

MADENCİLİKTE KULLANILAN PATLAYICI MADDELERİN PERFORMANS HESAPLAMALARI VE UYGUN PATLAYICININ SEÇİMİ

PERFORMANS CALCULATIONS OF CIVIL EXPLOSIVES AND SELECTION OF EXPLOSIVES ACCORDING TO ROCK TYPE

Serdar TOSUN <>

Anahtar Sözcükler Patlayın Maddeler, Performans Hesaplan

ÖZET

Madencilikte kullanılan patlayıcı maddelerin performans değerlerini gerçeğe yakın olarak Mirimden, ddme-patiatma operasyonlarında yüzey dizaynlarının daha sağlıklı yapılmasını ve buna bağlı verimlilik artışını sağlayacaktır

Yazıda ilk aşamada hesaplama tekniği ve formüllerinin, ilende tam olarak verildiği, patlayıcıların ağırlık kuvveti (waght straight), klaak performans analiz tekniğinin, ve buna bağlı, gaz hacmi, patlama basına gibi parametrdenn eksikliği ve yanlış yonlenenolığı gösterilmiştir İkına aşamada ise patlayıcı gend performansını daha doğru analiz edebilmek için gend detonasyon kuradan anlatılmış, bu parametrdenn, kaya mekaniksd değerlere eşleşmeden ile enerpnin, paüaya-kaya interakayonu sonucu elastik ortamlarda muhtemd kırma ve itme bileseleenne ayrılması gösterilmiştir

,IÁSTA4CT

True knowledge of rdabve performances of explosives which are used in blasting operations, will be hdpful for blasting design and cost optimization processes in mining sector

In the paper, calculation technique of "waght strenght" and rdated parameters like, pressure, gas volume, temperature etc are shown It is daimed that classical "weight strenght" method for performance calculations is quiet misleading and incorrect

Further, base theory of detonation is shown It is discussed that, coupling of pressure-volume expansion diagram, which is obtained by solving detonation theory, with rock input can result in, estimating the effective fragmentation and heave énergies

Nitramaka.Ş. ANKARA

TÜRKİYE XML MADENCİLİK KONGRESİ, 1993

1- GIRIS

Bilindiği gibi yama bütün organik maddeler gerekli okajeni bulabildikden uygun şardar albnda. m ve gaz verirler.

Patlayıcı maddeler, kompozisyonlarında yanma maddeler ve bu maddelerin variabilities için gerekli oksijeni bulundururlar. Başka bir deyişle yanma için gerekli okajen, havadan değil, patlayıcının kompozisyonundaki bir okajen vericiden (genellikle amonyum nitrat) sağlanır

Yanma ve patlama araandaki fark ise, reaksiyon esnasındaki şok dalgasının hızıdır. Yarana durumunda bu hız yerel ses hızının albnda, patlama dayında ise eşit veya üzerindedir.

Madencilikte kullanılan patlayıcı maddelerde, genel olarak yukarıdaki gibi tanımlenebilirler özetle, oksijenlerini kendi içlerinde bulunduran ve reaksiyona girdiklerinde oluşan şok dalgasının hızı, yerel ses hızına eşit veya büyük olan enejetik kimyasal birleşimlerdir

Madencilikte kullanılan ve askeri sektörde kullanılan patlayıcılar araandaki temel farklılık, madencilikte kullanılan patlayıcının patlama hızlarının hem delik veya kartuş çapıyla nemde değişen kartuş veya delik çevre sertliğiyle birlikte değişmeğidir. Bu tip patlayıcılar ideal olmayan (nonideal) patlayıcılar darakta amfılandırılabilir (Referans 1). Askeri sektörde kullanılan patlayıcılar ise, gendde yüksek hızlarda patlayan, patlama hızları yukarıdaki değişenlere göre çok az değişen, ideal tavrı darak amfılandırılan patlayıcılardır.

Patlama esnasında ortaya çıkan enerjinin ve bununla ilgili patlayıcı performanının gend darak tanımlanabilmesi için dünyaya aşamalı darak kabul görmüş yaklaşımlar 2 ve 3üncü bölümlerde anı atılmıştır.

1 KLASİK PERFORMANS HESAPLAMA METODU (WEIGHT STRENGTH)

Bu metod "Toplam Termodinamik Teorik Enerji" metodu darakta adlandırılabilir 1930lu yıllarda kullanılmaya başlanan bu metotta amaç, deneysel veriler kullanılmadan, patlama basına, acaldığı, entalpi ve gaz hacmi gibi parametrelerin, sadece patlayıcının kimyasal birleşimi ve yoğunluğunun fonksiyonu darak hesaplanmadır

Bu metotta "Bdtzman gaz denklemi kullanılarak, toplam patlayıcı enerjisi ve bağli parametredr aşağıdaki gibi hesaplanır. (Referans 3)

Anahtar:

A = Yoğunluk "Loading Density", gr/cm³

a - Gaz olmayan ürünler hacmi "Vdume occupied by nongaseous product", cm³

b - Bdtzman sabiti "Second vival coefficient"

P = Baanç, (Atm.)

