



SPRENG

Mitteilungsblatt des Deutschen Sprengverbandes e.V.

2/2008 **INFO**



Herausgeber

Deutscher Sprengverband e. V.
Geschäftsstelle Siegen
Postfach 21 24
57241 Netphen

Tel.: (02 71) 7 65 66 e-mail: geschaeftsstelle@sprengverband.de
Fax: (02 71) 79 08 05 Internet: www.sprengverband.de

Vorsitzender

Dipl.-Ing.-Päd. Jörg Rennert (JfR)
Hohe Str. 82
01187 Dresden
Tel.: (03 51) 4 30 59 30
Fax: (03 51) 4 30 59 59
e-mail: Joerg.Rennert@
Sprengschule-Dresden.de

Stellvertreter

Dipl.-oec. Manfred Dax (MD)
Mozartstr. 1
89075 Ulm
Tel.: (0 90 81) 2 90 87 - 11
Fax: (0 90 81) 2 33 69
e-mail: manfred.dax@sprewa.com

Redaktion

Dipl.-oec. Siegfried Rosemann
(Leiter des Redaktionsaus-
schusses) (SR)
Stadionstr. 13
39218 Schönebeck
Tel.: (0 39 28) 6 97 75
(01 72) 3 21 76 85
e-mail: info@megadok.de

Walter Werner (ww)
Stolberger Heck 1
52223 Stolberg
Tel.: (0 24 02) 2 34 77
Fax: (0 24 02) 8 52 47
e-mail: sprengtechnik-werner@arcor.de

Dipl.-Ing.-Päd. Gerd Vogel (gv)
Zschertnitzer Weg 26
01217 Dresden
Tel.: (03 51) 4 72 71 91
Fax: (03 51) 4 70 15 05
e-mail: zuender-vogel@web.de

Dipl.-Ing. Uwe Zimmer (uz)
Kirchweg 2 b
98590 Möckers
Tel.: (0 36 83) 4 07 92 38
Fax: (0 36 83) 4 07 92 39
e-mail: uwe.zimmer@bgbau.de

Dipl.-oec. Manfred Dax
Mozartstr. 1
89075 Ulm

Druck

Druckerei Schlüter GmbH
& Co. KG
Grundweg 77
39218 Schönebeck
Tel.: (0 39 28) 45 84 13
ISDN: (0 39 28) 45 84 90
(Leonardo)
ISDN: (0 39 28) 45 84 87
(Fritz)

Satz, Gestaltung, Vertrieb und Anzeigen

megaDOK Informationsservice
Breitscheidstr. 51
39114 Magdeburg
Tel.: (03 91) 8 10 72 50
Fax: (03 91) 8 10 72 55
e-mail: info@megadok.de

Urheberrecht

Alle veröffentlichten Beiträge und Abbildungen unterliegen dem Urheberrechtsschutz. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Herausgebers. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Veröffentlichungen

Alle mit Namen oder Initialen gezeichneten Veröffentlichungen geben ausschließlich die Meinungen der Verfasser wieder. Für Veröffentlichungen trägt der Herausgeber nur die allgemeine presserechtliche Verantwortung im Sinne des Pressegesetzes. Die Redaktion behält sich die Auswahl und Kürzung von Briefen zur Veröffentlichung vor.

Erscheinungsweise und Bezug

Die Zeitschrift erscheint dreimal pro Jahr.

Jahresabonnement (3 Hefte):

- Inland: 33,00 Euro (inkl. Versandkosten)
- Ausland: 33,00 Euro (zuzügl. Versandkosten)
Einzelheft: 15,00 Euro (inkl. Versandkosten)

Das Abonnement gilt mindestens 1 Jahr und kann danach mit einer Frist von 6 Wochen zum Ende des Bezugszeitraumes gekündigt werden. Mitglieder des Deutschen Sprengverbandes erhalten die Zeitschrift im Rahmen ihrer Mitgliedschaft.

