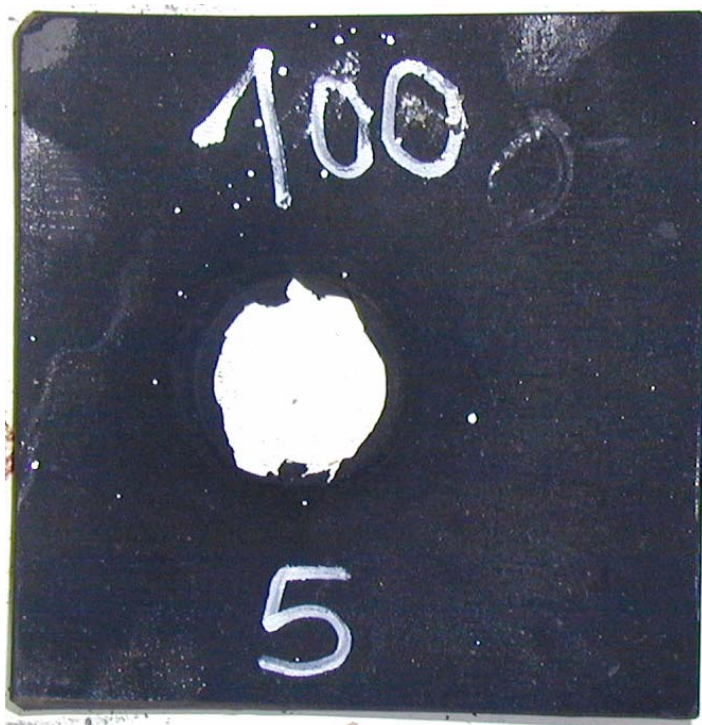
Figur 3.5 Skudd 2, rør 2 med PBXN-109 aldret i 18 mnd ved 60°C, 105 kort, ikke omsatt.



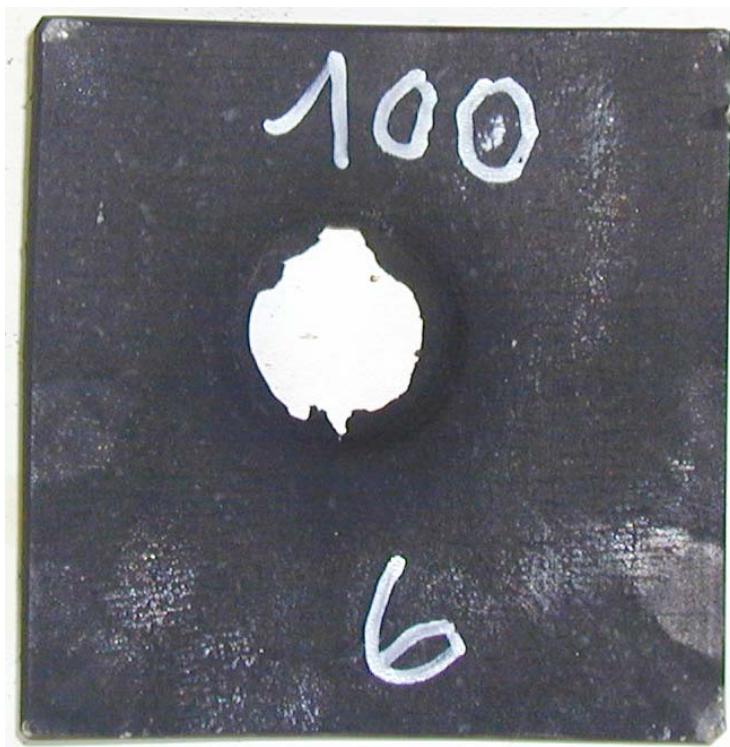
Figur 3.6 Sudd 3, rør 3 med PBXN-109 aldret i 18 mnd ved 60°C, 105 kort, ikke omsatt.



Figur 3.7 Skudd 4, rør 4 med PBXN-109 aldret i 18 mnd ved 60°C, 100 kort, ikke omsatt.



Figur 3.8 Skudd 5, rør 5 med PBXN-109 aldret i 18 mnd ved 60°C, 100 kort, omsatt.