U = İç enerji "Internal energy" (kcal/mde)

n = Toplam gaz ürünler hacmi. (cm³)

&Hc = Yanma Entalpi "Heat of Combustion" (kcal/mde)

CkHexp = Padama Entalpi "Heat of Explosion" (kcal/mde)

Sistematik hesaplama Akış Şeması.

2.1. Patlayıcının kompozisyonundaki dementier, 100 gram patlayıcı bazında, ağırlık ve md yüzddcn ile tabule edilir.

XX Semenderin He (yarana entalpi) degerieri kullanılarak, ve yanmanın tam ddugu kabul edilerek toplam ŨHc, "IAHc" hesaplanır.

$$Hc = (na * kHca) + (nb * AHcb) + (m * &Hd)$$

- 1.3. Ormal elementler için yanma ve dekompozasyon reaksiyonları yazılıp, tam yanma olduğu kabul edilerek (CO, C, NO formasyonu olmadığı kabul edilerek), akan ürünlerin miktarları tabule edilir
- 3.4 Okajen balana aşağıdaki prosedürle hesaplanır
- 14.1. Kimyasal kompozisyon $C_xH_yO_zN_m + IZk$ anandan ifade edilir
"C = Karbon, H = Hidrojen, O = Okajen, N = Nitrojen, Z = Diğer"
- 2.4.2. Okajen Balansı = $-32 * x + y/4 - (z/2 - \sum Zk/4) / MW$ (Referans 2)

x = Karbon'un katsayısı
y = Hidrojen'in katsayısı
z = Oksijenin katsayısı
Zk = Tablodan okunur Bazı elementler için değeri Tablo-1'de verilmiştir
MW = Molekül Ağırlığı

ELEMENT	Mn	Cl	Cu	Ba	Ca	Al	Fe	Si	Mg
Zk DEOERİ	2	-1	2	2	2	3	3	4	2

TABLO-1
BAB ELEMENTLER İÇİN Zk DEĞERLERİ

Eğer bileşimde birden fazla C, H, O ve N hana danan vana, Zk değeri bunların katsayıları ile tablo değerleri çarpımı toplamına eşittir

Örnek. Molekül ağırlığı 195 olan, $C_3H_2O_5N + Mn + 5 Al$ anandan ifade edilmiş bir patlayıcı kompozisyonunun okajen balansı,

$$Obal = \frac{-32 * 3 + 2/4 - 5/2 - (1 * 5 * 2 + 3) / 4}{195} * 100$$

$$Obal = -71 \%$$

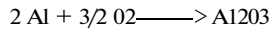
Amonyum Nitratın okajen balansı ($NH_4NO_3 \rightarrow N_2H_4O_3$)

$$Obal = \frac{-32 * 4/4 - (3/2)}{80} * 100 = +20 \%$$

- 2.5. Toplam oluşan gaz molekülleri hesaplanır ($n = CO_2 + H_2O + N_2$)
- 2.6. N Ş A.'da gaz hacmi bulunur ($V = 22.4 * n$)
- 2.7. Patlama entalpis bulunur ($A_{Hexp} = \sum H_c + (Ota)_{jen Balansı} * 135$) kCal/100 gr
- 2.8. 1500 ile 3000 °C aralığında bir patlama ıa tahmin edilir

2.9. Gaz olmayan (Zk) terimi, reaksiyon ürünlerinin hacim sabiti («.) bulunur.

Örneğin;



şeklinde alüminyum dekompozasyonu reaksiyonu için «. sabiti, TaMo-2'den okunur. < \ sabiti kullanılarak;

$$* = 25.5 * 2 * (1/2) = 25.5 \text{ cm}^3 \text{ olarak bulunur}$$

(2 Alüminyumun mol sayıdır.)

ALÜMİNYUM OKSİT	KALSİYUM OKSİT	BARYUM OKSİT	MAGNEZYUM OKSİT
23.3	16.5	10.9	

q'SABİTİ(cm³%el)

TABLO-2 BAZI DEKOMPZİSYON ÜRÜNLERİ İÇİN a'DEĞERLERİ

2.10. Gaz ürünler için Boltzman sabitlerinin toplamı, ürünlerin mol sayıları ile Tablo-3'den okunan Boltzman sabitlerinin çarpımları toplanarak bulunur.
(2b = 2bini)

