

Diss. ETH Nr. 13888

# **Entwicklung von Entsorgungs- und Recyclingverfahren für obsoletere militärische Explosivstoffe**

Abhandlung  
zur Erlangung des Titels

**Doktor der Technischen Wissenschaften**

der

**Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich**

vorgelegt von

**Richard Brogle**  
Dipl. Chem.-Ing. ETH

geboren am 7. Januar 1972  
von Winterthur ZH und Wegenstetten AG

angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. Paul Rys, Referent  
Prof. Dr. Konrad Hungerbühler, Korreferent

Zürich, November 2000

## Zusammenfassung

Die vorliegende Dissertation befasst sich mit dem Recycling von Explosivstoffen aus alter Munition. Eine Entsorgung von Munition wird nötig, wenn diese nach längerer Lagerung chemisch instabil wird oder wenn die Munition wehrtechnisch veraltet ist. Die gängige Entsorgungsmethode besteht in der Verbrennung oder dem Sprengen der Munition. Beide Methoden weisen Nachteile auf. Einerseits belasten sie die Umwelt durch Abgase oder Lärm und andererseits geht der Explosivstoff als Wertprodukt verloren.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand nun darin, Recyclingverfahren zu entwickeln und zu bewerten, die es ermöglichen, den Explosivstoff in irgendeiner Form wieder zu verwenden. Schwergewichtig wurden die Explosivstoffkomponenten der 35mm-Fliegerabwehr-Munition untersucht. Bei diesem Munitionstyp fallen als Explosivstoffe in erster Linie das Nitrocellulose-Treibladungspulver und das Hexal als Sekundärsprengstoff an. Mögliche Recyclingmethoden für diese beiden Explosivstoffe wurden in der Folge untersucht.

Für das Recycling oder die Entsorgung von Nitrocellulose-Treibladungspulver wurden zwei Einsatzmöglichkeiten experimentell untersucht. Beim Einsatz des Nitrocellulose-Treibladungspulvers als Bestandteil für die Herstellung von Nitrocellulose-Lack zeigte es sich, dass sich die militärisch genutzte Nitrocellulose wegen ihrem hohen Nitrierungsgrad und der damit verbundenen hohen Viskosität für die Lackherstellung nicht eignet.

Der biologische Abbau des Nitrocellulose-Treibladungspulvers wurde als Entsorgungsoption evaluiert. Es zeigte sich, dass der biologische Abbau mit den untersuchten Methoden so langsam abläuft, dass ein grosstechnischer Einsatz ausser Betracht fällt. Zusätzlich wird die Wiederverwendung des Nitrocellulose-Treibladungspulvers für den zivilen Bereich wegen der Giftigkeit der Stabilisatoren praktisch verunmöglicht. Man wird daher bis auf weiteres darauf angewiesen sein, die überschüssige Munition in speziellen Entsorgungsöfen thermisch zu entsorgen.

Für das Recycling von Hexal mussten zwei Probleme gelöst werden. Das erste bestand im Herausarbeiten des Hexals aus dem Granatkörper. Das Hexal liegt nach der Herstellung der Granate als hochverpresstes Pulver im Granatkörper vor. Es wurde ein Verfahren verbessert, das in einem kombinierten Bohr- und Ausspülverfahren das Hexal aus dem Granatkörper herausarbeitet.

Ein wichtiger Aspekt in diesem Verfahren ist die Wasseraufbereitung des explosivstoffhaltigen Prozesswassers. Die Umweltschutzgesetzgebung verlangt, dass das Prozesswasser aufgearbeitet und wieder verwendet wird. Der Einsatz der Hochdruckpumpe bedingt, dass im Prozesswasser alle Partikeln grösser als 10 µm abgetrennt werden. Andererseits verlangt der Explosivstoff im System aus

sicherheitstechnischen Gründen ein Abtrennverfahren, das möglichst ohne bewegliche Teile auskommt.