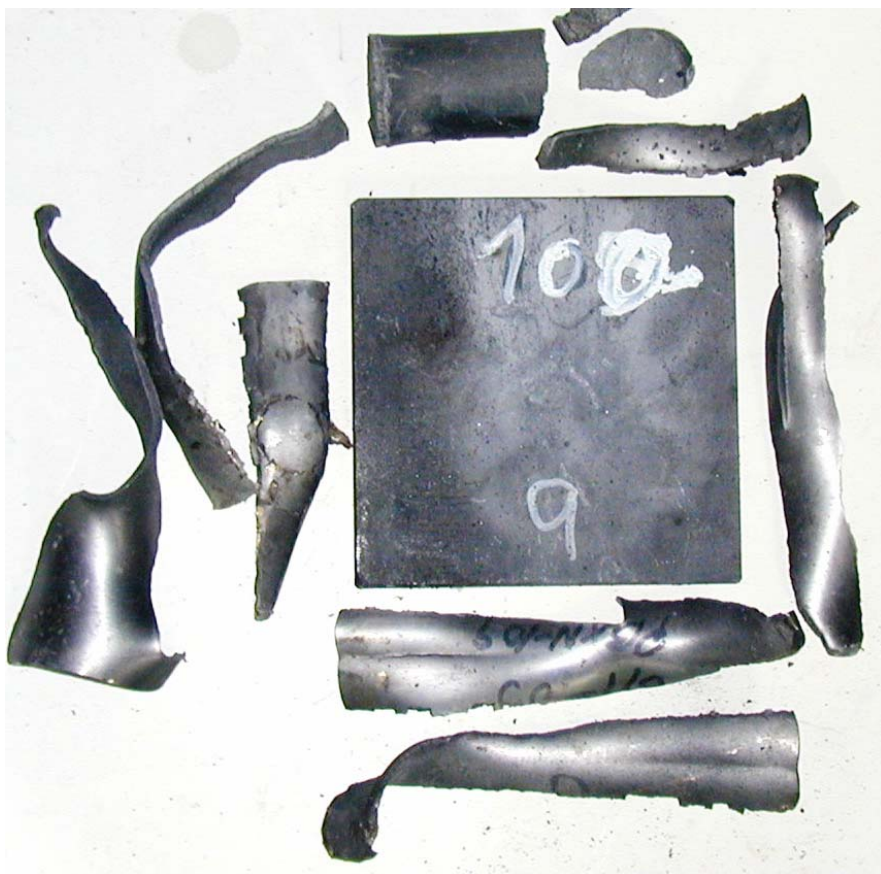
Figur 3.9 Skudd 6, rør 6 med PBXN-109 aldret i 18 mnd ved 60°C, 100 kort, omsatt.



Figur 3.10 Skudd 7, rør 7 med PBXN-109 aldret i 18 mnd ved 60°C, 100 kort ikke omsatt.



Figur 3.11 Skudd 8, rør 8 med PBXN-109 aldret i 18 mnd ved 60°C, 105 kort, ikke omsatt.



