

CƠ GIỚI HÓA TRONG KHAI ĐÀO CÁC CÔNG TRÌNH NGẦM MECHANIZATION OF EXCAVATION IN UNDERGROUND PROJECTS

PHẠM TIẾN VŨ

Phòng Công nghệ Xây dựng Công trình Ngầm và Mỏ
Viện Khoa học Công nghệ Mỏ

Tóm tắt

Ngày nay, các máy móc đào hầm đã trở thành những thiết bị cơ giới được sử dụng rộng rãi trong ngành mỏ và xây dựng công trình ngầm dân dụng. Các máy này chủ yếu được sử dụng để khai đào trong đá mềm đến rắn trung bình. Một số máy còn có thể đào được trong đất đá cứng đến rất cứng. Bài báo này đề cập tới các phương pháp phá đá cơ bản và phương pháp phá đá bằng cơ giới sử dụng các máy móc để khai đào cũng như tình hình sử dụng các loại máy đào trên thế giới.

Abstract

Today roadheaders, shearers and other miners are the most popular mechanized excavators used in mining and civil underground construction. These machines are primarily used in soft to medium hard rocks. Some of them is used in hard to very hard rocks. This paper reviews basic cutting rock methods and mechanizing cutting rock which using roadheaders, shearers or miners. As well as using situation them in the world.

1. Cơ chế phá đá

1.1 Các loại công cụ chính

Như chúng ta đã biết, phương pháp cơ bản của việc phá vỡ đất đá bằng cơ giới là đập và xuyên bởi một công cụ sắc nhọn. Bảng 1.1 đưa ra các loại chỉ tiêu của các công cụ cắt

Bảng 1. Bảng phân loại chỉ tiêu của công cụ cắt

Loại công cụ	Kiểu tác động	Kiểu đặc trưng của công cụ	Máy sử dụng công cụ
Công cụ cắt	Áp đặt các lực mạnh song song với bề mặt đất đá	Đầu bọc mũi kim cương	Máy khoan xoay
		Răng cắt (tiếp xúc điểm và nêm)	Máy combai đào lò
Cưa	Áp đặt các lực trực tuyến với bề mặt đất đá	Răng khoan cắt hàn vẩy cứng Răng khoan cắt nôm	Máy khoan đập-xoay
		Răng khoan cắt hình nón	Máy khoan xoay-khoan mở rộng
		Cắt đĩa	Máy khoan hầm toàn tiết diện (TBM) Máy khâu hầm lò đi động Máy khoan mở rộng

Lực đặt tạo ra bởi một lực khía từ răng cưa là một lực nén và một lực cắt đặt lên ở đầu răng (Hood và Roxborough 1992). Tuy nhiên, nghiên cứu đã chỉ ra rằng cả hai loại công cụ là nguyên nhân hình thành hình dạng mảnh vỡ của đất đá lớn bởi việc giảm bớt lượng nứt nẻ liên kết. Sự đập của cú va đập từ đầu mũi tạo nên một vùng dập vỡ bên dưới công cụ phá đá. Vùng đất đá dập nát này mở rộng và khiến ứng suất kéo trong đá trung gian xung quanh điểm đập. Khi một công cụ cắt tiếp xúc với bề mặt đất đá ở một góc nghiêng tù, có một mặt tự do theo hướng mà vật liệu có thể bị tách rời. Vì thế, công cụ cắt có thể dễ dàng xâm nhập vào đá, gây nên bề mặt bị cắt và vì thế các bề mặt nứt nẻ bị kéo, tách ra khỏi khối đá.

Hầu hết các loại đá có khả năng kháng nén lớn hơn đến 10 lần độ kháng cắt và như thế bất kỳ một tác động nhằm đập vỡ khối đá nào đều phải tiêu tốn một năng lượng lớn. Vì công cụ cắt thiên về cắt theo các khe nứt trực tiếp hơn với một lực đập nhỏ nên tạo ra một hiệu quả hơn so với đập. Tuy nhiên, kiểu đập được sử dụng rộng rãi hơn trong đa dạng các công cụ, tại sao vậy? Lý do chính là cường độ của các công cụ. Các vật liệu dùng để làm công cụ đáng lý phải cứng hơn đất đá nhưng vì nguyên nhân này, mà nó trở lên dễ vỡ hơn. Kiểu tác động của công cụ cắt dẫn đến ứng suất uốn hay ứng suất kéo tại các công cụ kiểu nêm và dẫn đến thất bại thê thảm của công cụ này là không thể tránh được. Trên một phương diện khác một công cụ cưa cắt chủ yếu được đặt một lực nén dọc trục của nó và vật liệu chế tạo nên nó vốn đá rất vững (Hood và Roxborough 1992.). Cả hai kiểu cắt trên đều có những ưu nhược điểm nhất định. Kiểu cắt cưa tỏ ra ưu điểm trong đá rắn cứng ít nứt nẻ còn kiểu cắt chém làm việc rất tốt trong điều kiện đất đá nứt nẻ nhiều hoặc đá mềm.

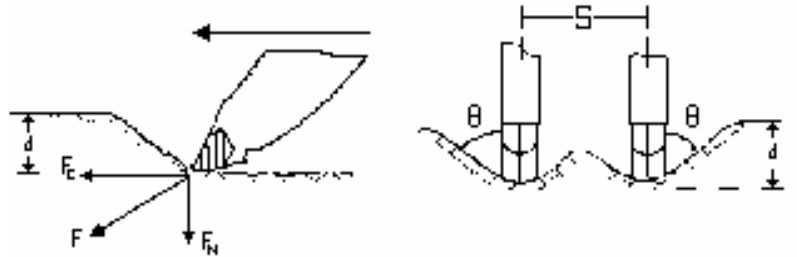
1.2 Các răng cắt

a) Các thông số cắt

Các công cụ cắt sử dụng trong máy cắt được gọi là các răng cắt. Hình 1 minh họa quá trình khi một răng cắt đập vào một mẫu đá song song trực tiếp đối với bề mặt đá chính. Ứng suất tách chẻ chính được tạo ra từ đường cong, xuất phát từ điểm xuyên và lập tức truyền vào bề mặt đá. Sự chẻ tách này tạo nên một mảnh vỡ lớn. Evans (1962) là người nghiên cứu đầu tiên đề xuất về một lý thuyết cắt đá, được phát triển từ bắt nguồn từ thực tế làm việc với các răng cắt ở các mỏ than ở nước Anh. Các sự biến thiên quan trọng liên quan đến cắt phá đất đá được thể hiện trên hình 2.



Hình 1. Tác động cắt của răng cắt (Speight 1997)



Hình 2. Sự biến thiên cắt của các răng (Speight 1997)

Trong đó:	F	=	Lực được tạo nên bởi công cụ
	F_C	=	Lực cắt thành phần
	F_N	=	Lực cắt thành phần – tác động xuyên tới bề mặt đất đá được duy trì tại độ sâu xuyên
	d	=	Độ sâu xuyên
	s	=	Khoảng cách công cụ
	θ	=	Góc phá hủy

Đơn vị đo quan trọng của hiệu suất cắt:

Hiệu suất (Q) Khối lượng đá tạo lên bởi sự cắt – tùy thuộc vào độ sâu xuyên (d), góc phá hủy (θ) và khoảng cách cắt

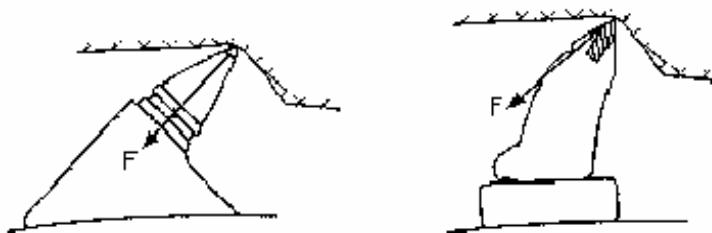
Năng lượng riêng (SE) Khối lượng công việc được thực hiện bởi việc cắt (F_C) để khai đào được một đơn vị hiệu dụng.

Tùy thuộc vào:

- Độ bền và cường độ đá
- Góc ma sát
- Loại máy và phương pháp hoạt động
- Loại công cụ và điều kiện sử dụng
- Các loại lực mà công cụ có (cơ máy và công suất)
- Độ sâu xuyên nhập

b) Các loại công cụ

Có hai loại thiết kế công cụ cắt chủ yếu, kiểu tiếp xúc điểm và tiếp xúc góc (hình 3)



a) Tiếp xúc điểm

b) Góc

Hình 3. Hai kiểu cắt chính (Speight 1997)

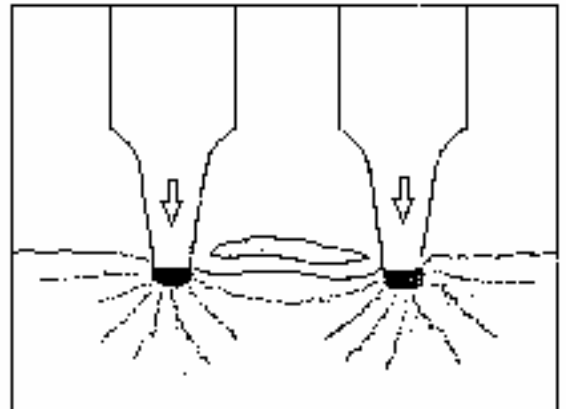
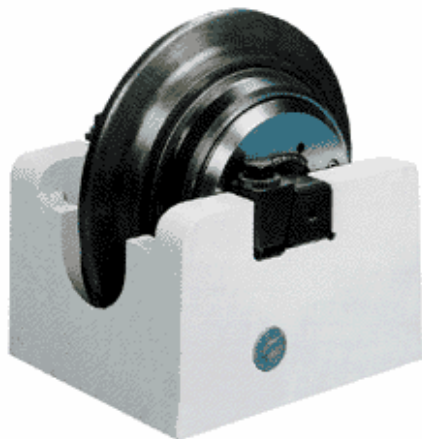
Răng cắt góc – đầu bịt dạng dùi và cán dạng hình chữ nhật. Trục của cán công cụ trải qua trục xoay của đầu cắt của máy. Trong đất đá có độ mài mòn, các răng cắt góc bị mài mòn rất nhanh và hiệu suất của công cụ bị giảm nhanh chóng.

