

# MỘT SỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG HIỆU ỨNG TẬP TRUNG ĐỊNH HƯỚNG NĂNG LƯỢNG NỔ ĐỂ CẮT THÉP

TS. ĐÀM TRỌNG THẮNG, TS. NGUYỄN TRỌNG CẢNH  
Trung tâm CNXL Bom mìn – BTL Công binh

**T**rong công tác nổ, hiệu ứng tụ năng hay còn gọi là hiệu ứng “cumula” (tiếng Latin “cumulatio” có nghĩa là tập trung, tích tụ), là một hiệu ứng tập trung năng lượng nổ thành một luồng tập trung về dạng đường thẳng hay dạng mặt phẳng bay bề một hướng xác định.

Luồng năng lượng này có đặc tính với mật độ, áp suất cực lớn và tốc độ đạt có thể vượt tốc độ vũ trụ cấp hai, có khả năng xuyên thủng, phá sâu các vật thể theo hướng bay của luồng xuyên. Luồng năng lượng tập trung được tạo ra khi kích nổ một lượng nổ có bề mặt lõm (H.1).

Hiệu ứng nổ lõm đã được kỹ sư công binh Nga Boreckov quan sát lần đầu tiên năm 1864. Tuy nhiên, lý thuyết về hiệu ứng nổ lõm và các ứng dụng của nó thực ra được nghiên cứu một cách tỉ mỉ và có hệ thống từ đại chiến thế giới thứ II bởi các nhà khoa học nổi tiếng của Liên Xô (cũ) như Vasiliev, Sukharevki, G.I. Pakrovski, Lavrenchiev, A.Baum, K.P.Stanhinkovich... [2], [4], [5]. Các kết quả nghiên cứu nhanh chóng được ứng dụng vào để chế tạo các loại vũ khí xuyên thép.

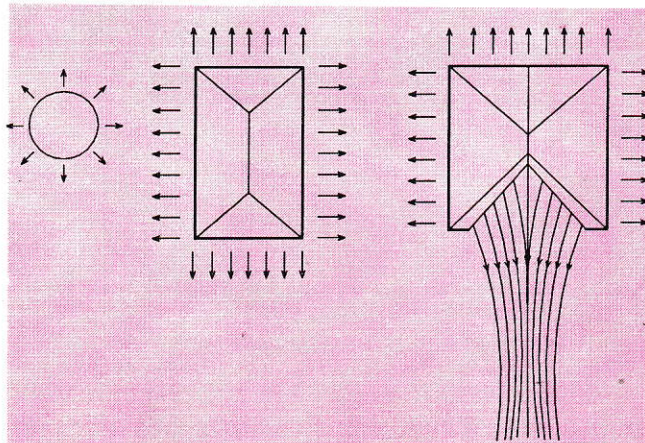
Ở Việt Nam, lượng nổ lõm đầu tiên được chế tạo để đánh xe bọc thép là “bom ba càng”, tiếp theo mô phỏng một số loại đạn đánh xe bọc thép và công sự [2].

Ngày nay, trước nhu cầu về tối ưu hoá trong việc thực hiện phá, cắt định hướng các đối tượng theo một hướng nhất định như cắt thép, tạo lỗ hay đục sâu, nên lượng nổ lõm không chỉ áp dụng giới hạn trong quốc phòng mà còn được sử dụng rộng rãi trong phát triển kinh tế phục vụ các ngành khai mỏ, dầu khí, giao thông, xây dựng....

Chính vì vậy, trong nhiều năm qua nhóm nghiên cứu thuộc Trung tâm Công nghệ xử lý bom mìn đã tiến hành các nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm để tính toán thiết kế và chế tạo lượng nổ lõm tối ưu dùng để cắt thép và đã nhận được sản phẩm chất lượng, tin cậy, cho phép ứng dụng hiệu quả trong thực tiễn quốc phòng và kinh tế.