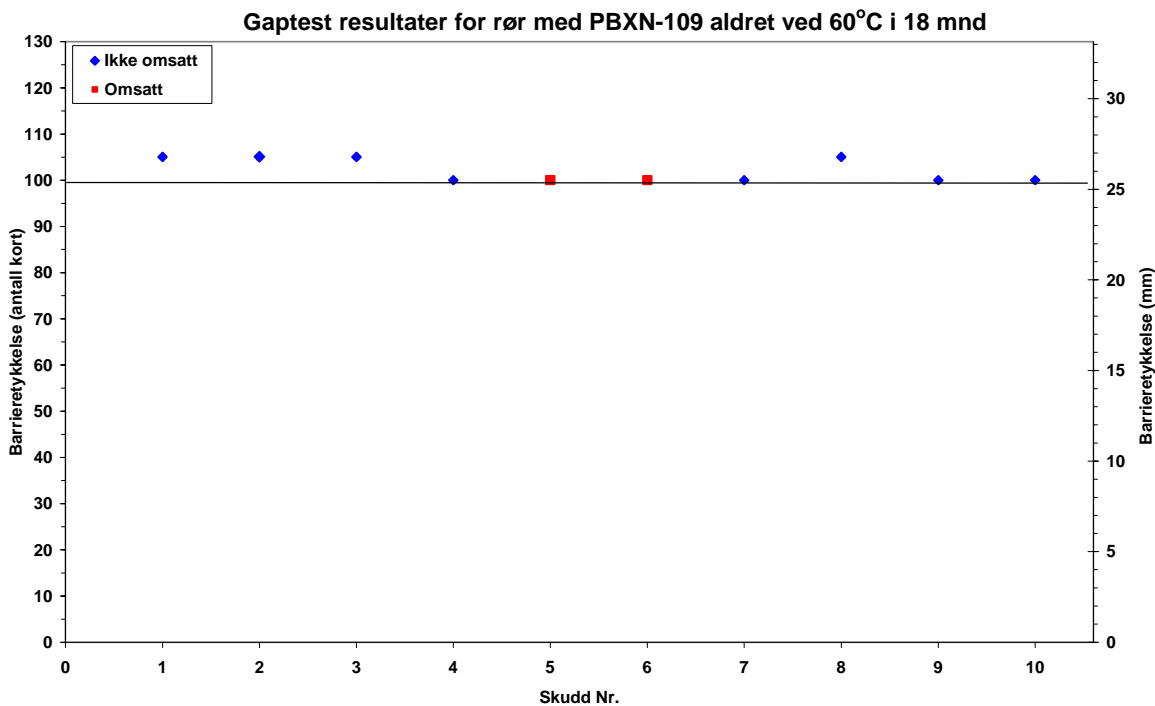
Figur 3.12 Skudd 9, rør 9 med PBXN-109 aldret i 18 mnd ved 60°C, 100 kort, ikke omsatt.



Figur 3.13 Skudd 10, rør 10 med PBXN-109 aldret i 18 mnd ved 60°C, 100 kort, ikke omsatt.

Skudd Nr.	Rør Nr.	Barrieretykkelse (antall kort)	Barrieretykkelse (mm)	Reaksjon
1	1	105	26.8	Ikke omsatt
2	2	105	26.8	Ikke omsatt
3	3	105	26.8	Ikke omsatt
4	4	100	25.5	Ikke omsatt
5	5	100	25.5	Omsatt
6	6	100	25.5	Omsatt
7	7	100	25.5	Ikke omsatt
8	8	105	26.8	Ikke omsatt
9	9	100	25.5	Ikke omsatt
10	10	100	25.5	Ikke omsatt

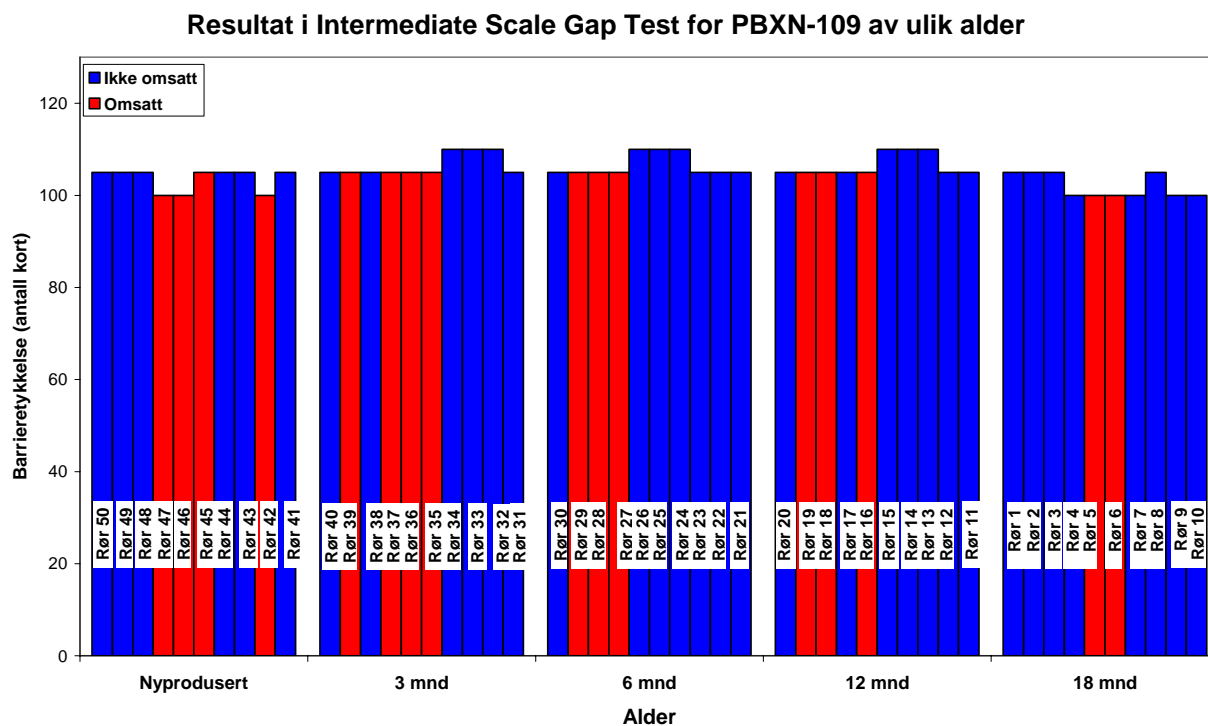
Tabell 3.5 Resultater for PBXN-109 aldret i 18 mnd ved 60°C i Intermediate Scale Gap Test.