Răng tiếp xúc điểm – đầu bịt hình nón và cán dạng tròn. Trục của cán được đặt một góc nghiêng so với bề mặt đất đá. Công cụ được thiết kế có thể quay trong quá trình răng cắt hoạt động tạo ra sự mòn đều của đầu răng và nó thích hợp với những loại đất đá có độ mài mòn cao. Tuy nhiên, thông thường đất đá, bụi bám lấy công cụ dẫn đến việc nó không thể quay được (Speight 1997).

1.3 Phá đá kiểu cưa xẻ

a) Nghiên cứu chung

Có rất nhiều lý thuyết với mục đích mô tả quá trình hình thành bào tiện đất đá khi công cụ tác dụng vào bề mặt đất đá. Nhiều nhà nghiên cứu đã công nhận rằng sự xuyên nhập của nêm dẫn đến các ứng suất cắt là nguyên nhân của sự bào tiện đất đá ra khỏi khối. Những ứng suất cắt này được tạo ra bởi các lực từ bên trong răng cắt, độ lớn và hướng đã tạo nên bởi góc nghiêng nêm của công cụ. Hood và Roxborough (1992) mô tả một mô hình đĩa cắt phát triển từ mô hình của Lindqvist và Ranman (1980) trước đó đã kết luận là hầu hết các lực tác động trực tiếp vào đất đá, tương tự như một tác động của một quả dầm vào đáy thùng. Dẫn đến các ứng suất cắt phá hủy chạy song song với bề mặt của đá (hình 4) và nếu khoảng cách giữa đĩa cắt là đủ nhỏ, sự truyền tách chẻ từ mỗi đường xoi sẽ gia nhập với nhau để tạo nên sự tác chẻ đất đá.



Hình 4. Đĩa cắt và tác động cắt

Người ta đã không đơn phương chấp nhận toàn bộ một lý thuyết về việc hình thành các vết cắt kiểu cưa đá bởi công cụ kiểu cưa. Nguyên nhân chính là sự phá vỡ đá được truyền bởi các vết nứt chịu kéo, và đó là cơ chế gây ra bởi các vết nứt này được tiếp nhận trước tiên là không chắc chắn. Sự phá vỡ đá xảy ra vì một vết chịu kéo được tiếp nhận và truyền. Vết nứt này dẫn đến kết quả là áp lực liên kết: đầu tiên, sự mở rộng của lực căng của vết nứt vốn đã tồn tại dọc theo mặt thớ, sau đó, với ứng suất kéo gây ra một vùng dập nát bên dưới khối nêm (Hood và Roxborough 1992).

b) Các đĩa cắt

Các máy cắt được thiết kế để ứng dụng trong đất đá rắn cứng sử dụng việc cưa đá từ các đĩa cắt. Những máy đó là các máy đào hầm toàn tiết diện (TBM), các máy đào lò và các máy khoan giếng mở rộng. Để cắt đá hiệu quả được tốt, các vết nứt chịu kéo được tạo nên bởi các công cụ cắt trong những rãnh gần kề bên đến cấu trúc nứt nẻ của đá. Do đó hình dáng chữ thập của thiết kế máy cắt là nhằm tạo ra khoảng cách giữa các vết nứt cận kề được cắt bởi các công cụ được đính trên đỉnh máy đào.

1.4 So sánh các răng cắt và các đĩa cắt

Các đĩa cắt được gắn trên máy ví dụ như TBM và có khả năng cắt đá trong những loại đất đá có độ bền nén dọc trục lên đến 150 Mpa (Speight 1997). Hiệu quả này thu được bởi việc ứng dụng mạnh lực đập (tương ứng với F_N đối với răng cắt kiểu bào) và lực chém vát thấp hơn (tương ứng với F_C trong răng cắt kiểu bào). Lực cắt chém vát thấp hơn có nghĩa là lực xoắn đặt trên máy giảm xuống. Tuy nhiên, vì các đĩa cắt phá vỡ đất đá bởi lực đập hơn là lực cắt song song với bề mặt đá, chúng kém hiệu quả hơn các răng cắt kiểu bào. Trong một khối đá nhất định, năng lượng riêng (SE) yêu cầu cho đĩa cắt phải lớn hơn. Theo GS. TS Fred Dilabbio (The Hatch Group: www.hatch.ca) thì với đá có độ UCS lớn hơn 200 MPa thì chỉ nên sử dụng phương pháp cắt dùng các đĩa cắt.

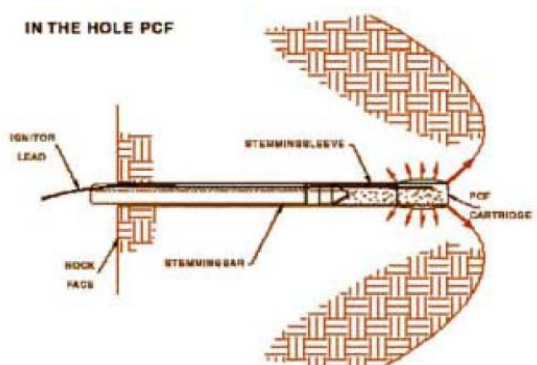
1.5 Các phát triển mới

a) Các đĩa cắt tự xoay linh hoạt

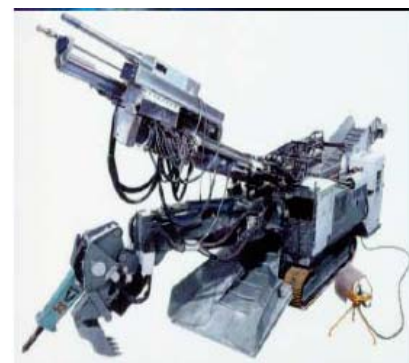
Một phương pháp mới cho khai đào đất đá đã được phát triển bởi Trung tâm Công nghệ và Thiết bị Mỏ (CMTE) Brisbane, Ôxtrâyliá. Phương pháp này sử dụng một công cụ được gọi là đĩa cắt xoay linh hoạt (ODS), các đĩa cắt này tiếp xúc với đất đá bởi một tác độ cắt nhỏ làm giảm đi sự phá hủy liên kết (CMTE 2000). Vì đá có tính chất là kháng kéo nhỏ hơn nhiều so với kháng nén, một máy được trang bị hệ thống đĩa cắt xoay linh hoạt không cần nhiều lực dọc trục cao truyền đến đĩa cắt. Một đĩa cắt cần thiết làm việc trong đá rắn chẳng hạn như đá granite yêu cầu một lực khoảng 550 kN để phá tạo ra trên đá một rãnh 25mm và 10mm sâu. Trong loại đá tương tự các đĩa cắt ODS có thể cắt được một rãnh lớn gấp đôi chỉ với một lực là 12 kN. Mục đích cuối cùng để thiết kế một máy đào liên tục có khả năng làm việc được trong đá có cường độ kháng nén dọc trục lên đến lớn hơn 240 Mpa.

b) Công nghệ phá đá bằng ổ nòn xuyên nhập

Phá vỡ bằng nòn xuyên nhập (PCF) giải quyết bao hàm quá trình ban đầu của các nứt nẻ đất đá trong đó các lỗ nòng được khoan trên gương đá. Kết quả tách chẻ này trong cấu trúc của các nứt nẻ đá, tiết diện nòn thô ráp với nền tảng là các nòn ổ tại bề mặt gương đá. Các nứt nẻ cũng có thể được tạo ra bởi sự nổ mìn chẳng hạn như hệ thống *sunburst* hoặc là dưới tác động của tia nước áp lực cao, chẳng hạn như hệ thống *Hydrex* (Speight 1997). Áp suất khoan lỗ được tạo ra có thể là các thuốc nổ ANFO, trong khoảng từ 400 Mpa đến 700 Mpa (Olson 1993). Cường độ thấp của tác động phá hủy có nghĩa là hệ thống có thể được phối hợp trong máy khai đào đá cứng liên tục. Một loạt các lỗ ngắn được khoan và mỗi lỗ xong, một lượng thuốc nổ được nạp và một thiết bị tiếp ứng dây vào trong lỗ để nhồi chặt. Các thử nghiệm được thực hiện bởi Cục Mỏ Hoa Kỳ (US Bureau of Mines) (Olson 1993) sử dụng một dây nổ để bắt đầu nạp và một hệ thống chất nhồi bao gồm các thổi bua nhồi, thiết bị hấp dẫn năng lượng và chốt cơ khí. Mỗi lỗ được kích nổ để tạo ra một hệ thống khe nứt trong đá, và được thu dọn bởi một hệ thống thu gom mảnh chẳng hạn như hệ thống đã được lắp đặt trên combai.