Redaktionsschluss für das Heft 3/2008 ist der 01.10.2008

Editorial

2 Der Vorsitzende hat das Wort ...

Verbandsnachrichten

- 3 Rückblick 30. Informationstagung Sprengtechnik
- 6 Der Deutsche Sprengverband gratuliert
- 9 Die Jubilare des Jahres 2008

Umschau

- 10 Hologramme mit Sprengkraft
- 10 Illegale Feuerwerkskörper explodiert
- 10 Zerstörung von Feuerwerkskörpern außer Kontrolle
- 10 Sprengstoff-Fabrik explodiert
- 10 Albanien: Festnahmen nach Munitionslager-Explosion
- 10 Studie: Weltmarkt für Sprengstoffe
- 11 Orica will in China mit Nanling Zünderanlage bauen
- 11 Bombenschnüffler im Kasten
- 11 Neues Freiversuchsgelände der BAM in Horstwalde
- 11 Nationale und Internationale Tagungen
- 12 5. Konferenz im Rahmen des EUExcert Projektes

Gesetze/Verordnungen

- 13 Normung von Pyrotechnik
- 13 Verwendung von USBV durch Pyrotechniker
- 15 Bessere Rückverfolgbarkeit von Explosivstoffen in der EU

Vorträge Blankenstein 2008

- 16 **Josef Stitzinger**
Verantwortung beim Sprengen

Vorträge Siegen 2008

- 18 **Dr. Peter Reinders**
Webbasierter Service bei gewerblichen Sprengstoffen
- 20 **Konrad Fink**
Sprengtechnische Verfahrensmöglichkeiten beim Rückbau eines Zementwerkes
- 27 **Johannes Kutschera, Martin Herkommer**
Integration von GNSS- und Laservermessungssystemen zur Planung von Großbohrlochsprenganlagen und deren Dokumentation
- 29 **Dr. Tobias Loose und Dr. Hans-Ulrich Freund[†]**
Splitter aus Schneidladungen
- 33 **Werner Franke**
Das Zusammenladen und die gemeinsame Beförderung von Sprengstoffen und Zündmitteln auf öffentlichen Straßen
- 37 **Jacek Knop**
Schwarzpulver, aktuelle Anwendungen des ältesten Sprengstoffes der Menschheit

Titelbild: Schornsteinsprengung in Schirgiswalde ehem. Halatex am 11. Nov. 2005

Foto: Oswald & Küchler Sprengtechnik GmbH, Pirna
Titelgestaltung: megaDOK

Splitter aus Schneidladungen

Splinters out of linear shaped charges

von Tobias Loose und Hans-Ulrich Freund[†]

Für Stahlsprengungen ist die Schneidladung das geeignete sprengtechnische Werkzeug. Bei derartigen Sprengungen ist allgemein mit gefährlichem Splitterflug zu rechnen. Dieser Tatsache wird die UVV Sprengarbeiten gerecht, in der ein Sicherheitsradius von bis zu 1000 m gefordert wird. In dem folgenden Beitrag soll die Herkunft und Entstehung der Splitter bei der Anwendung von Schneidladungen erläutert werden. Dem Anwender soll die mögliche Gefährdung verdeutlicht werden.

Linear shaped charges are the suitable tool to cut steel by explosives. In general a dangerous scattering effect of fragments can be expected. This matter of fact is taken into consideration by the German safety rules (UVV Sprengarbeiten), which demand a security radius up to 1000 m. In the following origin and generation of the splinters are pointed out. The user shall be informed about the potential of risks.

Einleitung

Die Schneidladung, seit langem ein Mittel der Pioniere zum Sprengen von Brückenkonstruktionen, hat seit der Zulassung von BLADE vor Jahren als Werkzeug für den gewerblichen Abbruch Einzug gehalten. Inzwischen ist mit dem russischen Schneidladungsprodukt Resaflex eine weitere kommerzielle Schneidladung für den gewerblichen Betrieb zugelassen und ein neues amerikanisches Produkt Linear Cutter (LC) ist mittlerweile zugelassen [HOPFE2001]. Schneidladungen für Sonderanwendungen sind in Entwicklung [ROHR2002].

Da die Schneidladung eine Kombination aus Sprengstoff und metallischer Einlage aus Kupfer, Stahl oder Aluminium darstellt, ist hier auf eine mögliche Splitterbildung zu achten. Gegen den Splitterflug sind rigorose Schutzmaßnahmen zu treffen. Im Folgenden sollen mögliche Quellen der Splitterentstehung aufgezeigt werden.