Figur 3.14 Plot av reaksjon som funksjon av barrieretykkelse for skudd aldret i 18 mnd i Intermediate Scale Gap Test.

Tabell 3.5 oppsummerer reaksjonen for hvert enkelt skudd. I figur 3.14 er reaksjonen for hvert skudd plottet som funksjon av barrieretykkelsen. Fra figur 3.14 fremgår at med en barrieretykkelse på 100 kort går, 2 av 6 skudd til full omsetning. For ikke aldra rør ble det i referanse 16 funnet at med samme barrieretykkelse gikk 3 av 3 rør til full omsetning. Ved neste benyttet barrieretykkelse, 105 kort (26.8 mm), gikk for ikke aldra 1 av 7 skudd til full omsetning, mens ingen av de 4 rørene som var aldret i 18 mnd responderte med full omsetning. Disse endringene er meget moderate og tilsvarer i trykk kun 2-3 kbar fra 57 kbar for 18 mnd aldra prøver til 55 bar for ikke aldra. Forskjellen i sjokkfølsomhet mellom PBXN-109 med RS-

RDX og PBXN-109 med standard RDX er til sammenligning 25-40 kbar. Observerte endringer gir derfor så langt ingen indikasjoner på at RDX krystallene er i ferd med å endre egenskaper og forvandles til standard RDX. Observerte endringer/forskjeller i sjokkfølsomhet er derfor ikke forårsaket av at RDX-krystallene endrer egenskaper. Figur 3.15 viser et plott av resultatene for samtlige rør som har vært testet i denne studien.



Figur 3.15 Plott av samtlige testet rør med PBXN-109 av varierende aldring inneholdende RS-RDX Ch 719/03 v.78 krystaller.

3.3.1 Harhetsmålinger

Hardhet er blitt målt for 3 av emnene etter at de var aldring i 18 mnd ved 60°C. Resultatene er gitt i tabellen 3.6-3.8. For PBXN-109 er kravet til Shore A_{30s} i ref. 21 en hardhet på minimum 30.

Emne Nr.	PBXN-109-L7 Visk (18 mnd ved 60°C)					SNITT	
	1	A _{10s}	60.5	60.0	57.0	63.0	60.1
	A _{30s}	57.5	57.0	54.8	60.5		57.5
2	A _{10s}	57.5	58.4	55.4	57.0	57.1	
	A _{30s}	54.8	55.3	52.8	54.5		54.4
3	A _{10s}	54.0	52.5	56.0	53.0	53.9	
	A _{30s}	51.5	50.0	53.9	50.4		51.5
4	A _{10s}	54.3	55.5	58.0	58.2	56.5	
	A _{30s}	51.8	53.5	55.0	55.7		54.0
Gjennomsnitt						56.9	54.4

Tabell 3.6 Hardhet for PBXN-109-L7 støp av massen benyttet til viskositetsmålinger etter aldring ved 60°C i 18 mnd.