a) Sơ đồ phương pháp

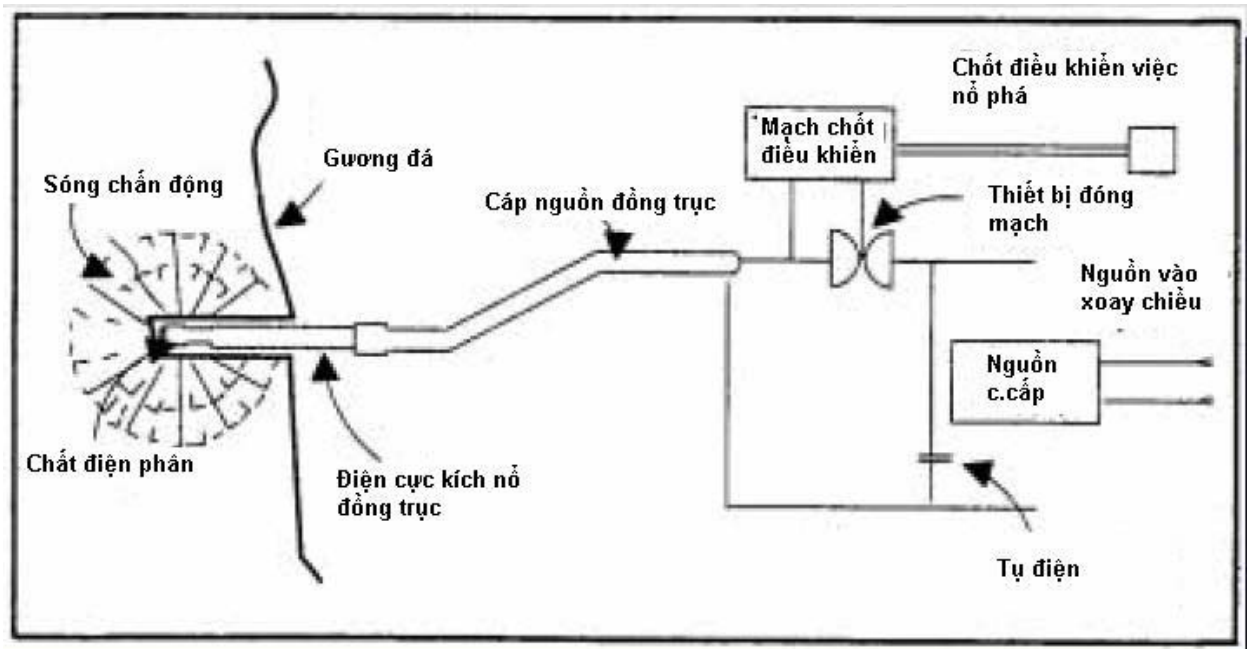


b) Thiết bị thi công

Hình 5. Sơ đồ phương pháp phá đá bằng ổ nòn xuyên nhập

c) Nổ Plasma

Nổ plasma tương tự như phương pháp nổ PCF, ngoại trừ một thiết bị phóng điện được sử dụng để kích thích lan tỏa plasma, dẫn đến sự nứt phá đá. Một điện cực được đặt vào trong một lỗ khoan ngắn và khoảng cách giữa một cực dò vách được điền một chất điện phân (nước là thích hợp). Một máy nổ plasma theo lý thuyết là tương tự như một máy khoan lớn, với cần mang cả máy khoan đá hoặc một điện cực. Năng lượng điện được lưu trong bình tụ và giải phóng khi công tắc đóng. Công suất điện cấp năng lượng tới các điện cực lên đến 200 MW trên một micro giây tận đến khi đạt đến 3500 MW, chỉ trong 40 micro giây. Hiệu quả của năng lượng phóng điện là làm biến đổi điện cực lên đến một nhiệt độ, áp suất plasma rất cao tại cường độ nổ. Phép đo gián tiếp đã chỉ rằng áp suất trong lỗ khoan đã lên tới 2000 Mpa (Nantel và Kitzinger 1990).



Hình 6. Sơ đồ nổ plasma

2 Ảnh hưởng của cường độ đất đá

Ứng dụng của các máy khai đào cơ giới bị giới hạn bởi cường độ của đá. Các máy cắt phá đá đã sử dụng cho các công trình xây dựng dân dụng và mục đích của công trình mỏ. Mặc dù chúng đã được thừa hưởng nhiều thành tựu trong công nghệ khoan – nổ mìn, mức độ phát triển của công nghệ hiện tại thì chúng vẫn phát huy tác dụng.

2.1 Các thông số cường độ đá

Các tính chất chủ yếu của đá nguyên khối ảnh hưởng đến khả năng cắt bao gồm: cường độ nén dọc trục (UCS), sức bền kéo, tính dễ vỡ, mô đun đàn hồi, hàm lượng khoáng cứng, kích cỡ hạt và hình dạng, độ rỗng và nguồn gốc (trầm tích, phun trào...). Bảng 2 và 3 đưa ra các thông số cường độ đá tiêu biểu.

Bảng 2. Giá trị tiêu biểu của cường độ kháng nén dọc trục trong các loại đá khác nhau (Hartman 1992)

Loại đá	UCS (MPa)	Rock type	Cường độ kháng nén dọc trục (MPa)
Than	20--40	Dolomite	100
Đá phiến sét	13-110	Basalt	80-120
Cát kết	24-100	Quartzite	100-150
Đá vôi	50-100	Granite	100-200

Bảng 3. Phân loại cường độ theo chỉ tiêu cắt (Atkinson và nnk 1986)

Cường độ đá đánh giá	Cường độ kháng nén dọc trục (UCS) σ_c MPa	Mô đun Y-ăng E GPa	Mô đun bền T (lb/in ³)	Chỉ số bền $T_i = \frac{\sigma_c^2}{2E} \times 100$	
				Góc	Tính toán
Cao	108.3	40	72.72	45	40.0
Trung bình	116.0	29	44.05	25	23.8
Thấp	58.5	13.4	18.32	15	12.2
Rất thấp	29.9	7.8	7.13	9	5.8

Do đồng bộ cơ giới của cắt phá đá và số lượng lớn đa dạng, không có một hệ thống nào được chấp thuận toàn thể để dự đoán hiệu suất máy cắt từ các thống số của cường độ đất đá. Các nhà sản xuất và người điều khiển sử dụng UCS như một chỉ dẫn, mặc dù nó không phải là một chỉ tiêu để chỉ ra khả năng cắt (Speight 1997). Giá trị ngưỡng đặc thù để định nghĩa thế nào là đá ‘cứng’ đối với khai đào cơ giới là 103 MPa (14900 psi) (Porrester 1996) và 124 MPa (18000 psi), (Bullock 1994).

2.2 Phân loại máy

Các loại máy mỏ cơ giới được phân loại bởi:

Đất đá rắn hoặc mềm	Cường độ lớn nhất của đá có thể cắt hiệu quả
Hình dạng cắt	Toàn gương, tang trống, đầu cắt ngang trục, đầu cắt dọc trục.
Loại công cụ cắt	Các răng cắt tiếp xúc điểm, Các răng cắt tiếp xúc dạng nêm, các răng cắt tiếp xúc đầu mút, đĩa cắt.
Áp dụng	Các công trình ngầm dân dụng, khai đào công trình dân dụng, phát triển các mỏ hầm lò, sản xuất mỏ hầm lò, khai đào mặt mỏ.
Độ nghiêng khai đào	Ngang, đứng, nghiêng.

Các máy đào chủ yếu được phân loại theo cường độ đá bị cắt. Phần 1 mô tả thế nào là các nút nê được tạo nên bởi các liên kết của các đứt gãy chịu kéo bằng công cụ cắt ở vị trí kề cận. Để đảm bảo khoảng cách tối ưu giữa các vết nứt cắt yêu cầu một độ nghiêng cao của độ cứng và hạn chế máy lớn (Gertsch 1994). và chủ thể trở lên khó khăn hơn và lực cắt gia tăng. Do đó, máy đào được thiết kế cho đá rắn phải nặng hơn và chắc chắn nhiều hơn hơn là các máy đào trong đá mềm hơn.

Các thiết kế đã có của máy đào hầm toàn tiết diện (TBM) và các máy đào mở rộng có khả năng khai đào đất đá với cường độ kháng nén dọc trục (UCS) lên tới 250 MPa nhưng khả năng khai đào của chúng lại bị hạn chế bởi đòi hỏi về hình dạng tiết diện khác nhau và các bán kính cong nhỏ. Đặc tính này làm chúng trở lên lý tưởng trong khai đào công trình ngầm có kích thước lớn chẳng hạn như công trình hầm dân dụng. Tuy nhiên, kỹ thuật khoan - nổ vẫn được sử dụng rộng rãi trong đào lò đá tại các mỏ hầm lò vì tính linh hoạt và thích ứng để khai đào trong các loại đá và các loại tiết diện. Ngược lại, trong điều kiện đá mềm, sự khai đào cơ giới là thích hợp hơn (ví dụ như: khai đào trong than, muối, thạch cao, khoáng trona, Kali các bô nát).