Funktionsweise der Schneidladung

Die Schneidladung besitzt einen relativ einfachen Aufbau. Dieser ist zusammen mit der Wirkungsweise in Abbildung 1 dargestellt. In einer gestreckten Sprengladung ist ein gekehltes metallisches Profil eingebettet, das bei der Detonation der Sprengladung zusammengedrückt wird und dabei aus der Kehle ein schnell fliegendes, schwertartiges Projektil herausschleudert.

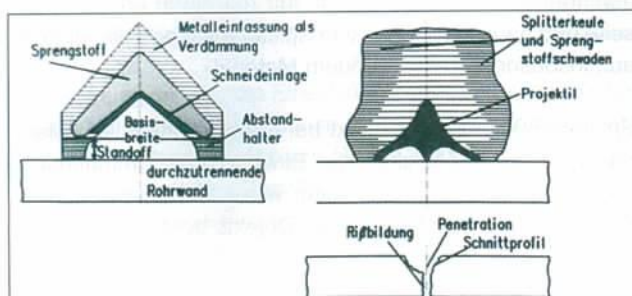


Abb 1: Aufbau und Wirkungsweise einer ummantelten Schneidladung

Dieses Projektil trennt infolge seiner hohen Fluggeschwindigkeit (typisch 3000 bis 5000 m/s) und verbraucht sich dabei. Das Schneiden erfolgt als so genannter hydrodynamischer Eindringvorgang, analog etwa dem Trennen eines Stück Butter mittels Wasserstrahl. Die Entstehung des Hohl-ladungsstrahls und des Eindringvorgangs wurde bereits in einem früheren Artikel in den Nobelheften beschrieben [HELD1991].

Splitter können bei der Detonation der Ladung, bei der Formung des Schneidprojektils und beim Trennvorgang, d. h. während des Eindringens des Projektils in die Struktur, entstehen.

Splitter aus der detonierenden Ladung: Primärsplitter

Beim Ablauf der Detonation der Schneidladung und bei der unmittelbar anschließenden Projektilformung bestehen folgende Quellen der Splitterentstehung:

- Splitter aus der Anlaufphase und Auslaufphase (Abb. 2)
- Aufreißen des metallischen Projektils in einzelne Lappen (Abb. 3)
- Abreißen der metallischen Einlage am Rande (Abb. 4)
- Bei vollmetallummantelten Schneidladungen Splitter aus den Dachrückenflanken

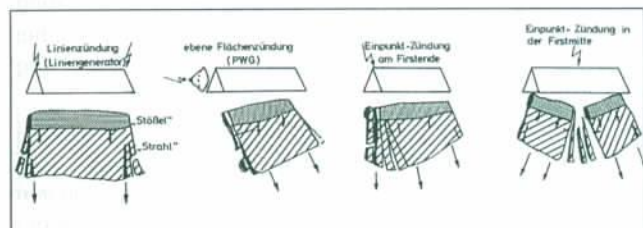


Abb. 2: Splitter aus der An- und Auslaufphase der Schneidladung in Abhängigkeit von der Zündung (FREUND 1974)

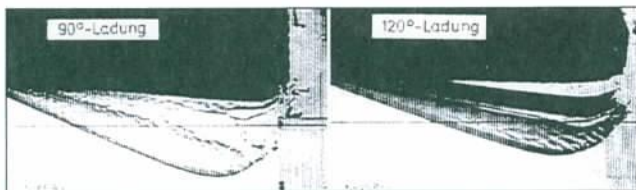


Abb. 3: Aufreißen einer 90°- und einer 120°-Schneidladung in einzelne Lappen (Röntgenblitzfoto)

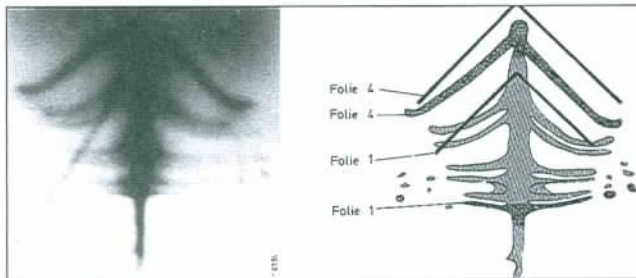


Abb. 4: Abreißen der metallischen Einlage am Rande (FREUND1974)