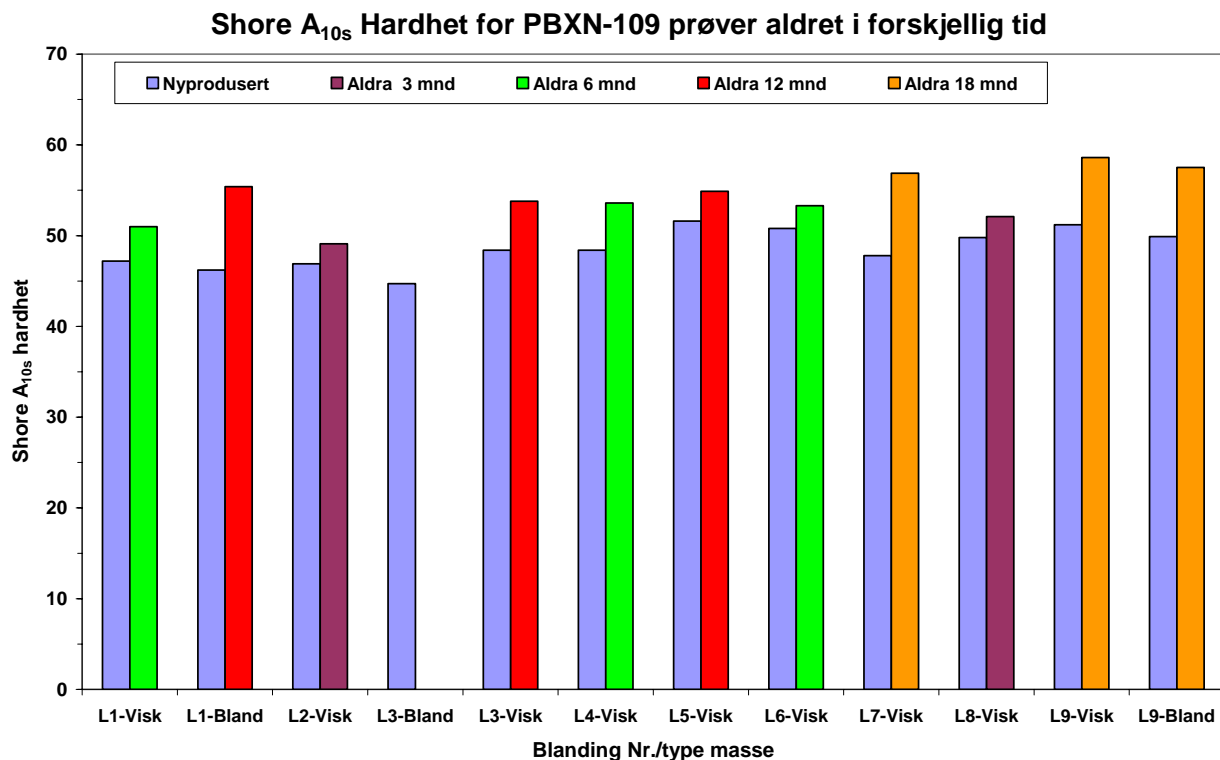
Emne Nr.	PBXN-109-L9 Visk (18 mnd ved 60°C)					SNITT	
1	A _{10s}	56.5	59.2	57.5	57.5	57.7	
	A _{30s}	54.0	56.7	54.8	55.0		55.1
2	A _{10s}	56.8	58.5	59.0	60.3	58.7	
	A _{30s}	54.0	56.4	56.2	58.0		56.2
3	A _{10s}	56.0	57.5	61.0	60.0	58.6	
	A _{30s}	53.0	55.0	58.0	57.3		55.8
4	A _{10s}	59.0	58.8	59.0	60.0	59.2	
	A _{30s}	56.5	56.1	56.8	57.2		56.7
Gjennomsnitt						58.6	56.0

Tabell 3.7 Hardhet for PBXN-109-L9 støp av massen benyttet til viskositetsmålinger etter aldring ved 60°C i 18 mnd.