OZ	AMONYAK	KARBON	KARBON T	HİDROJEN	NİTROJEN	SU BUHARI	OKSİJEN
BOJ.T7MAN		ntoKsr	MONOKSİT				

SABİTİ(m³/mol. I

TABLO -S BAZI GAZLAR İÇİN BOLTZMAN SABİTLERİ

2.11. Boltzman gaz denklemini PV = nRT Qx şeklinde ifade edilerek Qx fonayonu aşağıdaki gib hesaplanır.

$$1.11.1. \quad x = \sum b / (100/\Delta) - \alpha$$

$$2.11.2. \quad Qx - 1 = x + 0.625 x^2 + 0.287 x^3 + 0.193 x^4$$

2.12. Gibb fonksiyonu hesaplanır. Bu fonksiyon ilerideki aşamalarda da kullanılacaktır.

$$\text{Log}_{10} G = (4.38 * n) / \sum b * (Qx-1) * (1 - \alpha \Delta / 100)$$

2.13. 2.8'de tahmin edilmiş patlama tasma göre reaksiyon denge sabiti Tablo-4'den okunur.

1000	1300	2300	3300	3700
17.1	13.79	5.51	6.73	7.84

DEFİNİF SABİTİ (K) | 17.1 | 13.79 | 5.51 | 6.73 | 7.84 | 7*2 | 11

TABLO -4 BAZI SICAKLIKLAR İÇİN REAKSİYON DENGESABİTİ (K)
"WATER-GAS SHIFT REACTION"

2.14. Bu adım anahtar adım olup işlemin doğruluğuna karar -verir Bu adımda bir "F" fonksiyonu oluşturulur

$$F = 10^{\text{Log}_{10} K} / 10^{\text{Log}_{10} G}$$

2.15. Tam yanmaya göre tahmin edilmiş ürün kompozisyonu Karbon Monoksit ve Hidrojen formasyonu gözönüne alınarak aşağıdaki gibi düzeltilir

2.15.1. a, b ve c olarak 3 adet sabit hesaplanır.

$$a = F-1, b = F(1/2H + C-0), c = C(C-0)$$

(C. O. H orijinal kompozisyonundaki Karbon. Oksijen ve Hidrojen katsayılarıdır)

2.15.3. Yem gaz ürün kompozisyonu;

$$C_{O2} = -b + \frac{\sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (\text{mol})$$

$$H_2 = 1/2 H + C - O + C_{O2} \quad (\text{mol})$$

$$CO = C - C_{O2} \quad (\text{mol})$$

$$H_2O = O - C_{O2} - C \quad (\text{mol})$$

$$N_2 = \text{Değişmez}$$

$$\text{Kat Ürünler} = \text{Değişmez}$$

2.16. ΔH_{exp} (patlama entalpın) düzeltilir

$$\Delta H_{exp} = \Delta H_c \text{ (2.2'de hesaplanan)} - (n_{CO} * 67.33 + n_{H_2} * 67.70)$$

2.17. 2.8'de tahmin edilmiş patlama 1a a, yeni ürün kompozisyonuna göre düzeltilir.

2.17.1. 2.15'de bulunan ürün kompozisyonu gözönüne alınarak, ürünlerin adım 8'de tahmin edilen sıcaklıktaki iç enerji (Internal energy), U, değerleri bulunarak, ürünlerin toplam iç enerjisi bulunur.

$$\sum U = \sum U_i * n_i$$

2.17.2. 2.17.1'de bulunan $\sum U$ değeri, 2.16'da hesaplanan ΔH_{exp} değerine eşitse, 2.18'e geçilir. Eşit değilse yem bir sıcaklık değeri seçilerek 2.17.1. aşamaya tekrar edilir

2.18. 2.15'de hesaplanmış yeni ürün kompozisyonuna göre yeni, " $\sum b$ " ve " Q_{x-1} " değerleri bulunur.

2.19. Adım 2.12'den dönülerek, Gibb (G) fonksiyonu yeniden hesaplanır. Daha sonra 2.13'de reaksiyon sabiti, 2.17'deki sıcaklığa göre yeniden okunur ve 2.14'deki "F" fonksiyonu yeniden oluşturulur, (Anahtar Adım). Eğer ilk hesaplanan F fonksiyonu ile, son hesaplanan F değerleri birbirine yakınsa 2.22'ye geçilir Aksi takdirde 2.15'den 2.19'a kadar adımlar (yeni ürün dekompozisyonu ve sıcaklık tahminleri) tekrarlanır.

2.20. Patlama basma aşağıdaki, Boltzman gaz denleminin denve edilmiş hal formülüne göre hesaplanır.

$$P = 0.821 * \frac{n T \Delta}{1 - (\Delta / 100)} * Q(x) \quad (\text{Atm.})$$

2.21. Net patlama entalpisi bulunur. (ΔH_{exp})

$$\Delta H_{exp} = \Delta H_c \text{ (2.16'da hesaplanan)} - 10.33 * n_{H_2O} \text{ (kcal/100 gr patlayıcı)}$$

2.22. Enerji faktörü ve hacim faktörü bulunur.

2.22.1. Enerji faktörü; $e = \Delta H_{exp} / 425 / 500$
(500 Anfo'nun hesaplanmış enerji faktörüdür)

2.22.2. Hacim faktörü; $V = N$ (Adım 7'de hesaplanan) / 852
(852 Anfo'nun hesaplanmış hacim faktörüdür)

2.23. Kuvvet sabiti (Weight strength) bulunur.

$$W = 5/6 e + 1/6 v$$

Yukarıdaki hesaplamalardan da anlaşılacağı gibi, kuvvet sabiti, (weight straight), patlayıcının kompozisyonundaki maddelerin, denge koşulunda yandığını varsayarak ve ürünlerinde bu koşullarda oluştuğu varsayılarak hesaplanmaktadır.