Für alle 3 Splitterarten liegt die Ursache in der unterschiedlichen Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung infolge der unterschiedlichen Sprengbeschleunigung an verschiedenen Stellen der metallischen Einlage: Anlaufbereich, Zentralbereich, Seitenbereich und Auslaufbereich. Die aufgeführten Splitterarten treten nur dann als Gefährdung der Umwelt in Erscheinung, wenn es sich bei der metallischen Einlage um massives Material handelt. Bei der Sprengladung BLADE und Resareflex besteht die Einlage aus einem Verbund feinsten Kupfer- bzw. Eisenpartikel mit Kunststoff. In diesem Fall tritt nur eine Wolke aus feinsten Partikeln auf (Abb. 5), die durch den Luftwiderstand stark abgebremst werden, sie besitzen nur geringe Reichweite und sind daher nicht personengefährdend.

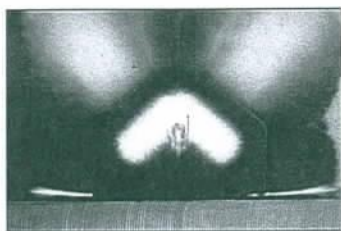


Abb. 5: Wolke aus feinsten Partikeln, Schneidladung BLADE 8 µs nach der Zündung

Bei vollmetallummantelten Schneidladungen sind die nach hinten, d. h. entgegen der Schneidrichtung, abgehenden Splitter aus den Dachflanken als besonders gefährlich anzusehen, da die aufreißenden Blechteile infolge möglicher aerodynamisch günstiger Formen und der hohen Fluggeschwindigkeit (bis über 2000 m/s) große Flugstrecken zurücklegen können.

Vollummantelte Schneidladungen sind beispielsweise LC von Orica oder Dartcord von Davey Bickford. Auch die vom Sprengberechtigten selbst gefertigten Schneidladungen aus gekantetem Kupferblech gehören zu den splittererzeugenden Schneidladungen.

Es ist festzuhalten, dass Primärsplitter nur entstehen können, wenn die Schneidladungseinlage oder -ummantelung aus massivem Metall besteht.

Splitter, die während des Trennvorgangs entstehen: Sekundärsplitter

Beim Auftreffen des Projektils auf die zu trennende Struktur können folgende Splitter auftreten:

- während des Eindringvorgangs des Schneidprojektils infolge Lippenbildung am Rand des Schnittes (Kraterand) und Abreißen von Teilen daraus (Abb. 6, FREUND1976),
- Abreißen von Material aus der Rückseite des Schnittes durch den so genannten Abplatzeffekt (Reflexion der dem eindringenden Projektil vorlaufenden Stoßwelle an der Rückseite [FREUND1975] und das durchdringende Projektil (Abb. 7, FREUND1976)

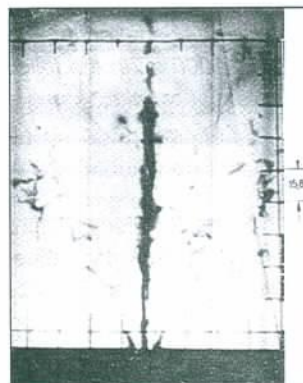


Abb. 6: Abreißen von Kratersplittern beim Auftreffen des Projektils auf den Stahl

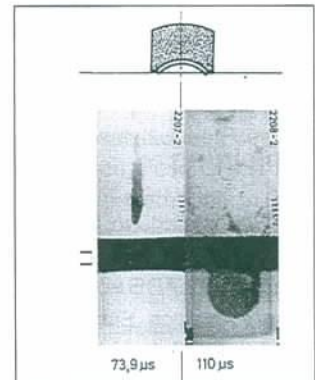


Abb. 7: Abplatzen von Splittern auf der Rückseite, links vor, rechts nach dem Auftreffen des Projektils

Ob Splitter auftreten, hängt von verschiedenen Bedingungen ab. Es kann folgendes gesagt werden:

- Die Lippenbildung ist um so weniger ausgeprägt, je schmaler das Schneidprojektil ist. Bei wuchtigen Projektilen ist die Schneidfuge groß und die Lippenbildung erheblich. Die Gefahr des Abreißens ist gegeben.
- Bei Projektilen, die überdimensioniert sind, treten an der Rückseite des Objekts die Fragmente des Restprojektils als Splitter auf.