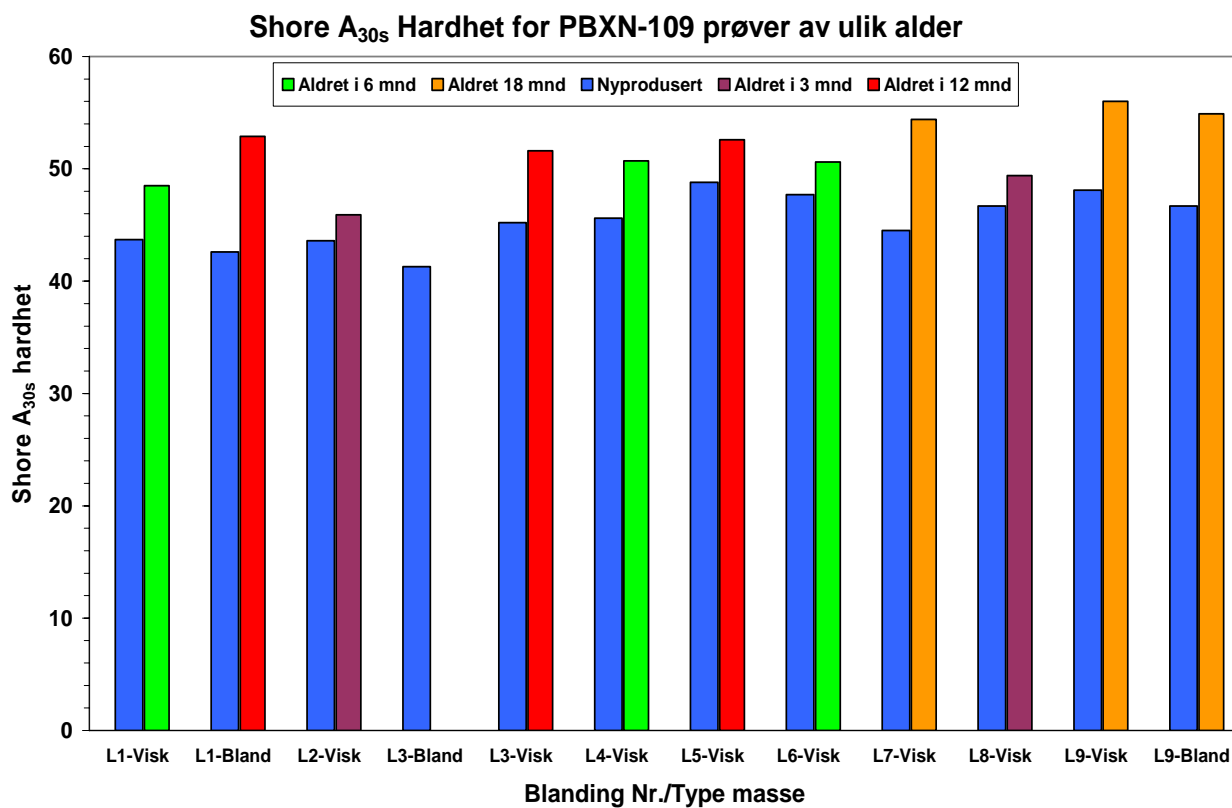
Emne Nr.	PBXN-109-L9 Bland (18 mnd ved 60°C)					SNITT	
1	A _{10s}	55.0	58.8	57.0	57.5	57.1	
	A _{30s}	52.5	56.0	54.3	55.2		54.5
2	A _{10s}	56.0	57.2	57.0	56.5	56.7	
	A _{30s}	53.2	54.0	54.5	54.2		54.0
3	A _{10s}	58.5	58.8	57.2	58.0	58.1	
	A _{30s}	56.0	56.0	54.4	55.3		55.5
4	A _{10s}	58.0	59.8	58.4	55.5	57.9	
	A _{30s}	55.0	57.5	57.0	52.5		55.5
Gjennomsnitt						57.5	54.9

Tabell 3.8 Hardhet for PBXN-109-L9 støp etter aldring ved 60°C i 18 mnd.