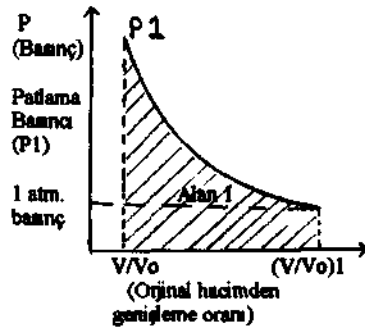
Gerçekte ise, patlama, denge koşullarından çok uzakta cereyan etmekte ve çıkan gaz ürün kompozisyonu tahmin edilenden çok değişik olabilmektedir. Özel patlatma odalarında yapılan denek patlatmalardan sonra çıkan gazın, gaz kromatografi yöntemi ile analizi sonucu, kompozisyonun "weight (trenght)" metodunda öngörülenden çok farklı olduğu teebit edilmiştir Bunun fiziksel anlamı ite, patlama sıcaklığı, basına ve toplam enerjinin, öngörülenden çok. farklı olabileğidir.

Bütün bunlara ilave olarak, "weight strengthin fiziksel anlamı ve toplam enerjinin kaya kısmındaki kullanılabilir kısmının ne olduğu tartışmalıdır.

Butun bunlardan dolayı, performans hesaplamalarında detonasyon metodlanrın kullanımı daha sağlıklı olarak nitelendirilebilir.

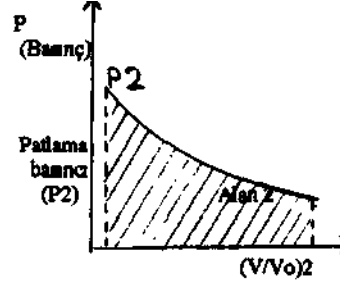
DETONASYON

Bu metotta temel amaç, kütle momentum ve enerji balana denklemleni çözerek baanç-özümlük yoğunluk eğrisini elde etmektir. Eğrinin altındaki alan, toplam enerjiyi verir. (Şekü-1). Eğrinin feldi ise enerjini «alarrarı gösterir. Şekil-1'de yüksek hızla patlayan bir patlayıcının eğrin, Şekil-2'de ise aynı padayıamn düşük bir patlama humda patlaması pkkt gösterilmiştir. Eğrilerin altındaki alan aynı olmaana rağmen, enerjinin salınım oranının değışmesi nedeniyle, kaya kırmada kullanılabilir enerji ve bunun bölüşümü değışik olacaktır. Bu konudaki detaylı açıklama bölüm 4'de verilmiştir.



Şekil-1

Yüksek hızda patlayan bir patlayıcının genişleme eğrisi.



Şekil-2

Düşük hızda patlayan bir padayıamn genişleme eğrisi.

Şekillerin fiziksel yorumlaması yapılırsa;

Alan 1=Alan 2

Toplam enerji aynı

P1 > P2

Birinci patlama basma, ikinci patlama basmandan büyük. (Birinci patlama hızı, ikinci patlama hızından büyük)

(V/Vo)1 < (V/Vo)2

İkinci genişleme miktarı birinciden büyük. (Kaya üzerinde daha uzun süreli bir baanç uygulamaa.)

Bu yorumlamalardan da anlaalabileceği gibi, genişleme eğrisinin şekli, paııaya performansını belirleyen ana parametredir. Eğrinin oluşturulabilmesi için, çeşidi teoriler mevcuttur. Bunlardan en basiti, patlamayı tek boyutlu kabul eden modeldir. Modeldeki öngörümleler aşağıdaki gibidir. (Referans-4)

1) Akış tek boyutlu ve larrinerdir.

2) Detonasyon dalgan, bir sürekliliktir, ve çok ara bir reaksiyondur. Dolayısıyla reaksiyon bölgesi kalınlığı nura yalandır. Şok dalganın ardında kalan gazlar termodinamik dengededir ve bundan dolayı, termodinamik bir gaz denklemi ile ifade edilebilirler.

3) Akli, zamandan bağımsızdır (Steady State)

Bu hipotezler doğru kabul edilirse kütle, momentum ve enerji korunum yasalarına göre aşağıdaki denklemler yazılabilir.