Bảng 4. Phân loại máy đào cơ giới theo loại đất đá

Đất đá cứng	Đất đá mềm
<ul style="list-style-type: none"> • Combai (Roadheader) • Máy đào toàn tiết diện (TBM) • Máy đào di động (Mobile Miner) • Máy đào mở rộng (Raise Borer) 	<ul style="list-style-type: none"> • Combai (Roadheader) • Combai continuous (Continuous Miner) • Máy khâu (Shearer)

Bảng 5: So sánh các loại máy đào với hệ thống khoan-nổ mìn

Ưu điểm	Nhược điểm
<ul style="list-style-type: none"> - Thông thường đem lại tốc độ tiến gương nhanh hơn trong đá mềm và đá cứng trung bình. - Tiết kiệm nhân lực lao động - Tiết diện khai đào nhẵn hơn - Không gây phá hủy đất đá xung quanh do nổ - An toàn hơn 	<ul style="list-style-type: none"> - Không thể đào trong đá rất cứng - Giá thành tổng cộng cao hơn - Yêu cầu duy tu bảo dưỡng lớn hơn - Không linh hoạt

3 Các máy đào trong đá cứng

3.1 Máy đào hầm toàn tiết diện (TBM)

Máy TBM (Tunnel Boring Machine) là một loại máy khai đào toàn tiết diện cắt đá bằng các đĩa cắt định vị trên đầu cắt theo các vòng tròn trên đầu cắt (hình 5). Các đặc tính thiết kế sau được đưa vào để cắt đá có độ cứng lớn hơn bất kỳ một loại máy khai đào nào khác.

- Kích thước lớn
- Kích giữ ổn định thẳng bằng thủy lực
- Lực cắt lớn được cấp bởi trục đẩy thủy lực
- Các đĩa cắt phá đá bằng các lưỡi sắc cạnh.

Vì kích cỡ và trọng lượng đặc trưng của TBM, chúng có thể thích hợp với việc khai đào các công trình ngầm thẳng chẳng hạn như các công trình ngầm dân dụng.



Hình 7: Máy khoan đào toàn tiết diện TBM

b) Hệ thống phá vỡ đất đá

Một TBM phá vỡ đá với các đĩa cắt định vị theo cung tròn xung quanh đầu cắt theo vùng và chúng xoay quanh bề mặt đá của gương hầm theo đợt theo rãnh hoặc vết đồng tâm. Lực cắt được tạo ra bởi lực đẩy của trục đẩy thủy lực công suất lớn. Mỗi đĩa cắt có thể tự xoay quanh trục của mình trên đỉnh đầu cắt. Hình 4 minh họa kiểu hình thành các mảnh vỡ mà trước đó đã được mô tả trong **phần 1.3**. Lực cắt lớn để phá vỡ đá sẽ sinh ra một phản lực tương ứng. Để duy trì sự tiếp xúc giữa máy và đá, máy đào được giữ ổn định bởi tự trọng lớn và các kích thủy lực (các tay hãm) chống vào hai bên hông hầm. Đá bị phá được thu gom từ dưới nền bằng các bàn vơ định vị xung quanh đường kính của đầu cắt dỡ thải tại vòng cắt vào trong băng tải, băng đã được cố định trong trung tâm máy (hình 9).

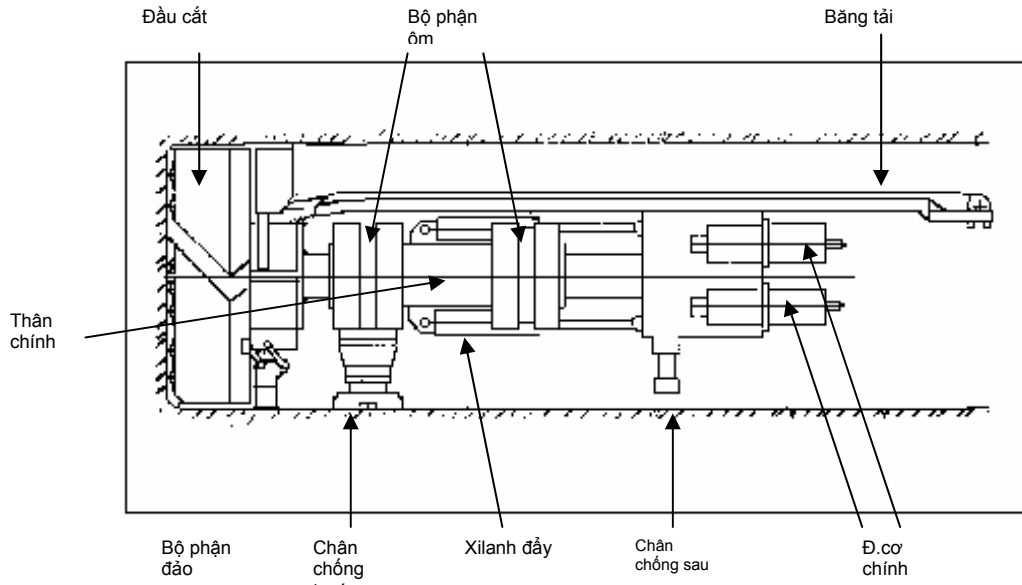


Hình 8: Lắp ráp TBM của hãng Robbins

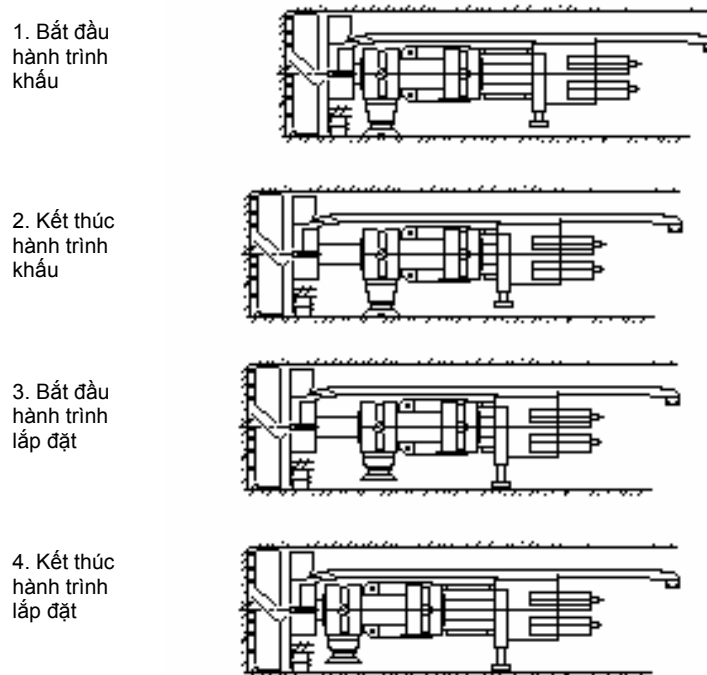
Một hệ thống TBM đáp ứng một quá trình khai đào liên tục, hệ thống chống giữ được lắp đặt và các tấm chắn được di chuyển theo đầu cắt trong quá trình vận hành. Trong các công trình dân dụng, một loại vỏ chống phổ biến là các vỏ chống kiểu vòng bê tông (tubin, chu-bin). Các tấm đúc sẵn được vận chuyển dọc theo TBM, và được nâng và lắp đặt với các tay kích cơ - thủy lực.

b) Ví dụ: TBM của Atlas Copco Jarva

Hình 9 minh họa một thiết kế cơ bản các TBM của Atlas Copco Jarva. Thân máy chính với các tay chống và các tay đẩy cấu thành **bộ phận cố định** của máy, và nó được định vị chặt vào thân hầm. **Bộ phận dịch chuyển** bao gồm: phía trước đầu cắt, các động cơ, vỏ chịu lực, máy, tấm khiên chắn bụi và bộ phận đảo gom vật liệu, tại hộp số phía sau, hộp số hành tinh và chân nâng hạ. Các phần phía sau được liên kết bởi các ống xoắn có thể trượt trên thân máy chính trong quá trình dịch chuyển theo hành trình của máy. Một bộ băng tải vận chuyển các sản phẩm khai ra đằng sau của máy nơi đổ thải lên trên đường băng tải cố định hoặc xe mỏ con thoi (xe tải hành trình). Hình 10 thể hiện thế nào là một chu kỳ cắt hoàn chỉnh (khoan đào và lắp dựng) đã được thực hiện.(Atlas Copco)



Hình 9. TBM của Atlas Copco Jarva



Hình 10. Chu kỳ cắt phá của Atlas Copco TBM

Tập đoàn đa quốc gia Atlas Copco trong những năm gần đây đã kế thừa và phát triển nghiên cứu của Công ty Robbins, công ty đã phát triển TBM Robbins nguyên bản được chấp nhận đầu tiên, thành hai thiết kế cơ bản của TBM, một thiết bị có tính 'mở' có thể hoạt động trong đá rắn cứng và hai kiểu khiên trong đá mềm hoặc đá đập nát hoặc đá ngầm nước nhiều.

c) Hiệu suất

Tốc độ tiến gương thông thường rất cao; trong hầm có đường kính 3,6m, với kỹ thuật khoan-nổ mìn thì đạt được tốc độ là 3m/ca; trong khi đó một TBM đặc biệt có thể đạt được 10m/ca.