Dette kravet er med god margin tilfredsstilt for alle v re målinger. Figurene 3.16 og 3.17 gir en sammenligning av de resultatene vi har oppnådd for aldra prøver sammenlignet med verdiene som ble oppnådd f r prøvene ble lagt til aldring. Alle prøver ble etter at de var fremstilt delt i to, hvorav en del ble aldret, mens den andre ble benyttet til å bestemme hardheten for ikke aldra PBXN-109. Disse resultatene er også oppsummert i tabell 3.9 og viser i tillegg at den gjennomsnittlige hardhet øker jevnt og trutt med alderen.



Figur 3.16 Shore A_{10s} hardhet for nyprodusert og aldret emner av PBXN-109.



Figur 3.17 Shore A_{30s} hardhet for nyprodusert og aldret emner av PBXN-109.

Blanding	Shore	Nyprodusert	3 mnd	6 mnd	12 mnd	18 mnd	Differanse
PBXN-109-L1 Viskos	A _{10s}	46.2		51.0			4.8
	A _{30s}	42.6		48.5			5.9
PBXN-109-L1 Blanding	A _{10s}	47.2			55.4		8.2
	A _{30s}	43.7			52.9		9.2
PBXN-109-L2 Viskos	A _{10s}	46.9	49.1				2.2
	A _{30s}	43.6	45.9				2.3
PBXN-109-L3 Blanding	A _{10s}	44.7					
	A _{30s}	41.3					
PBXN-109-L3 Viskos	A _{10s}	48.4			53.8		5.6
	A _{30s}	45.2			51.6		6.4
PBXN-109-L4 Viskos	A _{10s}	48.4		53.6			5.2
	A _{30s}	45.6		50.7			5.1
PBXN-109-L5 Viskos	A _{10s}	51.6			54.9		3.3
	A _{30s}	48.8			52.6		3.8
PBXN-109-L6 Viskos	A _{10s}	50.8		53.3			2.5
	A _{30s}	47.7		50.6			2.9
PBXN-109-L7 Viskos	A _{10s}	47.8				56.9	9.1
	A _{30s}	44.5				54.4	9.9
PBXN-109-L8 Viskos	A _{10s}	49.8	52.1				2.3
	A _{30s}	46.7	49.4				2.7
PBXN-109-L9 Viskos	A _{10s}	51.2				58.6	7.4
	A _{30s}	48.1				56.0	7.9
PBXN-109-L9 Blanding	A _{10s}	49.9				57.5	7.6
	A _{30s}	46.7				54.9	8.2
Gjennomsnitt	A _{10s}	48.6	50.6	52.6	54.7	57.7	
	A _{30s}	45.4	47.7	49.9	52.4	55.1	

Tabell 3.9 Oppsummering av resultatene fra måling av Shore A hardhet i løpet av aldringsprogrammet.

4 SAMMENDRAG

PBXN-109 aldring i 18 måneder ved 60°C inneholdende RS-RDX klasse 1 og klasse 5 har vært testet med hensyn på sjokkfølsomhet, kritisk diameter og Shore A hardhet. Resultatene viser:

- sjokkfølsomheten bestemt i Intermediate Scale Gap test er tilnærmet uforandret 57±1 kbar med en svak forbedring i forhold til ikke aldra prøver.
- Kritisk diameter på 7.3±0.2 mm er litt lavere enn ved start 8.1±0.9 mm, men innenfor variasjonen for benyttet metode.
- Shore A_{10s} og A_{30s} har i gjennomsnitt økt med henholdsvis 8.0 og 8.7 enheter.

De observerte endringer i egenskapene til PBXN-109 viser ingen tegn til at de er forårsaket av at benyttet RS-RDX har endret egenskaper. Observerte endringer i egenskapene til PBXN-109 knyttet til aldringen er forårsaket av endringer i bindemiddelet ved at hardheten øker.