3.1. Kütle korunumu, D hızıyla patlayıcı içinde ilerleyen bir detonasyon dalgan için, reaksiyon ürünlerinin ters istikamette V hızıyla ilerlediği düşünülürse, kütle korunumu yasaana göre,

$$\int \rho D = \int (\rho - V) \quad \text{olmalıdır. (Denklem-1)}$$

$\int \rho$ = Orijinal, reaksiyona girmemiş patlayıcı yoğunluğu
 $\int \rho$ = Reaksiyondan sonraki yoğunluk (Final State)
 D = Şok dalgası (Detonasyon hızı)
 V = Reaksiyon ürünleri, parçacık hızı (Particle velocity)

3.2. Aynı âstemde momentum balana yapılırsa,

$$P - P_0 = \int \rho V D \quad \text{(Denklem 2)}$$

P = Son basınç
 P_0 = İlk basınç

3.3. Kütle ve momentum balanaanında "V" termi elimine edilirse, P-V diyagramında "Rayleigh" doğrusu elde edilir

$$R = \int \rho^2 D - (P - P_0) / (V - V_0) = 0$$

V_0 = ilk özgül yoğunluk ($1 / \int \rho$)

V = Son özgül yoğunluk ($1 / \int \rho$)

3.4. Enerjinin korunumu yasan aynı âstem için yazılırsa,

$$E(p, v, \lambda = 1) + pv + 1/2 (D-V)^2 = E(p_0, v_0, \lambda = 0) + p_0 v_0 + 1/2 D^2 \quad \text{(Denklem 3)}$$

E = Spesifik iç enerji

X = Kimyasal reaksiyonun katsayısı (X = 1, reaksiyon tamamlanmış)
(X = 0, reaksiyon yok)

3.5. İzentrop'u oluşturmak için gereken genişleme eğrisi (Hugordot), Denklem 3'deki D ve V terimlerini, denklem 1 ve 2 kullanılarak, elimine ederek bulunur.

$$H = E(p, v, \lambda = 1) - E(p_0, v_0, \lambda = 0) - 1/2 (p + p_0) / (v_0 - v) = 0$$

3.6. Hugordot derdemindeki E (p,v,) terim çözümlenemezdir. Seçilen gaz denklemleri empirik (deneysel), denklemlerdir. Başka bir deyişle, ölçülmüş gaz kompozisyonu, «çaldığı ve banna ile kalibre edilmiş denklemlerdir. Bu denklemlerden en yaygın dardan aşağıdaki gibidir.

3.6.1. BKW denklemi,

$$\frac{PV}{nRT} = 1 + X e^{-\beta}, \quad X = \frac{K (\sum n_i k_i)}{n v (T+Q)^{1/2}}$$

P = Basınç

V = Hacim

n = Toplam oluşacak gaz hacmi

T = Sıcaklık

K = iç hacim sabiti (covdune)

β , K ve Q ise deneylerle kalibre edilen sabitlerdir

3.6.2 JWL denklemini;

$$P = A \left(1 - \frac{W}{R1V}\right) e^{-R1V} + B \left(1 - \frac{W}{R2V}\right) e^{-R2V} + \frac{WE}{V}$$

P = Basınc

V = Rdativ haam

A, B, C, R1, R2 : Kalibre edilen sabitler.

3.7. Seçilmiş gaz denkleminde sonra denklem sistemleri simultene olarak aşağıdaki gibi çözülür.

3.7.1. Çözümü basitleştirmek için gaz denklemini, poly tropik bir gaz sistemi (sabit ısı kapasiteli bir ideal gaz sistemi) olarak tanımlarsak, gaz denklemini ve bağı Hugoroot eğrisi;

$$PV = RT$$

$$E = CvT - q = PV / (Y-1) - q$$

$$\left(\frac{P}{P_0} + \mu^2\right) \left(\frac{V}{V_0} - \mu^2\right) = 1 - \mu + 2\mu^2 \frac{q}{P_0 V_0}$$

olacaktır.

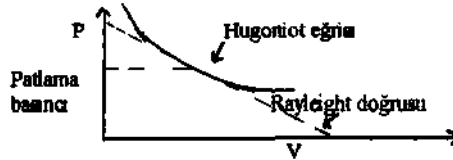
C_v = Sabit hacimde ısı kapasitesi

$Y = C_p / C_v$

$\mu = \frac{C_v}{C_p} \frac{1}{(Y+1)}$

$q = \Delta H_R$ (Reaksiyon toplam entalpsi)

3.7.2. Hugoroot eğrisi ile Rayieight doğrusunun kesişim noktası, patlama durumunu gösterecektir. (Şekal-3)



3.7.3. Y sabitinin bir diğer tanımı yazılırsa;

$$Y = - \left(\frac{\int \ln P}{\int \ln V} \right) = (1 - P_0/P) / (V_0/V - 1)$$

dolayısıyla, Rayieight doğrusu;

$$P = \int_0^D D^2 / (Y + 1 - P_0/P) \text{ şeklinde tanımlanır}$$

3.7.4. Eğer P_0 terimi (1 atm), ihmal edilirse, patlama durumunun özellikler aşağıdaki gibi olacaktır

$$\begin{aligned} V &= D / (Y+1) \\ V/V_0 &= Y / (Y+1) \\ P &= \int_0^D D^2 / (Y+1) \end{aligned}$$