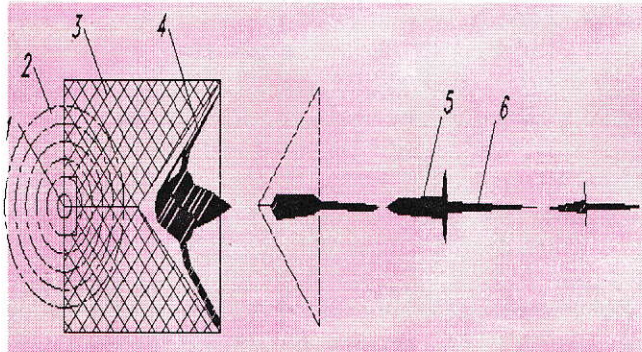
## 1. Cơ sở lý thuyết tụ năng và quá trình hình thành dòng xuyên của lượng nổ lõm

Theo lý thuyết về quá trình văng của sản phẩm nổ đối với lượng nổ đặt ngoài không khí, sau khi kích nổ tức thời, các sản phẩm tạo ra từ vụ nổ được văng vuông góc với bề mặt lượng chất nổ theo tất cả các hướng, xem H.1. Dựa vào các quy luật này dễ dàng nhận thấy, nếu ở một đầu của lượng nổ đối diện với vị trí kích nổ tạo một mặt lõm có dạng hình côn, hình bán cầu hay hình paraboloid, thì sau khi kích nổ dọc theo trục đối xứng của mặt lõm sẽ xảy ra sự quy tụ năng lượng do các hạt sản phẩm nổ văng ra vuông góc với hình mặt lõm chuyển động về hướng trục đối xứng, các hạt sản phẩm gặp nhau xiết lại, tạo thành một luồng năng lượng tập trung chuyển động về phía trước, có tác dụng làm tăng khả năng phá hoại cục bộ, xuyên sâu vào trong vật cản. Nếu trên bề mặt lõm được bọc bằng một bề mặt kim loại (gọi là phễu lót) thì hiệu quả xuyên sâu sẽ tăng lên nhiều lần so với khi không có vỏ và khi lượng nổ được đặt cách vật cản một khoảng cách hợp lý thì hiệu quả đâm xuyên cũng tăng lên nhiều lần (H.1).



H.1. Quy luật văng của sản phẩm nổ phụ thuộc vào hình dạng lượng nổ: a - Lượng nổ hình cầu; b - Lượng nổ hình trụ; c - Lượng nổ dạng lõm.

Bản chất của quá trình hình thành dòng xuyên (hay luồng xuyên) có thể được mô tả như sau: Khi kích nổ trạm nổ mỗi của lượng nổ lôm, làm hình thành sóng kích nổ (hay còn gọi là sóng nổ) lan truyền trong khối thuốc của lượng nổ đến gặp phễu lót và gây ra hiện tượng nén ép phễu. Lúc này áp suất tại mặt phễu lên tới hàng triệu atmôtphe ( $P \approx 10^6$  at), vận tốc nén ép phễu lên tới vài km/s ( $v_{ph} = 5 \div 15$  km/s) (H.2).



H.2. Sơ đồ quá trình hình thành luồng xuyên của lượng nổ lôm: 1 - Ống nổ; 2 - Mặt sóng nổ; 3 - Khối thuốc nổ; 4 - Phễu lót; 5 - Chuôi dòng; 6 - Đỉnh dòng.

Năng lượng nén ép phễu lót biến đổi từ mặt ngoài phễu vào phía trong và tập trung ở lớp mỏng phía trong mặt phễu. Lớp kim loại phía trong phễu ( $10 \div 20$  %) có tốc độ dịch chuyển tới đỉnh phễu lớn hơn tốc độ dịch chuyển của lớp kim loại phía ngoài phễu. Do sự qui tụ về đỉnh và sự chênh lệch vận tốc của 2 lớp kim loại đã vượt khối kim loại thành dòng. Lớp kim loại phía trong tạo thành phần đỉnh dòng, lớp ngoài tạo thành phần đuôi dòng. Chuôi dòng chuyển động với vận tốc  $0,5 \div 1$  km/s, còn đỉnh dòng chuyển động với vận tốc  $8 \div 10$  km/s. Đỉnh và đuôi dòng khi mới hình thành là khối liền nhau tạo thành dòng xuyên lôm, chúng chuyển động với các vận tốc khác nhau theo chiều dài của dòng xuyên, chuôi dòng bị kéo dài.