Litteratur

- (1) A. Freche, Aviles, C. Boutry and C. Spyckerelle (2000): Insensitive RDX (I-RDX), Insensitive Munitions and Materials Technology Symposium, San Antonio, Texas, USA, 27-30 November.
- (2) S.Lecume, J. Aviles, L.Donnio, A. Freche, C. Spyckerelle: (2001): Two RDX Qualities for PBXN-109 Formulation, Sensitivity Comparison, EUROMURAT 2001, Insensitive Munitions & Energetic Materials Technology Symposium, Bordeaux, France, 8-11 October.
- (3) Ian J. Lochert, Mark D. Franson and Brian L. Hamshere (2003): Assessment of Australian Insensitive RDX, Insensitive Munitions & Energetic Materials Symposium, Orlando FL, USA, 10-13 March.
- (4) Nevstad Gunnar Ove (2002): Fremstilling og testing av PBXN-109 med Fransk I-RDX, FFI/RAPPORT-2002/3206, Ugradert.
- (5) Nevstad Gunnar Ove (2002): Testing av sjokkfølsomhet av Dyno I-RDX, FFI/RAPPORT-2002/03607, Ugradert.
- (6) Nevstad Gunnar Ove (2003): Egenskaper til PBXN-109 fremstilt fra forskjellige CXM-7 blandinger, FFI/RAPPORT-2003/02698, Ugradert.
- (7) Frédéric Peugeot and Duncan Watt: (2004): RS-RDX Technical Meeting Report, NIMIC L-103, February.
- (8) Ruth Doherty and Duncan Watt (2004): Insensitive Munitions - Coming of Age, 35th International Annual Conference of ICT, Karlsruhe, Tyskland, 29 June -2 July.
- (9) Lori A. Nock (2004): Reduced Sensitivity RDX US and International Efforts, 39th Annual Gun & Ammunition/Missiles & Rockets Conference & Exhibition, Baltimore, MD, US, 13-16 April.
- (10) C. Spyckerelle, A. Freche, G. Eck and C. Boutry (2004): Ageing of I-RDX[®] and Compositions Based on I-RDX[®], 35th International Annual Conference of ICT, Karlsruhe, Tyskland, 29 June - 2 July.
- (11) Nevstad Gunnar Ove (2004): PBXN-109 med RS-RDX, aldringsstudier I, 2004/02630, Ugradert.
- (12) Nevstad Gunnar Ove (2004): PBXN-109 med RS-RDX, aldringsstudier II, prøver aldret ved 70°C i 21 uker, 2004/04113, Ugradert.
- (13) Nevstad Gunnar Ove (2004): Aldringsstudier-III, PBXN-109 med RS-RDX aldret i 6 mnd ved 60°C, FFI/RAPPORT-2004/04286, Ugradert.
- (14) Nevstad Gunnar Ove (2005): Aldringsstudier-IV, PBXN-109 med RS-RDX aldret i 12 mnd ved 60°C, FFI/RAPPORT-2005/03753.

- (15) Komanschek (2003): Test Procedure Accelerated Ageing Test NNW (New NSM Warhead), TP-NNW-002644-06, Issue, 10 June.
- (16) Nevstad Gunnar Ove (2005): Aldringsstudier av PBXN-109 med RS-RDX Ch. 719/03 v.78, I, FFI/RAPPORT-2005/02584, Ugradert.
- (17) Nevstad Gunnar Ove (2006): Egenskaper til PBXN-109 aldret i 6 mnd ved 60°C – PBXN-109 med RS-RDX Ch. 719/03 v.78 krystaller, FFI/RAPPORT-2006/00936, Ugradert.
- (18) Gunnar Ove Nevstad (2006): Egenskaper til PBXN-109 aldret i 12 mnd ved 60°C - PBXN-109 med RS-RDX Ch.719/03 v.78 krystaller, FFI/RAPPORT-2006/02011, Ugradert
- (19) North Atlantic Council (2002): STANAG 4488 PSC (Edition 1), "Explosive, Shock Sensitivity Tests" NATO/PfP, Unclassified Document NSA/0883-PPS/4488, 12 September.
- (20) Hartmut Badners and Carl-Otto Leiber (1992): Method for the Determination of the Critical Diameter of High Velocity Detonation by Conical Geometry, *Propellants, Explosives, Pyrotechnics* **17**, 77-81.
- (21) Naval Surface Weapons Center, White Oak Laboratory, Silver Spring Maryland 20910 (1984): Material Specification for Explosive, Plastic-Bonded, Cast PBXN-109, WS 23147B, Code Ident 53711.