Wie die Erfahrung zeigt, tritt bei der Verwendung von BLADE praktisch keine Lippenbildung auf. Dies sollte bei anderen Schneidladungsprodukten ebenfalls geprüft werden.

Bei nicht ausreichender Dimensionierung der Schneidladung, d. h. wenn das Schneidprojektil keinen vollständig durchgehenden Schnitt erzielt, tritt Aufreißen an der Rückseite und häufig Abreißen von Splitterteilen aus dieser Zone auf, insbesondere bei sprödem Material.

Splittergröße und -form sind bei Primärsplittern von Material, Dicke und Zähigkeit der Einlage oder Ummantelung abhängig, bei Sekundärsplittern wesentlich von der Materialzähigkeit des zu trennenden Objekts bestimmt.

Splitter aus zähem Werkstoff können gefährlicher sein als solche aus sprödem Werkstoff: Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens ist zwar geringer, die Splitter sind jedoch größer und daher gefährlicher.

Die Geschwindigkeit abplatzender Splitter ist zwar mit mehreren 100 bis ~1000 m/s geringer als diejenige der Primärsplitter, sie besitzen aber immer noch ein erhebliches Gefährdungspotential.

Versuch zur Dokumentation von Primärsplintern

An der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine der Universität Karlsruhe (TH) wurden Versuche zur Dokumentation von Primärsplintern durchgeführt [SAAL2002]. Versuchsort war eine Kiesgrube in Dietmannsried/Allgäu. Es wurde eine selbsthergestellte Schneidladung aus gekantetem Kupferblech mit Abdeckung der Dachflanken aus Stahlblech verwendet. Aluminiumbleche, so genannte Deutbleche, die in einer Box aus Sandwichelementen angebracht wurden, dienten der Registrierung der Splitter (Abb. 8). Zur sicheren Splitterrückhaltung wurde die Anordnung zusätzlich mit Gummimatten abgedeckt (Abb. 9).

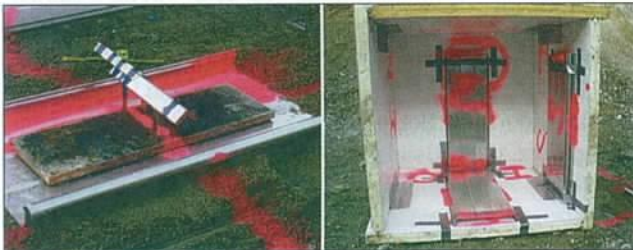


Abb. 8: links: Versuchsaufbau Schneidladung und Stahlblech
rechts: Anordnung der Deutbleche in der Box, die über die Schneidladung gestülpt wird



Abb. 9: Abdeckung mit Gummimatten

In Abbildung 10 sind die Einschläge der oben beschriebenen Primärsplitter aus Anlaufphase, Auslaufphase und Abreißen der metallischen Einlage am Rande deutlich zu erkennen. Die Splitter aus den Dachflanken durchschlagen als große Fragmente das seitlich angeordnete Deutblech (Abb. 11). Aus diesen Flanken sich ablösende Splitter sind am Deutblech senkrecht über der Schneidladung (Abb. 12) zu erkennen.

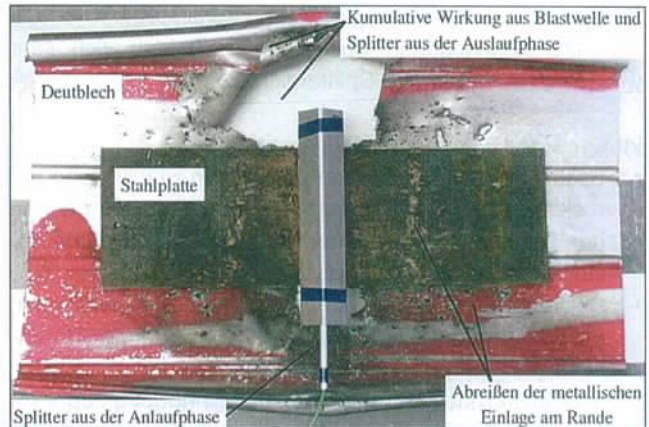


Abb. 10: Versuchsergebnis, Darstellung der Splitter auf dem Objekt und dem Deutblech