Bu en basit çözümde, Y sabiti 3 olarak alınrsa, çok kullanılan aşağıdaki denklem elde edilir.

$$P = 0.25 * \int_0^D * D^2$$

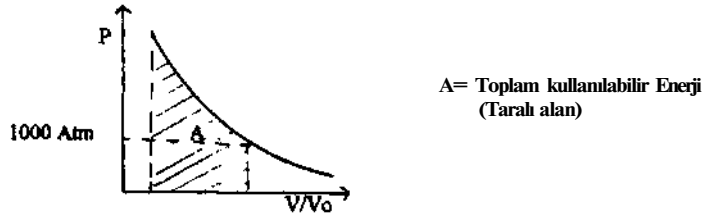
Yukandak açıklamalardan ve çözümlerden de anlaşılacağı gibi, elde edilmeye çalışılan genişleme eğrisinin seid seçilen gaz denklemini ve kütle-momentum-enerji denklemlerinin bu denklemle beraber çözümüne bağlıdır. Gaz denkleminin seçimi ise, denklemin hangi patlayıcılar için kalibre edildiği ile ilintilidir. Ayrıca, sağlıklı bir eğri isteniyorsa, denklem üstünden, reaksiyon bölge kalınlığı da gözönüne alınarak (Reaksiyon bölgesi ile ilgili denklemlerle birlikte), zamanında bir fonksiyonu olarak çözümlenmelidir.

Madencilikte kullanılan patlayıcılar, ideal tavrı olmadıkları için, reaksiyon bölge kalınlıkları büyüktür. Bundan dolayı bu tip patlayıcıların genişleme eğrileri için reaksiyon boige çözümlemesran yapılmaa, özellikle küçük delik çaplarında (9 inch'den küçük) kullanım halinde, mudaka yapılmalı, gaz denklemleri ise kullanılan patlayıcının yapısına uygun seçilmelidir.

4. KULLANILABİLİR ENERJİ

Patlayıcının genişleme eğrisini elde ettikten sonra, bu enerjinin kullanılabilir kısmının tariflenmesi gerekir. Bu taam ise her kaya yapısı, özgül şarj ve delik şarj düzemi ile değişmektedir. (Referans 1)

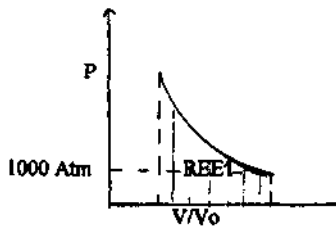
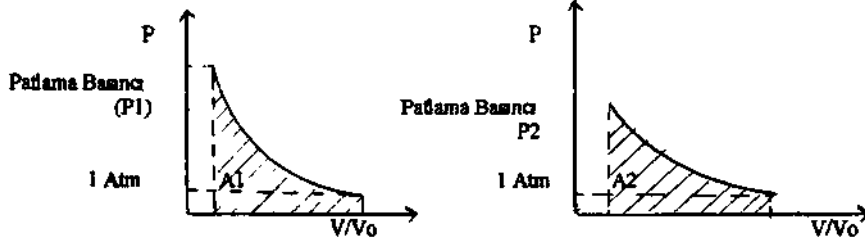
Kullanılabilir enerjinin tanımlanabilmesi için çeşitli yaklaşımlar vardır. Bunlardan en basiti, ICI (Imperial Chemical Industries) tarafından konulan REE (Relative Explosive Energy) metodudur. Metod, genişleme eğranının 1000 Atm basınçta kesilerek, patlama durumunda bu noktaya kadar olan eğrinin altındaki alan, kullanılabilir enerji olarak tanımlar. (Şekil 4)



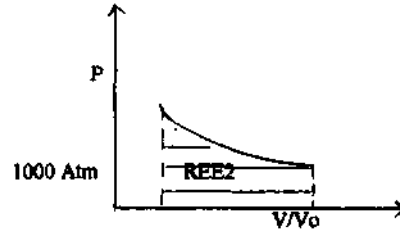
Şekil-3
(Relative Explosive Energy)

Eğrinin 1000 Atm'de kesilmesinin nedeni, homojen yapıda orta sert kaya yapında, 0.45 özgül şarj kullanılarak yapılan deneme patlatmalarında, gazların serbest yüzeye ulaştıktan zaman yaklaşık 1000 Atmosfer basınçta olmalarıdır. Gazlar atmosfere çıktıktan sonra ise yararlı iş yapamayacakları kabul edilmiştir.