Bảng 6. Nghiên cứu cơ bản về hiệu suất của TBM

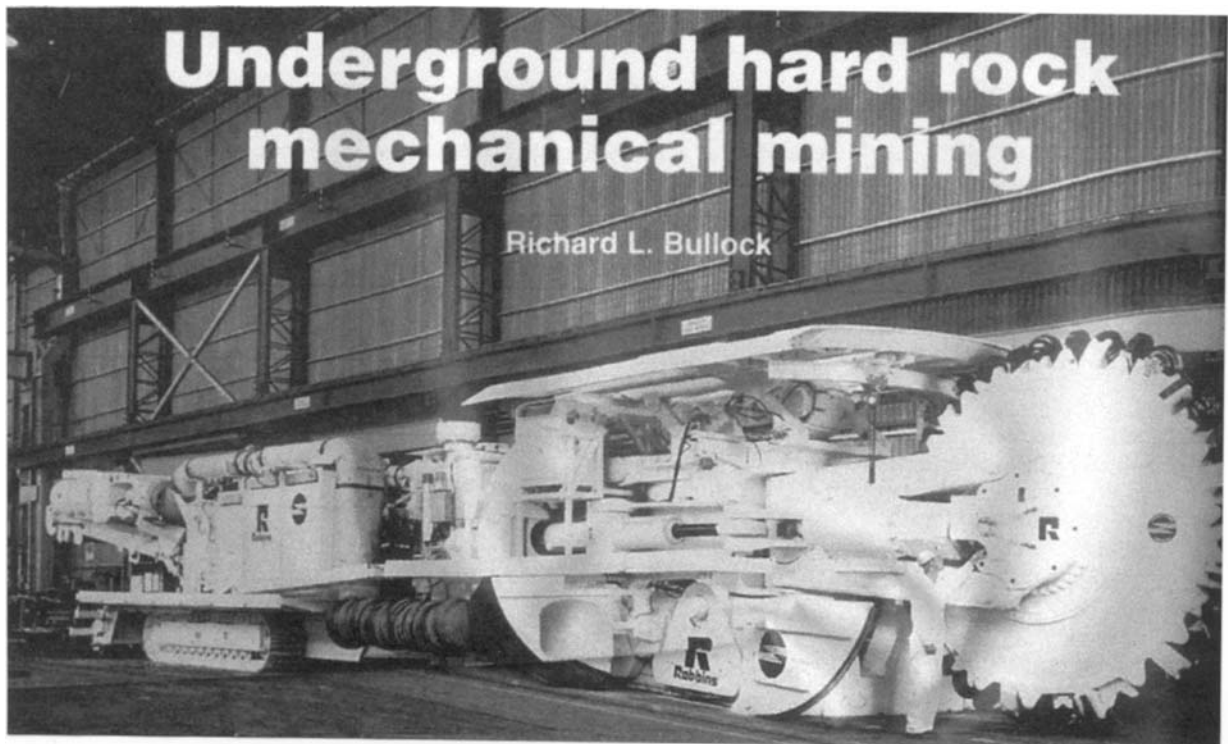
Máy	Địa điểm	Cường độ đá	Hiệu suất
Robbins 193/214	Khoáng sàng than Selby	240 MPa (34800 psi)	80m/tuần
Lovatt	Cape Breton, Nova Scotia	trung bình 69 MPa lớn nhất 140 MPa	

Nhược điểm của các TBM:

- Giá thành chung cao (hàng triệu đô la dollars)
- Chỉ có thể cắt được tiết diện hình tròn
- Bán kính quay lớn (100 m)
- Tốn thời gian lắp đặt
- Chiều dài hầm nhỏ nhất tối thiểu cũng là khoảng trên 2 km mới đủ để lắp đặt và làm việc hiệu quả.

3.2 Máy khâu di động Robbins (Robbins Mobile Miner)

Một máy khâu di động Robbins là một phát triển mới, một máy được thiết kế để ứng dụng trong khai đào chủ yếu dựa trên nguyên tắc TBM để áp dụng vào thực tế ngành mỏ (Hình 11). Đầu cắt có đường kính 4,1m với các đĩa cắt định vị trên đầu cắt theo vòng tròn. Nó quay khoảng 15 v/ph trên một mặt phẳng thẳng đứng và được nâng đỡ bởi một cần, cần có khả năng xoay đầu cắt theo một đường cong nằm ngang. Tiết diện của hầm là nóc phẳng và nền với tường có độ cong nhỏ, kích thước hầm là 4,1 m chiều cao và 5,5 m đến 8,0 m chiều rộng (Forrester 1996).



Hình 11. Robbins Mobile Miner (Bullock 1994)



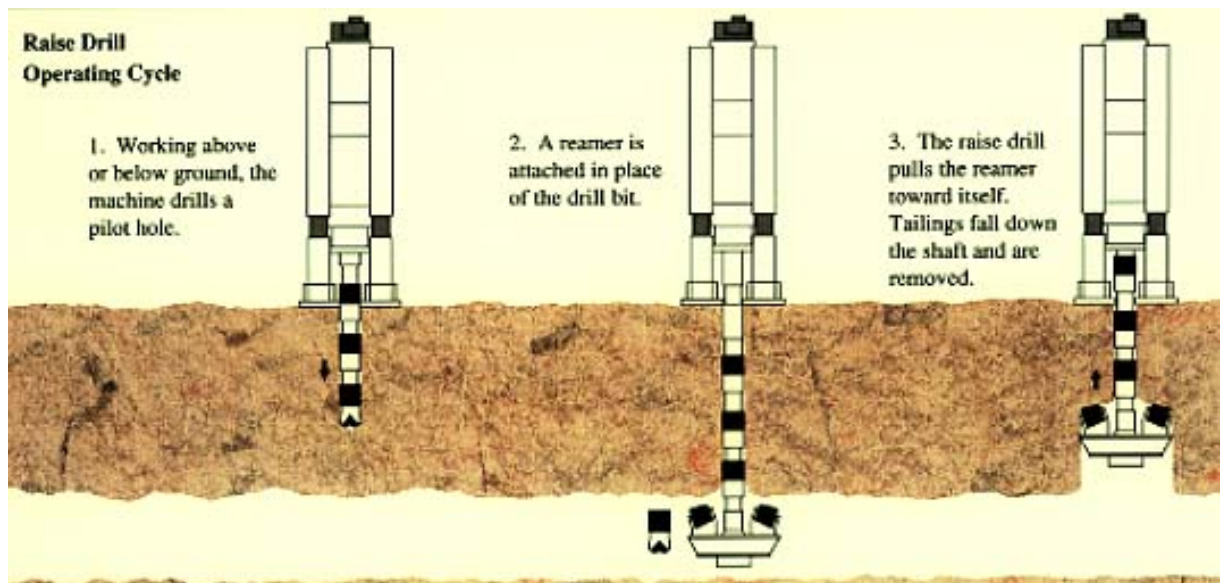
Hình 12. Mobile Miner phiên bản cải tiến được thử nghiệm tại Pasmenco

Chỉ có một phần của gương là tiếp xúc với vòng cắt trong mọi lúc vì thế nên lực tiếp xúc của máy này sẽ nhỏ hơn so với một TBM. Tính năng thiết kế này cho phép máy trở lên nhỏ hơn và tiện dụng hơn, nó có thể cắt được một đường cong với bán kính nhỏ nhất là 25 m. Thân máy chính của máy khâu liên tục được định vị trên bàn xích. Để bắt đầu cắt, máy định vị chắc chắn bằng các kích ben thủy lực. Vòng cắt bắt đầu quay và răng cắt bắt đầu tiếp xúc với gương bằng lực đẩy của trục thủy lực tới độ sâu mong muốn. Tiếp đó xi lanh thủy lực đẩy tằm với đầu khâu sang hai bên của chiều rộng hầm. Khi nhát cắt đầu tiên hoàn thành, kích cố định máy bắt đầu rút lên và máy di chuyển về phía trước đến vị trí cắt mới.

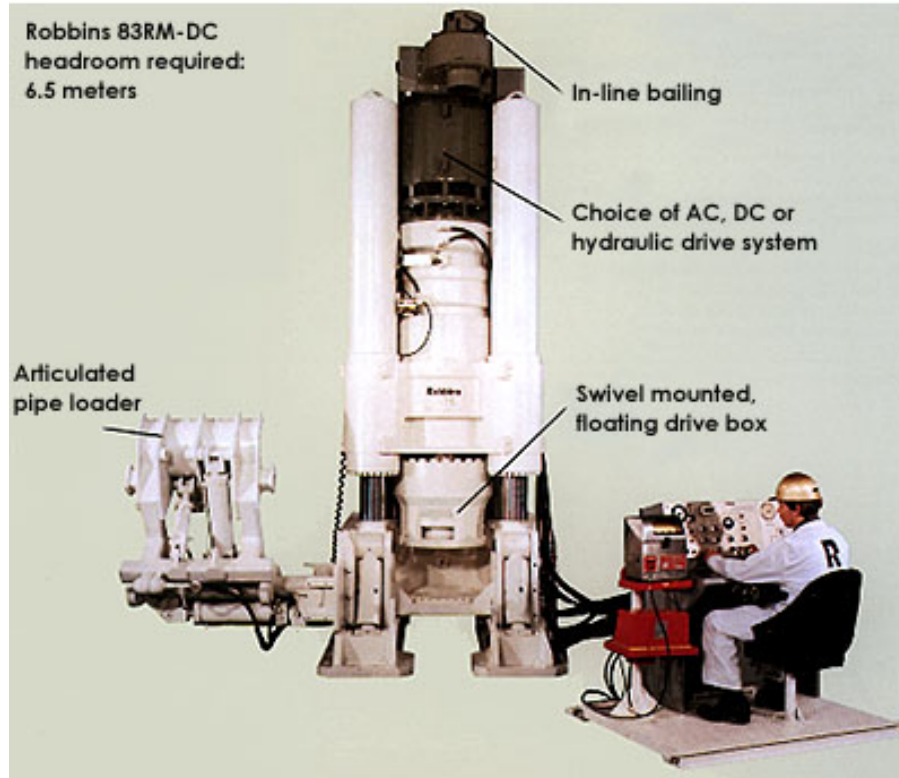
Sản phẩm máy khâu đầu tiên được thử nghiệm tại Mount Isa với một độ nghiêng đào trong đá quartzite có độ mài mòn cao. Các sự cố đầu tiên được rút ra là với sự hao mòn khác nhau của các đĩa cắt, kết quả chi phí đĩa cắt lên cao và độ cứng thấp của việc cơ giới hóa cắt phá đá (Bullock 1994). Một phiên bản đã được cải tiến với tốc độ cắt vượt trội 1m/h đã được sử dụng tại Broken Hill. Với trọng lượng 265 tấn, một đầu cắt có công suất 500 kW đã được xúc tiến thành công trong đó có độ kiên cố lên tới 100 Mpa đến 300 Mpa (Forrester 1996). Một thiết kế cải tiến nữa đã được thực hiện tại mỏ Mc Arthur River lead-zinc bởi MIM Holdings Ltd ở miền Bắc của Territory. Đá tại mỏ này là loại đá phiến có độ giòn thay đổi với độ cứng là 130 Mpa. Thân gương sẽ bị cắt song song với bề mặt lớp, điều này sẽ thích hợp với tác động cắt của máy đào liên tục (Chadwick 1995). Trang Web của MIM nói rõ rằng các mỏ hầm lò vẫn được thi công theo phương pháp khoan-nổ mìn, và cũng như thế các máy đào lò trong đá rắn cứng vẫn đang trong quá trình trải nghiệm (www.mim.com.au/mcarthur.html)