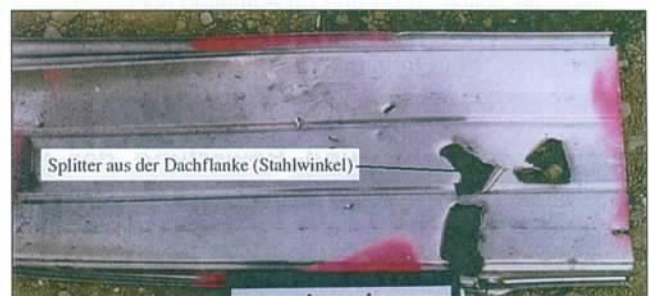


Abb. 11: Versuchsergebnis: seitliche Splitter



Abb. 12: Versuchsergebnis: senkrecht nach oben fliegende Splitter

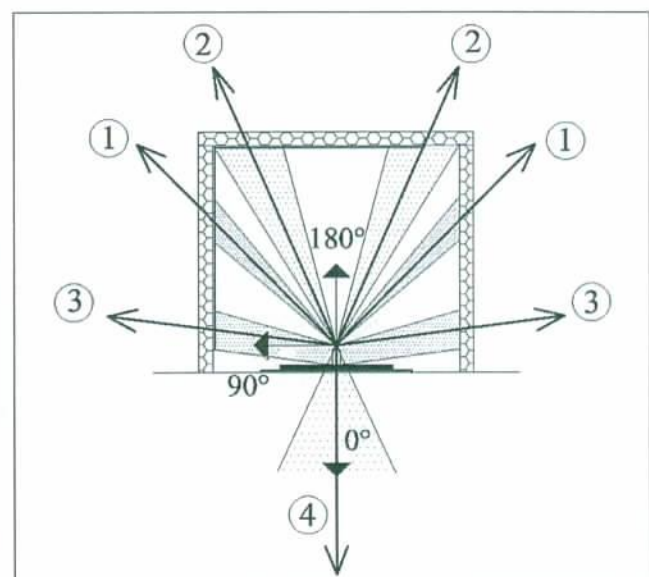


Abb. 13: Versuchsergebnis: Graphische Darstellung der Hauptsplitterrichtungen

Die Splitterverteilung ist schematisch in Abbildung 13 wiedergegeben.

Es werden vereinfacht vier Hauptsplitterrichtungen festgelegt. Die beobachteten Splitter unterscheiden sich sehr wesentlich in Größe und Splitterdichte.

Im Einzelnen wird folgendes festgestellt (Abb. 13):

- Splittergruppe (1) rührt von den beiden Stahlflanken der rückseitigen Verdämmung der vollummantelten Ladung her. Diese Flanken zerlegen sich in zwei bis drei Bruchstücke großer Durchschlagsleistung.
- Splittergruppen (2) bis (4) bestehen aus kleinstückigen Fragmenten hoher Anzahldichte, aber geringer Durchschlagsleistung.
- Die Splitterquelle kann nicht immer eindeutig zugeordnet werden. Es ist jedoch anzunehmen, dass die Splitter (4) hauptsächlich aus der metallischen Einlage entstehen. Die Splitter in (2) und (3) enthalten auch Fragmente, die an der Stahlplatte (= Trennobjekt) reflektiert werden oder beim Eindringen des Projektils in der Stahlplatte entstanden sind.

Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse

Grundsätzlich ist bei der Anwendung von Schneidladungen zum Trennen von Metallstrukturen mit dem Auftreten von Splintern zu rechnen. Die Splitter können aus verschiedenen Quellen stammen. Primärsplitter entstehen aus der Schneidladung, i. e. deren metallischer Einlage und oder Ummantelung. Sekundärsplitter aus der Wechselwirkung zwischen Schneidprojektil und Trennobjekt. Die Art der Ladung bestimmt wesentlich das Auftreten und die Häufigkeit der Splitter. Gesinterte oder kunststoffgebundene metallische Einlagen erzeugen im Wesentlichen eine Wolke aus feinstpartikulärem Material ohne bzw. sehr geringer Schadenswirkung. Schneidladungen mit kompakter Einlage bzw. zusätzlicher Ummantelung erzeugen Primärsplitter unterschiedlicher Größe und Flugrichtung mit großer möglicher Schadenswirkung. Sekundärsplitter können am Eintrittsort des Projektils (Abreißen von Kraterlippen) und am Austrittsort (Abplatzeffekt und Austreten von Restprojektilteilen) entstehen. Sie hängen von der Zähigkeit des Trennobjekts und der Dimensionierung der Schneidladung ab.