Als erstes wurden in Grundlagenversuchen die Charakteristika der Explosivstoffsuspension ermittelt. Aufgrund dieser Daten wurde ein Sedimentationsverfahren als Trennmethode gewählt und ein Lamellenabscheider im Pilotmassstab gebaut. Der Pilotbetrieb zeigte, dass sich ein Lamellenabscheider für den Abtrennvorgang eignet. Mit den aus dem Pilotbetrieb gewonnenen Daten konnte ein Upscale gerechnet und ein Lamellenabscheider im industriellen Massstab projiziert werden. Dieser Lamellenabscheider wurde in die Produktion integriert und leistet seit über einem Jahr seinen Dienst.

Das zweite Problem beim Hexalrecycling besteht in der Wiederverwendung des feuchten Hexals als Zivilsprengstoff. Der militärische Explosivstoff Hexal ist stark sauerstoffunterbilanziert und zu brisant. Aus diesem Grunde ist das Recycling-Hexal nicht unmittelbar als Zivilsprengstoff einsetzbar. Rechnungen ergaben jedoch, dass das feuchte Hexal in geeigneter Dosierung als Zivilsprengstoffzusatz das teure Aluminium substituieren kann. Im Moment steckt dieser Zivilsprengstoff mit Recycling-Hexal in der Zertifizierungsphase.

## Abstract

The present thesis deals with the recycling of explosives from obsolete ammunition. Ammunition requires disposal when it becomes unstable after long periods of storage or when it becomes out-of-date with respect to military techniques. Until now, the conventional disposal method was to burn or to blast the ammunition. Destroying the ammunition by burning or blasting has the serious drawback of contaminating the environment with harmful gases or noise and sacrificing the explosive as a reusable material.

The goal of the present work was to evaluate and develop recycling processes that offer the possibility of reusing the explosive in any form. The investigations focused on the explosive components of the 35mm air defense ammunition, i.e., the nitrocellulose propellant and Hexal as the secondary explosive.

For the recycling or the environmentally compatible disposal of the nitrocellulose propellant, two methods were examined experimentally. The first experiments employing the nitrocellulose as a constituent for the preparation of a nitrocellulose lacquer revealed that the nitrocellulose of military origin is not suitable for the production of lacquer because of its high degree of nitration and therefore its high viscosity. Secondly, the biological reduction of the nitrocellulose propellant for the production of a nitrate fertilizer was evaluated. The experiments showed that the biological degradation with various types of microorganisms must be discarded as a profitable process at an industrial scale because these biological processes are extremely slow. Furthermore, the nitrocellulose propellant cannot be reused for civilian applications with regard to the toxicity of the stabilizers. Therefore, obsolete ammunition still will have to be burnt in special furnaces in the near future.

For the recycling of Hexal, since it is compressed into the ammunition casing, it has to be worked out safely from the shell body. Its removal from the shell body could be improved by a combination of drilling and water jet rinsing processes. This is followed by the essential purification of the water containing the explosive material. Environmental regulations force the industry to clean and re-use the water employed in the process. Also the high pressure pump used for the water jet rinsing step requires water of high purity, i.e., all particles larger than 10  $\mu\text{m}$  have to be removed. Above all, for safety reasons the separation steps must be free of mechanically moving parts whenever possible.

The sedimentation technique was chosen as the appropriate separation method after the characteristics of the aqueous Hexal slurry had been determined. A lamella separator tested in pilot operation proved its effectiveness for the separation process. A scale-up of this lamella separator based on data calculated

from the pilot operation was constructed and implemented into an industrial process. It has been running satisfactorily for more than one year now.

The moist Hexal recycled from military ammunition cannot be employed directly as an explosive for civilian purposes because of its severe deficiency with respect to oxygen and because of its very high brisance. Calculations showed, however, that the moist Hexal can nevertheless be mixed with conventional civilian explosives to substitute part of the expensive aluminum. At present, civilian explosives containing recycled Hexal are being certified.