Tóm lại, phễu lót bị biến dạng thành một dòng tập trung với các đặc tính có thể coi là dòng "chảy lỏng" lý tưởng không chịu nén. Trong quá trình hình thành, luồng tập trung luôn được vuốt dài, đuôi dòng luôn được bổ sung kim loại "chảy lỏng". Quá trình này kết thúc khi độ dẻo của kim loại chảy lỏng không còn đáp ứng khả năng vuốt dài dòng.

## 2. Cơ sở lý thuyết tác dụng của dòng xuyên vào vật cản, thép

Dòng xuyên xâm nhập vào bản thép hay vật cản theo sơ đồ "chảy vào". Do vận tốc dòng xuyên cao, nên biến dạng của nó chỉ tập trung ở vùng tiếp xúc

giữa dòng xuyên với bản thép và không kịp lan truyền dọc theo dòng. Khi phần đầu dòng va chạm vào chướng ngại, thì dòng và chướng ngại cùng bị phá hủy, một phần dòng và chướng ngại bị dồn lại, lỗ hổng mở rộng ra, đường kính của lỗ vượt quá đường kính của dòng. Do các phần tử của dòng va chạm và chuyển động tới bản thép ngày càng nhiều, nên lỗ hổng sâu dần. Dòng xuyên xuyên vào chướng ngại càng sâu, thì số lượng kim loại bắn ra càng ít. Các phần tử kim loại dòng và bản thép lưu lại càng nhiều ở xung quanh thành lỗ. Cuối cùng kim loại không thể văng ra được và bị nén lại trong lỗ, do đó đường kính của lỗ nhỏ dần khi lỗ càng sâu (H.3). Kết quả tạo thành lỗ xuyên có đường kính rộng hơn dòng xuyên. Sau khi va đập vào vật cản, dòng xuyên mất dần năng lượng chia thành nhiều dòng nhỏ phát tán đi và nhường chỗ cho những dòng khác tới. Quá trình này lặp đi lặp lại nhiều lần cho tới khi vật cản bị thủng hoàn toàn hay khi dòng xuyên không còn khả năng xuyên thủng nữa. Vì vậy, lỗ xuyên có đường kính khác nhau ở miệng thì rộng, càng vào sâu đường kính lỗ xuyên càng nhỏ dần.

Trong quá trình nghiên cứu dòng xuyên tác dụng vào vật cản có thể giả thiết như sau: Dòng kim loại của dòng xuyên va đập mãnh liệt vào vật cản với áp suất hàng triệu atmôtphe trong thời gian rất ngắn, nên có thể bỏ qua độ bền của vật cản, vật cản được coi như một chất lỏng lý tưởng không chịu nén và dòng kim loại của dòng xuyên cũng coi như một chất lỏng không chịu nén. Vì vậy, tác dụng đâm xuyên được xem như tác dụng của một dòng chất lỏng vào môi trường chất lỏng.

Với giả thiết như vậy, việc tính toán độ xuyên sâu dòng xuyên có thể tiến hành như sau: giả sử dòng xuyên có mật độ  $\rho_1$ , chiều dài là  $l$ , chuyển động với tốc độ  $v_1$ . Vật cản có bề dày lớn và mật độ là  $\rho_c$ . Điểm dòng xuyên đập vào vật cản là A được di chuyển với tốc độ  $v_c$ , (H.3). Để đơn giản, ta nghiên cứu hiện tượng với hệ tọa độ có gốc đặt tại điểm A (di chuyển cùng điểm A). Trong hệ tọa độ này, vật cản di chuyển về phía trái với tốc độ  $v_c$ , còn dòng xuyên chuyển động về phía phải với tốc độ  $(v_1 - v_c)$ . Với giả thiết trên khi dòng xuyên gặp vật cản tại A, có áp suất về phía dòng xuyên bằng áp suất về phía vật cản, áp dụng phương trình Becnuli, ta có:

$$p = 0,5 \cdot \rho_1 \cdot (v_1 - v_c)^2 = 0,5 \cdot \rho_c \cdot v_c^2 \quad (1)$$