3.3 Máy khoan doa ngược mở rộng

Máy khoan doa ngược mở rộng là một loại máy được thiết kế để khai đào các công trình ngầm có tiết diện tròn giữa hai mức trong một mỏ hoặc từ một mức đến mặt đất. Máy khoan được đặt tại vị trí cao hơn và một lỗ khoan dẫn được thi công xuống mức dưới (Hình13). Khi khoan xong lỗ, đầu khoan doa được định vị vào đầu cần khoan. Đầu khoan doa được lắp ráp kiểu hình cầu, thích hợp với đầu cắt xoay, hoặc đĩa cắt, tùy thuộc vào cường độ đất đá. Máy khoan mở rộng trên mức cao hơn cung cấp một lực xoay cho cần khoan và kéo đầu doa lên dọc theo trục trong lỗ khoan. Máy khoan doa mở rộng được sử dụng rất rộng rãi. Là một thiết bị được bổ xung thông thường làm giảm chi phí xây dựng, là một phương pháp bằng trực quan cũng thấy rằng nó có khả năng tránh được các hiểm họa trong quá trình thi công khác với phương pháp thi công khoan – nổ mìn ngược lên theo kiểu truyền thống là một phương pháp hết sức nguy hiểm.



Hình13. Chu trình hoạt động của máy khoan doa ngược mở rộng (Raise Borer)



Hình 14: Lắp đặt máy khoan doa ngược mở rộng

Bảng 7. Thông số hiệu suất máy khoan doa mở rộng

Đường kính		Hiệu suất		Chi phí (gồm cả lắp đặt và tháo dỡ cần)	
Lò thông gió	1.8 m	Lỗ tiến trước	0.9 m/h	Đường kính 1.8 m	\$1200/m
Lò chèn lấp	0.3 m	Doa mở rộng	0.6 m/h	Đường kính 2.4 m	\$1500/m
				Đường kính 3.1 m	\$2000/m

3.4 Combai đào hầm

Ban đầu phát triển ở Hungary và ở nước Anh sử dụng trong các mỏ than, các thiết kế combai được làm để khai đào trong đá có cường độ trung bình hoặc mềm. Đầu cắt xoay nhỏ thích ứng với các răng cắt kiểu chém trên đỉnh cần khâu và chúng có thể xoay bởi kích thủy lực dọc theo chiều ngang hay thẳng đứng của trục lò (hình 15). Để tiến gương, máy di chuyển về phía trước để tiến đầu khâu vào gương. Cần khâu di chuyển trên mặt gương để cắt đá trên gương theo tiết diện như mong muốn. Gần như bất kỳ loại tiết diện đường lò nào cũng có thể được thực hiện trong hộ chiếu, hình chữ nhật hay hình vòm. Đá vụn được vơ bằng tay vơ hay tay vơ sao lên trên máng cào chạy dọc theo thân máy. Máng cào đổ thải ở phía đằng sau lên băng tải được lắp đặt trong đường hầm. Một máy combai đặc thù được trang bị hai động cơ điện được cung cấp từ một đường cáp điện kéo dài. Một động cơ dẫn động phục vụ cho đầu khâu, cái thứ hai nuôi bơm thủy lực, nguồn thủy lực sẽ được cung cấp tiếp đi cho các kích ben thủy lực và cung cấp cho các động cơ di chuyển bằng thủy lực.



Hình15. Một loại máy combai đặc trung (combai IBS SM 200 V)

Ý tưởng thiết kế cơ bản của combai là có thể đáp ứng được cả trong đá mềm, đá rắn trung bình và đá cứng. Các máy combai được thiết kế cho khâu đá cứng với tính năng là tốc độ nhỏ, lực cắt kiểu xoắn cào, công suất động cơ cắt cao và trọng lượng lớn để giữ ổn định cho máy. Các răng cắt hiện đại được sử dụng có xu hướng chuyển sang dạng tiếp xúc điểm. Các ví dụ về các loại máy combai được trình bày trong bảng 8.

Bảng8: So sánh các thiết kế combai

Loại máy	Trọng lượng (tấn)	Công suất cắt (kW)	Khả năng cắt đá có cường độ U.C.S MPa (psi)
Dosco Mk 2A	25	80	76 (11 000)
Dosco Mk 2B	50	90	90 (13 000)
Dosco Mk 3	85	142	110 (16 000)
Dosco Mk 4	96	250	>140
Dosco TTM100	150	150	160
Anderson RH25	25	82	70 (10 000)
Anderson RH90	90	150	150
Tamrock T60	125	-	200 (29 000)
KSP-42	75	160	120
Alpine AHM 105	115	300	200
Alpine AM 105	120	300	100
Alpine AM 75	50	200	100
Remag KR-150Z	48	150	110
Wirth T3.20	120	300	120
Jiamusi EBJ200G	67	200	80
Taiyuan EBZ132PY	36,5	132	80



Hình16. Combai KSP-43 (phiên bản cải tiến của KSP-42) của Yasinovatsky Machine Building Plant (Ukraine)



Hình17. Combai TTM 100 của Dosco

3.5 Máy đào lò liên tục Wirth

Máy đào lò liên tục Wirth (CMM) được trang bị với 4 cần khâu, được đặt trên đầu xoay thông thường. Mỗi cần đặt ở trung tâm của đỉnh và ba cần khác định vị ở vị trí cách đều xung quanh theo chu vi. Mỗi cần để có thể xoay với một góc vào phía trong hay ra phía ngoài với các đĩa cắt tương ứng (hình 18). Lắp ráp toàn bộ được thực hiện trong một giếng lắp ráp mà khoảng hở dành cho lắp ráp chỉ cần 1m so với thân máy. Quá trình lắp ráp đầu cắt bao gồm cả bộ phận giữ ổn định để định vị chống lên mái và nền và bên hông và thân máy được định vị chắc chắn tỳ lên nền và mái giống như một TBM với hai tấm đỡ. Máy CMM có trọng lượng 143 tấn và công suất của động cơ nuôi đầu cắt là 525 kW.



Hình 18. Máy đào lò Wirth Continuous Miner

Bộ phận cắt trung tâm có thể với từ phía ngoài đi vào trung tâm để cắt phần lõi của gương hầm. Các cần phía ngoài cắt những vị trí còn lại của gương hầm, làm việc từ phía trong ra phía ngoài biên hầm. Tất cả 3 đĩa cắt phía ngoài đều cắt ở cùng một đường kính và đường cắt theo hình xoắn ốc. Khi chúng đạt tới vị trí đường tròn bên trong của hộ chiều đào hầm, chúng bắt đầu tạo hình các góc của một tiết diện hình vuông theo yêu cầu. Để làm được việc này, cần khâu phía ngoài có thể mở rộng từng lần một dưới nguồn cung cấp thủy lực. Máy CMM cắt một hầm có tiết diện hình vuông với các góc vát cong. Chiều cao khai đào lớn nhất và chiều rộng là 4,5 m và bán kính cong nhỏ nhất để khai đào là 25m. Hộ chiều yêu cầu có thể được khâu bởi máy này một cách tự động, tùy thuộc vào chương trình đã được thiết lập trên máy tính (Chadwick 1995).

4 Máy đào trong đá mềm

4.1 Máy đào kiểu liên tục (Continuous Miner)

Máy đào liên tục Continuous Miner (CM) là máy khai đào có khả năng cắt đá mềm chẳng hạn như than, muối hoặc khoáng trona với tốc độ cao trong đồng thời một lúc với vật liệu cắt lên trên hệ thống vận tải chẳng hạn như xe chở con thoi hoặc băng tải. Các máy CM được sử dụng để cơ giới hóa tất cả các mỏ than ở Ôxtrâyliya, Anh quốc, Mỹ và ở Nam Phi cho việc phát triển khai thác buồng – cột hay khâu lò chợ. Thân chính của máy đào lò CM tương tự như một combai, được làm gọn, có bánh xích và được trang bị hệ thống vận cùng loại như combai. Động cơ của đầu cắt, thân máy, băng tải và tay vận là động cơ điện. Tang cắt thì rộng hơn nhiều so với combai, tuy nhiên nó chỉ ở khoảng là 3,5m và chỉ có thể di chuyển được theo mặt phẳng thẳng đứng. Các máy đào liên tục CM hiện đại đều là các máy nhiều động cơ, và động cơ là động cơ điện. Nguồn điện được cung cấp bởi các cáp nối dài được cuộn dự trữ đi theo máy. Thủy lực, được cung cấp bởi động cơ điện trong máy và dùng để nâng hoặc hạ tang cắt và phục vụ cho các kích chống thủy lực.