Die Kunst des Anwenders von Schneidladungen als Trennwerkzeug besteht darin, das Auftreten von Splintern zu minimieren.


Da in der Regel die Entstehung von Splintern nicht ausgeschlossen werden kann, sind Schutzmaßnahmen zur Splitterrückhaltung erforderlich. Der Umfang der Schutzmaßnahmen hängt von der zu erwartenden Splittergröße, -anzahl und -flugrichtung ab.

Da nach Ansicht der Autoren die Kenntnis der Splitterquellen bei den heute im gewerblichen Bereich verwendeten Schneidladungen noch mangelhaft ist, wird dringender Untersuchungsbedarf gesehen.

Literatur

- [1] Freund, H.-U.; Untersuchungen zur Optimierung von Schneidladungen für großen Zielabstand, Bericht BMVg T/0260/12610/11118 T/R 781/R 7810/21305, Battelle Ingenieurtechnik GmbH, Eschborn, 1974, [FREUND1974]
- [2] Freund, H.-U., Geiger, W.; Untersuchungen zum Abplatzeffekt, aus: Forschungsberichte aus der Wehrtechnik, Beiträge zur Ballistik und Detonationsphysik, BMVg-FBWT 75-13, DOK/BW/0051/74, Seite 215-228, 1975, [FREUND1975]
- [3] Verschiedene Einsatzmöglichkeiten der gestreckten Hohlladung (Dachladung) als Schneidladung und Splitterladung, Battelle-Bericht BF-R-62.965-2, Bericht BMVtdg T/R 780/R 7800/51 133 Battelle Ingenieurtechnik GmbH, Eschborn, 1976, [FREUND1976]
- [4] Held, M.; Grundsätze zur Konstruktion und Leistung von Hohlladungen, Nobel Hefte, 57. Jahrgang, Heft 1, Januar-März 1991, Seite 14 - 40, [HELD1991]
- [5] Hopfe, M.; Sprengung von Stahlkonstruktionen unter Einsatz von Schneidladungen in Deutschland, SprengInfo, 24. Jahrgang, Heft 2, 2001, [HOPFE2001]
- [6] Rohr, H. Fa. HERO-Sicherheitstechnik: persönliche Mitteilung, Okt. 2002, [ROHR2002]
- [7] Saal, H., Loose, T., Freund, H.-U.; Splitterbildung bei Schneidladungen, Bericht 011505-02 der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine der Universität Karlsruhe, 2002, [SAAL2002]

Anschrift des Autors:

Dr. Tobias Loose 
Ingenieurbüro Tobias Loose GbR
Haid-und-Neu-Str. 7
76131 Karlsruhe

Hinweise für Autoren

Manuskripte werden druckfertig in Maschinenschrift auf Blättern im Format DIN A 4 erbeten. Abbildungen, Zeichnungen und Diagramme sollten mit den entsprechenden Bildunterschriften und durchgängig nummeriert auf gesonderten Blättern eingereicht werden. Fotografien sind möglichst als Hochglanzabzüge mindestens im Format DIN A 6 einzureichen. Digitale Bilder und Logos sollten in tiff- oder eps-Format abgesichert sein (mit einer Mindestauflösung von 300 dpi). Bitte achten Sie außerdem unbedingt darauf, alle verwendeten Schriften (PostScript) beizulegen.

Abbildungen und Diagramme müssen hinsichtlich Strichstärke und Schriftgröße so beschaffen sein, dass sie nach der Reproduktion noch deutlich erkennbar sind (siehe auch DIN 108 1956).

Fachausdrücke, Formeln, Kurzzeichen und Dimensionen sollten nach DIN 1304 (allgemeine Formelzeichen) und dem SI-System geschrieben sein. Formeln im Text sollten deutlich geschrieben und durchlaufend nummeriert sein.

Wenn die Manuskripte auf einem PC erstellt werden, sollte möglichst eine Diskette oder CD eingereicht werden. Alternativ ist auch eine Übermittlung über e-mail möglich (e-mail: info@megadok.de).

Bevorzugte Textsysteme: Word für Windows oder QuarkXPress für Macintosh.