Giải (1) ta được tốc độ xuyên vào vật cản của dòng xuyên là:

$$v_c = v_1 / \sqrt{\rho_1 / \rho_c + 1} \quad (2)$$

Khi biết được  $v_c$ , ta dễ dàng tính được áp suất của dòng xuyên tác dụng lên vật cản.

Chiều sâu lỗ xuyên là:

$$h = (v_c \cdot t) \quad (3)$$

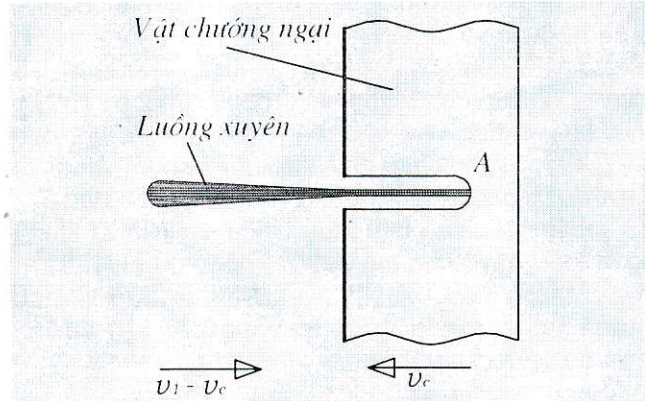
Với  $t$  là thời gian tác dụng của dòng xuyên, được xác định theo công thức sau:

$$t = l / (v_l - v_c) \quad (4)$$

Vậy, ta có chiều sâu lỗ xuyên là:

$$h = v_c \cdot l / (v_l - v_c) = l \sqrt{\rho_l / \rho_c} \quad (5)$$

Trong đó:  $\rho_l$ ,  $\rho_c$  - Mật độ dòng xuyên và vật cản,  $\text{kg/m}^3$ ;  $v_l$ ,  $v_c$  - Tốc độ của dòng xuyên vào vật cản,  $\text{m/s}$ ;  $l$  - Chiều dài luồng xuyên,  $\text{m}$ .



H.3. Sơ đồ luồng xuyên tác dụng vào chướng ngại.

Công thức này được Lavrentva-Teylo tìm ra, công thức này phản ánh sự tương tác của dòng xuyên vào chướng ngại. Sự phụ thuộc này chỉ ra rằng dòng xuyên càng dài, tỷ trọng của nó càng cao thì tác dụng xuyên càng lớn và lỗ xuyên càng sâu. Chiều sâu của lỗ xuyên cũng phụ thuộc vào tỷ trọng và tính chất cơ học của vật cản. Trong kim loại mềm, dòng xuyên sâu hơn và đường kính lỗ xuyên cũng lớn hơn trong thép. Cơ sở tính toán lý thuyết trên chủ yếu là gần đúng bởi vì trên thực tế độ xuyên sâu không chỉ phụ thuộc vào các yếu tố trên mà còn phụ thuộc vào tốc độ dòng xuyên và nhiều yếu tố khác như dạng phễu, góc lõm, tiêu cự, vật liệu phễu lót, chất nổ... Vì vậy, việc tính toán thiết kế cần dựa trên các nghiên cứu thực nghiệm công phu.