Hình 19: Máy đào liên tục Continuous Miner

Quá trình hoạt động thông thường của một CM việc tiến tang cắt vào đỉnh của một gương, và dùng sức mạnh của nó để tiến xuống phía dưới gương, việc cắt được tiến hành từ trên nó hầm xuống dưới nền. Sau đó CM di chuyển về phía trước và bắt đầu một quá trình khâu như trước đó. Quá trình này là liên tục tận tới khi khoảng gương nào đó được mở ra, tại đó nó dừng lại và lui ra ngoài để tiến hành công tác chống hầm bằng neo nóc. Khoảng cách cắt lớn nhất này tùy thuộc vào tình trạng lưu không theo thời gian cho phép của nóc lò. Ở Ôxtrâyliya, khoảng cách cắt tối đa này có thể lên đến 4-5m nhưng đặc biệt có thể lên tới 15m (chẳng hạn như ở mỏ than Laleham). Nơi mà nóc lò đặc biệt khỏe, độ sâu cắt cho phép lớn nhất sẽ tương ứng với khoảng cách giữa phía trước máy và vị trí hoạt động, ví dụ : sự hoạt động của máy luôn luôn phải được cho phép dưới mái đã được chống giữ. Sử dụng hệ thống điều khiển từ xa để cho phép khoảng cách này có thể mở ra lớn hơn.

Chiều rộng hầm đặc biệt trong mỏ than là 6m. Vì thế, máy CM thực tế phải tạo ra hai lần tiến lui để tạo ra được chiều rộng đầy đủ. Lần tiến đầu tiên nó sẽ cắt được một phần của gương hầm. Sau đó nó lùi lại và quay một góc để cắt nốt phần còn lại. Sau khi khi gương lò đã được khâu hoàn toàn thì nó lùi ra để tiến hành việc chống giữ bằng neo mái.

Các máy CM thích hợp cho việc cắt trong đá mềm chẳng hạn như than, muối. Điều này là do số lượng các răng cắt trên tang lớn và do đó lực tại mỗi răng sẽ là chia đều lực của các răng nên nó sẽ nhỏ. Để thích hợp trong các mỏ hầm lò, kích thước và trọng lượng của máy CM đã được giảm bớt đi. Các máy CM có thể tạo ra tốc độ cắt lớn, lên tới 650 tấn trên một giờ làm việc, hoặc tiến được 10m/ca. Trong các quá trình khai thác kiểu buồng và trụ, một máy đơn có thể hoạt động trong một vùng khai thác của hai tới bảy gương, nó có thể di chuyển vị trí này sang vị trí khác để tạo ra năng suất cao tại một vùng khai thác ổn định.

Các sản phẩm máy đào CM ở Ôxtrâyliya đổ thải lên xe chở con thoi. Những xe này là một phương tiện vận chuyển đáp ứng được 12 tấn than, nó chất than từ các máy CM ở khu vực gương đào tới khu vực đặc băng tải cố định hoặc có thể xa hơn nữa.

Máy đào liên tục đặc biệt 12CM của hãng Joy

Các kích thước	Dài 10 m, rộng 2.1 m, cao 1.35 m Trọng lượng 36-41 tấn (Tùy thuộc vào kiểu tang cắt)
Hiệu suất	Tốc độ cắt lớn nhất 12 tấn trên phút Tốc độ dịch chuyển 16-17 m/phút 6 động cơ điện, công suất tổng cộng 312 kW
Đầu cắt.	Kiểu tang quay tương ứng với các răng cắt. Hai kiểu tang thay đổi: loại rộng 2,6m cung cấp bởi hai động cơ điện 60 kW hoặc 3.2 m với hai động cơ điện 90 kW.
Hệ thống xúc dọn	Hai tay vơ định vị phía trước có thể dịch chuyển mâm vơ hoặc tám be. Được cấp nguồn bởi động cơ 45 kW, kể cả dẫn động cho máng cào. Tám be mâm vơ được co duỗi bằng thủy lực.

- Máng cào** Hoạt động tại ngay trung tâm của máy chuyên chở vật liệu từ bàn vơ lại dặng sau. Máng cào có thể xoay được một góc 45⁰ sang phải hay trái và chất tải lên các xe con thoi.
- Bánh máy** Kiểu xích được dẫn động bởi các động cơ điện một chiều.

Trong mỏ than, một điều rất quan trọng là thông gió tới tang cắt để không chế khả năng xuất bụi. Một quạt hút bụi thủy lực hoặc điện hay một động cơ khí nén được đặt phía sau máy đào. Hệ thống này sẽ thu hút các hạt bụi nặng trong không khí bằng đường ống từ khu vực cắt, thông qua hệ thống lọc và thải phía sau của máy. Nó cũng cấp nguồn không khí sạch để thông gió cho khu vực cắt. Việc dập bụi được thực hiện bằng các tia nước áp lực cao dặng sau tang cắt. Các tia nước này cũng được tích hợp trong hệ thống thông gió khu vực cắt.

4.2 Máy đào – chốt neo (Bolter – Miner)

Máy đào – chốt neo được thiết kế dựa trên nền tảng của máy đào lò liên tục nhưng khác ở chỗ là nó có thể vừa cắt vừa chốt neo tại cùng một thời điểm. Hiện nay nó được sử dụng rất rộng rãi tại các mỏ hầm lò ở Ôxtrâyliá, đặc biệt trong các lò chợ khai thác và hầu hết các máy này đều được sản xuất bởi hãng Voest Alpine (hình 20). Các bộ phận chính của máy bao gồm :

1. Thân máy được ráp bánh xích di chuyển
2. Khung máy chính
3. Bộ phận trượt được lắp ráp trên khung, phối hợp giữa bộ phận cắt và vận tải
4. Mô đun thực hiện việc chốt neo, phối hợp bốn đơn vị chốt neo và hai cân khoan lỗ neo hai bên
- 5.



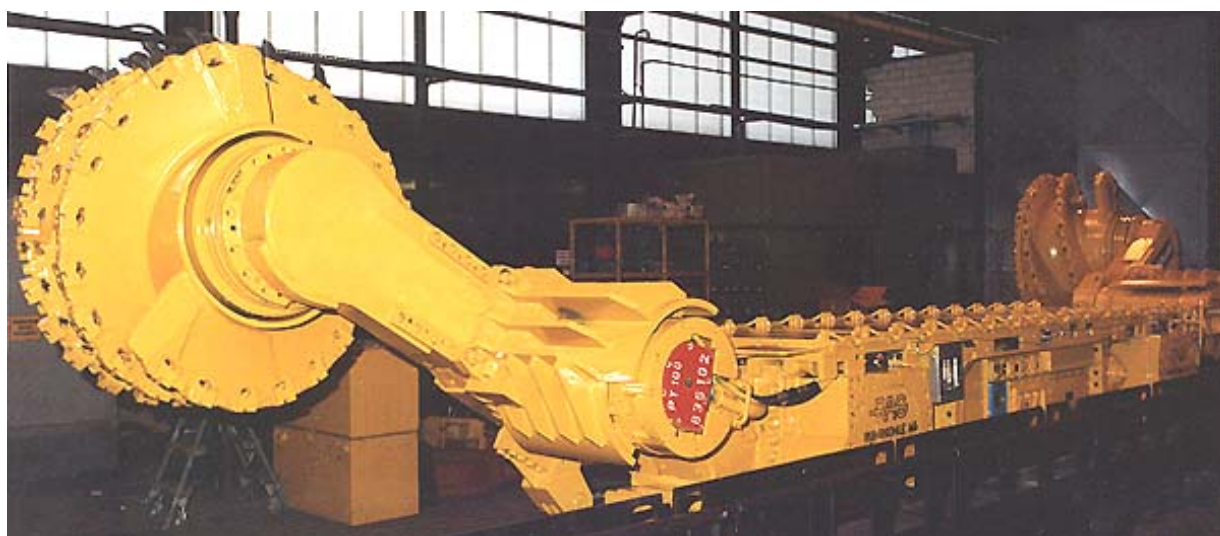
Hình 20. Voest-Alpine ABM30 Bolter-Miner

Khung trượt được định vị trên khung chính và có thể dịch chuyển được một khoảng là 1,0 m về phía sau hoặc phía trước, liên kết với khung chính bằng các kích thủy lực. Trong quá trình hoạt động, máy di chuyển về phía gương than và yên vị tại chỗ với các kích thủy lực xuống nền. Khung trượt sau đó được đẩy lên phía trước, tang cắt được đẩy theo và tiến vào gương để khấu than theo cách thông thường. Lúc bấy giờ thân máy đang ở vị trí ổn định, quá trình chốt neo được thực hiện cùng lúc với việc khấu gương. Khi cắt được 1,0 m khung trượt rút kích lại vào thân máy và cho máy di chuyển lên phía trước gương và

tiếp tục một chu kỳ mới như đã thực hiện. Máy đào – chốt neo ABM 20 là một loại máy tiến đơn, ví dụ : tăng cắt của nó có chiều rộng đủ với nhịp (chiều rộng) của gương đào.