Dolayısıyla, REE yaMaşımı ile iki patlayıcıyı kıyaslanırsa Şekil 4 ve 5'te gösterildiği gibi, genişleme eğrisinin sekline bağlı olarak, toplam enerjisidaha az olan bir patlayıcı daha çok kullanılabilir bir enerji sağlayabilecektir.



Şekil-4
Toplam enerjisi yüksek "A" patlayıcısının toplam ve kullanılabilir enerjileri.



Şekil-5
Toplam enerjisi "A"dan düşük "B"

Şekilleri fiziksel yorumlama yapılmaz.

Toplam Enerji, $A > B$

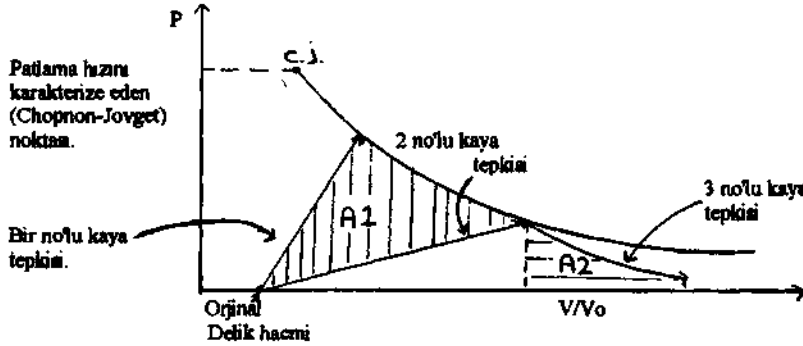
Patlama Baarı, $A > B$

Dehne Patlatmada kullanılabilir enerji; $B > A$

ELASTİK-PUSU* TEPKİ.F.R METODU

Bu yaklaşımla REE metodunda çok genel olarak tariflenebilir alan, kullanılabilir enerjinin daha hassas olarak tanımlanması ve kullanılabilir enerjinin, gerçekte kullanılan kırma ve itme tasarımlarını tanımlama. Bunun yapılabilmesi ise önce, padayının genişleme eğrisinin sağlıklı tesbiti daha sonrada kaya mekaniksel değerlerle eşleştirilmesine bağlıdır (Referans 1)

Bu yaklaşımda, kaya dardık bir ortam olarak düşünülür (Hook kanununa uyan bir artım) ve patlama anından sonraki kayanın aşamalı tepkileri 3 aşamada incelenmektedir. Bunlardan ilki patlatma deliğinin ilk şokla etrafını kırarak genişlemesi, ikincisi patlama anından itibaren oluşan sıkışma ile kayanın dardık limitinin geçilmesi, üçüncüsü ise gazlar serbest yüzeye oluştuktan sonra, aktımsız gazın ivme ile atmosfere yayılırken yaptığı itme işidir (Şekil 6)



Şekil-6

Dehne patlatmada kullanılabilir enerjinin bölümleri

A1 = Kırma enerjisi (Potansiyel)

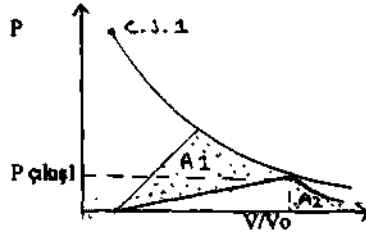
A2 = İtme enerjisi (Potansiyel)

Şekilde anlaşılabileceği gibi, kırma ve itme enerjileri, patlatılan genişleme eğrisinin şekline, kayanın dardık modülü, poisson oranı, yoğunluğu, porozite gibi parametrelere (kaya tepki eğrileri), bağlıdır

Genişleme eğrisinin şekli ise, patlatılan kullanılan delik çapına (dolayısıyla patlama hana), reaksiyon bölge kalınlığına (ideallik derecesi) bağlıdır.

Elde edilen "potansiyel" enerjilerin (kırma-itme) kullanımı ise, jeolojik etkenlere, gecikme zamanlarına ve taren yüzey patlatma dizaynına bağlıdır.

Kırma ve itme enerjilerini karakterize eden alanlar, yukarıda açıklanan sebeplerden dolayı, her kaya-patlatma-patlatma düzeni, üçüncüsü için değişken olacaktır. Dolayısıyla kullanılan patlatılan performanada, istenen etkiye (parça boyu-pasa geometrisi, veya ikisinde) göre, delik çapı, şarj düzeni, yoğunluğu ve kaya üzdüklerine göre değişken olacaktır. Şekil 7 ve 8'de karşılaştırılarak, bir patlatılan, sabit özgül şarda, sabit yüzey geometrisinde, yumuşak ve sert kaya yapılarında kullanımı halindeki enerjinin bölüşümü verilmiştir



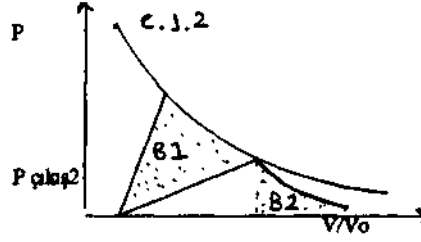
Şekil-7

Çok yumuşak bir kaya yapılarında enerji bölüşümü.