### 3. Kết quả ứng dụng hiệu ứng tập trung năng lượng nổ trong tính toán thiết kế và chế tạo lượng nổ lõm cắt thép

Trên cơ sở lý thuyết cơ bản trên, việc tính toán và thiết kế các thông số của lượng nổ lõm cắt thép đã được nghiên cứu hoàn thiện qui đổi từ dạng lượng nổ tập trung của lý thuyết về lượng nổ dài trong thực tế và xây dựng chương trình tính trên ngôn ngữ Visuabase (H.4) [3]. Chương trình tính cho phép lựa chọn các thông số lượng nổ lõm theo chiều sâu vết cắt. Các thông số thiết kế bao gồm nhóm thông số kết cấu lượng nổ (bán kính khối thuốc, tiêu cự), nhóm thông số phễu lót (chiều cao

phễu lót, chiều dày phễu lót, mật độ lót), nhóm thông số đặc trưng cho loại thuốc (mật độ thuốc, tốc độ nổ) và đặc trưng của đối tượng phá.

Chương trình tính toán thiết kế các thông số của lượng nổ lõm cắt thép

Nhập giá trị các tham số đầu vào

|                      |      |                            |      |
|----------------------|------|----------------------------|------|
| Chiều cao lót h (mm) | 16   | Mật độ lót                 | 8.8  |
| Chiều dày lót (mm)   | 1    | Mật độ thuốc nổ            | 1.62 |
| Tốc độ nổ D (m/s)    | 7400 | Mật độ đích                | 7.8  |
| 1/2 góc lõm (độ)     | 45   | Delta h (mm)               | 1    |
|                      |      | Bán kính khối thuốc R (mm) | 15.5 |

| F (mm) | Tỷ trọng Max | TĐ dòng max | l max (mm) | L max (mm) | Khả năng xuyên (mm) |
|--------|--------------|-------------|------------|------------|---------------------|
| 19     | 1823.54      | 2512.6      | 4.8255     | 5.1255     | 10.2416             |
| 20     | 1823.54      | 2512.6      | 4.997      | 5.3076     | 10.5818             |
| 21     | 1823.54      | 2512.6      | 5.1684     | 5.4897     | 10.9221             |
| 22     | 1823.54      | 2512.6      | 5.3399     | 5.6718     | 11.2623             |
| 23     | 1823.54      | 2512.6      | 5.5113     | 5.8539     | 11.6025             |
| 24     | 1823.54      | 2512.6      | 5.6827     | 6.036      | 11.9428             |
| 25     | 1823.54      | 2512.6      | 5.8542     | 6.2181     | 12.283              |
| 26     | 1823.54      | 2512.6      | 6.0256     | 6.4002     | 12.6233             |
| 27     | 1823.54      | 2512.6      | 6.197      | 6.5823     | 12.9635             |
| 28     | 1823.54      | 2512.6      | 6.3685     | 6.7644     | 13.3037             |
| 29     | 1823.54      | 2512.6      | 6.5399     | 6.9465     | 13.644              |
| 30     | 1823.54      | 2512.6      | 6.7114     | 7.1286     | 13.9842             |
| 31     | 1823.54      | 2512.6      | 6.8828     | 7.3107     | 14.3244             |
| 32     | 1823.54      | 2512.6      | 7.0542     | 7.4928     | 14.6647             |
| 33     | 1823.54      | 2512.6      | 7.2257     | 7.6749     | 15.0049             |

H.4. Chương trình tính toán thiết kế các thông số của lượng nổ lõm cắt thép.



H.5. Lượng nổ lõm chế thức cắt thùng thép ống dày 15 mm.

Với bộ thông số lựa chọn trong chương trình tính thể hiện ở H.4 cho phép nhận được chiều sâu vết cắt thép 15 mm, tương ứng ở tiêu cự tối ưu 33 mm. Kết quả tính toán này đã được sử dụng để chế tạo lượng nổ lổm để cắt thép (H.5), lượng nổ này đã được thử nghiệm để cắt thép dạng tấm, dạng ống, các vết cắt nhận được gọn tập trung. Sản phẩm lượng nổ lổm đã được nghiên cứu qua các giai đoạn nghiên cứu RD và AT. Sản phẩm lượng nổ lổm sau chế tạo mô tả ở H.5 có các thông số kỹ thuật cơ bản sau: kích thước bao bì rộng 46 mm, cao 88 mm (gồm cả chân tiêu cự 33 mm), dài 106 mm; khối lượng thuốc nổ 100 gam; khối lượng toàn bộ 250 gam; vỏ chân bằng nhựa PE.