4.3 Máy khâu lò chợ

Một máy khâu lò chợ là một máy cắt sử dụng để khâu than trong gương lò chợ. Nó trở thành một phần trong tổng thể hệ thống máy khai thác, các thành phần chính của nó bao gồm : máng cào linh hoạt (AFC), hệ thống chống giữ mái bằng thủy lực, chát tải gián đoạn hoặc băng tải. Thân chính của máy được thiết kế để thích ứng với gương than và thông thường có hình dạng dài và mỏng. Việc khâu được thực hiện bởi một hay hai tang khâu định vị trên đầu cần khâu, cần khâu có thể nâng lên hoặc hạ xuống theo mặt phẳng thẳng đứng (hình 21). Than được cắt bởi các răng cắt định vị theo bộ xoắn theo kiểu cánh quạt xung quanh tang khâu. Các vòng xoắn trên tang khâu này có tác dụng gom than trên gương đi theo đường được định sẵn xuống máng cào và tiếp theo là xuống băng tải. Máy khâu được đặt phía trước của máng cào và khâu di động dọc theo gương than trong khoảng đặt máng cào.



Hình 21: Máy khâu lò chợ

Máy khâu được phân ra làm hai loại gồm máy khâu tang đơn (SERDS) và máy khâu tang kép (DERDS) và cả hai đều được dẫn động bởi động cơ điện – thủy lực hay tất cả đều là điện. Các máy khâu điện-thủy lực có một động cơ điện lớn sau đó nó dẫn động đến bơm thủy lực và tang cắt thông qua các hệ thống ống và hộp số. Bơm thủy lực cung cấp nguồn cho động cơ dịch chuyển bằng thủy lực và cần khâu bằng các kích thủy lực. Một máy khâu điện toàn phần bao gồm các mô đun riêng rẽ tương xứng với khung cứng của máy. Mỗi mô đun gồm : bộ phận kéo, dẫn động tang khâu, hộp nguồn chứa động cơ điện của nó. Công suất lắp đặt tổng cộng của nó đặc biệt lên tới 1000 kW.

Tốc độ cắt tối đa của máy khâu trong lò chợ ở Ôxtrâyliá lên tới 17-18 tấn/phút, với năng suất thông thường lên tới trên 12.000 tấn mỗi ngày. Các lò chợ công suất cao có thể đạt tới 26.000 tấn trên một ngày. Các máy khâu hiện đại có hệ thống điện tử tinh vi và được tính hợp hệ thống xử lý bằng máy tính để có thể tự động hóa việc khâu và/hoặc tự động hóa việc chát tải cũng như chống giữ.

5. KẾT LUẬN

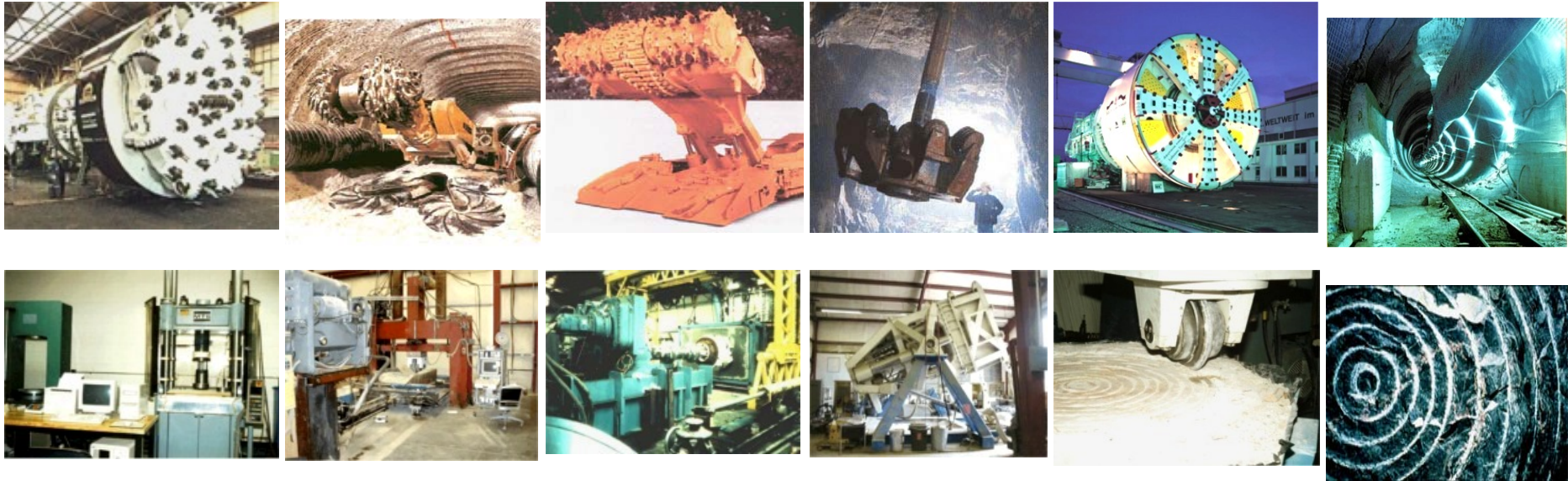
Việc sản xuất và sử dụng các loại máy đào hầm trong ngành mỏ, các công trình dân dụng ngày càng phát triển. Nhu cầu về khai đào các công trình ngầm ở nước ta, đặc biệt là trong ngành mỏ ngày càng tăng về số lượng cũng như tốc độ đào, hơn nữa phải tiết kiệm được tối đa lao động thủ công. Do những khó khăn về chủ quan cũng như khách quan, đặc biệt là vốn đầu tư các thiết bị này mà hiện nay việc cơ giới hóa khai đào ở nước ta còn dừng ở những bước chậm chạp. Trong mỗi quan tâm chung, với sự nhận biết được sự cần thiết, sự quan tâm đúng mức đến điều kiện kỹ thuật mỏ, sự hiểu biết về các loại thiết bị đào (chi phí cho việc đầu tư sử dụng cũng như tính năng kỹ thuật) thì việc phát triển cơ giới hóa khai đào ở nước ta chắc chắn trong thời gian rất gần đây sẽ phát triển một cách mạnh mẽ hơn. Tuy nhiên, cũng phải cần chú ý đến việc đồng bộ hóa thiết bị làm việc, đặc biệt các hệ thống về đảm bảo an toàn, môi trường. Việc trang bị một hệ thống thiết bị xử lý bụi trong gương đào là một việc hết sức cần thiết để đảm bảo sức khỏe cho người lao động, đảm bảo sự trong lành của môi trường vì một điều ai cũng biết rằng việc khai đào đặc biệt là trong đá cứng sẽ xuất ra một lượng bụi rất lớn.

6. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 1) Bullock, R.L., 1994, 'Underground hard rock continuous mining, *Mining Engineering*, November 1994, pp. 1254-1258.
- 2) Chadwick, J., 1995, 'Mechanised drivage', *Mining Magazine*, April, 1995, pp. 227-236.
- CMTE, 2000, 'Oscillating disc cutter' [Online, accessed 4/5/00]. URL: <http://www.cmte.org.au>. Centre for Mining Technology and Equipment, Brisbane, Australia.
- 3) Forrester, D. 1996, 'Underground continuous mining – an overview', *CIM Bulletin*, vol. 89, no. 1000, pp32-37, May 1996.
- 4) Gertsch, R.E., 1994, 'Mechanical mining – challenges and directions, *Mining Engineering*, November 1994, pp. 1250-1253.
- 5) Hood, M.C. and Roxborough, F.F., 'Rock breakage – mechanical', *SME Mining Engineering Handbook, Chapt 9.1*, vol. 1, pp. 680-721, Hartman, (Ed.), H.L., *Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc.*, Littleton, Colorado.
- 6) Lindqvist, P.E. and Ranman, K.E., 1980, "Mechanical rock fragmentation chipping under a disc cutter", *University of Lulea, Lulea, Sweden, Technical report 59T*.
- 7) Nantel, JH and Kitzinger, F, 1990, 'Plasma blasting techniques', *Proceedings of Third International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*, Brisbane, August 1990. AusIMM, Melbourne.
- 8) Olson, J., 1993, 'Rapid excavation research – a retrospective view', *Proceedings of Mine Mechanisation and Automation conference*, Editors Algren et al, Balkema, Rotterdam.
- 9) Speight, H., 1997, 'Observations on drag tool excavation and the consequent performance of roadheaders in strong rock', *The AusIMM Proceedings*, No. 1, 1997.
- 10) URL: <http://www xaydungngam.tk>

PHỤ LỤC

CÁC HÌNH ẢNH VỀ CÁC LOẠI MÁY KHAI ĐÀO CTN



- **Ghi chú:** Ghi rõ nguồn gốc tài liệu khi phát hành lại tài liệu này. Nếu cần thông tin về các thiết bị khai đào cơ giới, xin liên hệ:

Phòng Công nghệ Xây dựng Công trình Ngầm và Mỏ - Viện Khoa học Công nghệ Mỏ

Địa chỉ: Số 3, Phan Đình Giót, Phương Liệt, Thanh Xuân, Hà Nội

ĐT: [04] 8645256

Fax: [04] 8641564

E-Mail: xdminfor@gmail.com

phamtienvu@gmail.com

URL: www.xaydungngam.tk

www.xaydungngam.demo.to