Şekillerin fiziksel yorumlama» yapılına,

Toplam enerji, Her ita aktada aynı.

Kullanılabilir enerji; Her iki aktada, toplam enerjinin % 45-50'a.



Şekil-8

Çok sert bir kaya yapılarında enerji bölüşümü.

<u>Sonuç</u>	
C ₁ = C ₂	Her iki durumdada aynı patlama hızı (Aynı patlama basma)
B ₁ > A ₁	Sert yapıda daha fazla bir kullanılabilir kuma enerjisi.
P çıkış ₂ > P çıkış ₁	Sert yapıdadah yüksek bir ayna akış basma.
B ₂ > A ₂	Sert yapıda, daha fazla bir ibne enerjisi

Yukarıdaki örneklemelerden de anlaşılacağı gibi, performans parametreleri, bu yaklaşımla, sürekli değişken olacak ve her kaya yapış, delik çapı, istenen patlatma sonucuna göre, optimum maliyet-performans sağlayacak patlayıcıya başka olacaktır.

SÜME

Madencilikte kullanılan patlayıcıların gerçek performanstan kullanılan patlayıcının kimyasal ve fiziksel özelliklerinden bağlı olduğu kadar, kullanıldığı kaya tipi, kullanım şekli gibi parametrelere de bağlıdır.

Kuvvet sabiti "Weight Strength" hesaplama yöntemi patlayıcının gerçek performansı hakkında çok fazla bir şey söylememektedir. Bu metotta hesaplanan, toplam termodinamik enerji olup, bu enerjinin ne kadarının kullanılabilir olduğu cevapsız kalmaktadır. Bu sebepten dolayı patlatma dizaynları ve bağlı maliyet analizleri yapılırken, "Weight Strength" parametresinin kullanımı, yanlıya alınacaktır.

Detonasyon metodları ile, patlayıcı performans hesaplan yönteminde ise, sonuç (Genleşme eğrisinin şekli), büyük ölçüde, denklemlerin hangi boyutta (tek boyutlu, zamana bağlı vs.), çözüldüğüne ve enerji balansında kullanılan gaz denkleminin (yan empirik) hangi şartlar altında kalibre edildiğine bağlıdır.

Detonasyon metodu, gerek REE (Relative Explosive Energy), gerekse "Hastik-Plastik tepki-deformasyon" metodlarında kullanılır. İki metottada kullanılabilir enerjinin tanımlanabilmesi için genleşme eğrisinin gerçekçe uygun olması gerekmektedir. Bu metodlardan "Elastik-Plastik" tepkiler metodunda ise, genleşme eğrisine ek olarak, 3 adet kaya tepki eğrisinin oluşturulabilmesi için, kaya mekanikliği ile ilgili bazı deneysel değerlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu metod su anda kullanımda dan en sağlıklı metod olarak tanımlanabilir

Minimum dđme-patlatma-taama, maliyetini sağlayacak kaya tipi-patlayıcı ans' seçimi, ancak yukarıdaki parametrdenn tam olarak tariflenip eşleşenimden Se mümkün olabilecektir. Yumuşak yapıda formasyonlarda, itme enerjisi yüksek patlayıcıların, sert yapıdaki formasyonlarda ise kırma enerjia yüksek parlayıcıların kullanımı optimum parlatma için genel anahtardır. Bunlara ilave olarak, parça boyuna ve pasa sekline bağlı, yükleme taama maliyetlerinin minimize edilmende ancak kırma ve taama enerjileri istenen özelliklere uygun padayıaran seçimi ve bundan sonra yapılacak dđme patlatma yüzey dizaynı ile mümkün olabilecektir.

Maden sahalarında bu olayın, pratik çözümlenmesi ise, ancak homojen yapıda formasyonlarda, yapılacak karşılaştırmalı deneme atımları ile mümkün olabilecektir.

Bu işlemler zaman aha ve masraflı olmasına karan, dđme patlatma işlemindeki hatanın, operasyonun diğer aşamalarında, büyüterek ortaya akacağı gözönüne alınarak, her maden sahası için yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- 1) TOSUN, S; "Madencilikte ParJatılacak Ortama Uygun Patlayıcı Madde Seçimi"
"TMMOB Maden Mühendisleri Odaa Yayın, Aralık 1991.
- 2) TOSUN, S; "Oxygen Balance for Explosives Containing Additional Ingredients other than COHN
Components" Nitro Nobd, Sweden, İç Rapor 1990.
- J) TAYLOR, W; "Thermochemistry of Explosives", 1952.
- 4) FICKETT, W; DAVIS, C, "Detonation", 1983.