Như vậy, việc ứng dụng lý thuyết tự năng hoàn toàn cho phép có thể thiết kế và chế tạo ra các sản phẩm lượng nổ lổm cắt thép. Sản phẩm này đã góp phần ứng dụng hiệu quả trong việc cắt thép phục vụ công tác gia công hay dỡ bỏ các kết cấu thép một cách hiệu quả. Việc sử dụng lượng nổ lổm trong công tác phá hủy có ưu điểm khối lượng thuốc nổ nhỏ hơn so với phương pháp nổ phá ốp thông thường đến chục lần, cho phép nổ gần các đối tượng bảo vệ mà vẫn đảm bảo an toàn, vết cắt gọn đẹp, thi công đơn giản, giá thành hạ và giảm thiểu tác động đến môi trường. □

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hồ Sĩ Giao. Tìm hiểu về nổ. NXB Khoa học kỹ thuật, Hà Nội 1981;
2. Hồ Sĩ Giao, Đàm Trọng Thắng, Lê Văn Quyền, Hoàng Tuấn Chung. Nổ hoá học-Lý thuyết và thực tiễn. NXB Khoa học kỹ thuật, Hà Nội 2010;
3. Đàm Trọng Thắng. Báo cáo tổng kết đề tài "Nghiên cứu hoàn thiện thiết kế và công nghệ chế tạo lượng nổ lổm phá rách bom". Tổng cục kỹ thuật, Hà Nội 6/2011.
4. Баум Ф.А., Станюкович К.П., Шехтер Б.И. Физика взрыва. Государственное издательство физико-математической литературы, Москва 1975.
5. Покровский Г.И. Взрыв. Недра, Москва 1980.

**Người biên tập: Hồ Sĩ Giao**

#### SUMMARY

Cumulative effect is the constitution of explosive energy into a penetration flow which has great density and pressure, capable to pierce deeply into objects moving in a definite direction. The application of this theory allows us to calculate, design and develop shape charges which are used to cut metal effectively.

## NGHIÊN CỨU ĐỊNH HƯỚNG...

(Tiếp theo trang 28)

2. Số liệu đo đạc, kiểm tra thông gió mỏ tại các công ty than Khe Chàm, Mông Dương và Thống Nhất năm 2011.

3. Thủ tướng Chính phủ (2008). Chiến lược phát triển ngành than Việt Nam đến năm 2015, định hướng đến năm 2025. Hà Nội.

4. Ушаков К.З. и др. Рудничная аэрология: Справочник. М. Недра. 1988. 440 с.

**Người biên tập: Võ Trọng Hùng**

#### SUMMARY

The main fans are used for mining ventilation about 20 years. In the coming years, coal output will be increased and exploitation will be developed more in Quảng Ninh coal underground mines. This sets required to build facilities to determine the basis for selecting rational fans and to meet the production plan and ensure safety in mines.

## XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ...

(Tiếp theo trang 30)

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Đình Bé, Vương Trọng Kha, 2000. Dịch chuyển và biến dạng đất đá trong khai thác mỏ, NXB Giao thông vận tải. Hà Nội.
2. Quy phạm bảo vệ các công trình do ảnh hưởng của khai thác mỏ hầm lò. NXB Nedra. Bộ công nghiệp than Moskva-Liên Xô cũ. 1981.
3. Szwedzicki T. Geotechnical instrumentation and monitoring in open pit and underground mining. Rotterdam. 1993.
4. Kết quả thí nghiệm tính chất cơ lý đá. Viện Khoa học Công nghệ Mỏ. 2004.
5. Báo cáo kết quả trạm quan trắc bề mặt địa hình vỉa 9b mỏ than Mạo Khê. Viện Khoa học Công nghệ Mỏ. 2006.

**Người biên tập: Võ Trọng Hùng**

#### SUMMARY

The paper shows the study results of estimating the deformation and moving parameters for ground surface in Mạo Khê underground mine.