

UDC 349.6; 355

DOI 10.52171/2076-0515_2024_16_01_37_42

Physical Modeling of Exsplosion

N.Z. Abdullayeva, Sh.A. Ahmadov, A.M. Yaryeva

Azerbaijan Technical University (Hussein Javid pr., 25, Baku, AZ1073, Azerbaijan)

For correspondence:

Ahmadov Shahin / e-mail: shahin.ahmedov.50@mail.ru

Abstract

In the article, the physical modeling of the explosion, the excess pressure and the factors affecting the shock wave generated during the explosion were analyzed. The physical modeling of the explosion in different prisms has been considered, and so far only the atomic and electronic point of view has been examined, and the effect of the processes taking place in the atom on the excess pressure and the shock wave has been investigated.

Keywords: atom, nucleus, electron, excess pressure, shock wave, stationary and non-stationary state of atom.

Received 01.02.2023

Revised 09.02.2024

Accepted 12.02.2024

For citation:

N.Z. Abdullayeva, Sh.A. Ahmadov, A.M. Yaryeva

[Physical Modeling of Exsplosion]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2024, vol. 16, no. 1, pp. 31-36 (in Azerbaijani)

Partlayışın fiziki modelləşməsi

N.Z. Abdullayeva, Ş.Ə. Əhmədov, A.M. Yariyeva

Azərbaycan Texniki Universiteti (Hüseyn Cavid pr., 25, Bakı, AZ1073, Azərbaycan)

Yazışma üçün:

Əhmədov Şahin / e-mail: shahin.ahmedov.50@mail.ru

Xülasə

Məqalədə partlayışın fiziki modelləşməsi, partlayış zamanı yaranan izafi təzyiqlər və zərbə dalğasına təsir edən faktorlar analiz edilmişdir. Partlayışın müxtəlif prizmalarda fiziki modelləşməsinə baxılmışdır və hələlik yalnız atom və elektron nöqtəyi nəzərdən atomda gedən proseslərin izafi təzyiqlər və zərbə dalğasına təsiri araşdırılmışdır.

Açar sözlər: atom, nüvə, elektron, izafi təzyiqlər, zərbə dalğası, atomun stasionar və qeyri stasionar halı.

Физическое моделирование взрыва

Н.З. Абдуллаева, Ш.А. Ахмедов, А.М. Ярьева

Азербайджанский технический университет (пр. Гусейн Джавида, 25. Баку, AZ 1073, Азербайджан)

Ахмедов Шаин / e-mail: shahin.ahmedov.50@mail.ru

Аннотация

В статье проанализированы физическое моделирование взрыва, избыточное давление и факторы, влияющие на ударную волну, образующуюся при взрыве. Рассматривается физическое моделирование взрыва в различных призмах: с атомной и электронной точек зрения. Исследуется влияние процессов, происходящих в атоме, на избыточное давление и ударную волну.

Ключевые слова: атом, ядро, электрон, избыточное давление, ударная волна, стационарное и нестационарное состояние атома.

Giriş

Dünyanın ən ali varlığı sayılan insanın mühafizəsi bütün dövlətlərin aktual məsələsidir. Dünyada yayılmış hadisələr içərisində texnogen hadisələr xüsusi yer tutur. Texnogen hadisələr olaraq partlayış və yanğınların qarşısının alınma yollarının analizi hər bir dövlətin aktual məsələsidir. Məsələnin optimal həlli yollarından biri də partlayışın inkişaf dinamikasının fiziki modelləşdirilməsidir.

Ümumiyyətlə istənilən prosesi idarə edən parametrlərin araşdırılması, prosesi anlamaq və onu idarə etmək, onun qarşısını almağın ən böyük yollarından biridir. Partlayışın məhdud həcmdə, qısa müddət ərzində çox böyük miqdarda enerjinin ayrılması ilə baş verməsi, eyni zamanda yüksək təzyiqli məhsulların əmələ gəlməsi, genişlənmə zamanı ətraf mühitə dinamik təsir göstərməsi, özünü işıq, səs və s. effektlər ilə biruzə verməsi və s. mürəkkəb nəticələri onu dərinlən analiz etməyi tələb edir [1, 2].

Partlayıcı maddələrdən enerjinin ayrılması nüvənin böllünməsi zamanı ayrılan enerji, qılgılcım boşalmaları zamanı elektromaqnit enerjisinin ayrılması, maddələrin temperaturu və təzyiqi ilə müəyyən olunan termiki enerji ayrılması, yer səthinə meteoritlərin düşməsi halları partlayışın baş vermə halları olduğuna görə bu prosesin hansı maddələrdə hansı mexanizm üzrə getdiyi çox vacibdir (cədvəl).

İşin məqsədi

Nəzərə alsaq ki, partlayış dünyada çox geniş yayılmış texnogen hadisədir, onun araşdırılması da ən aktual məsələdir. Belə ki, partlayışın inkişaf dinamikasının araşdırılması, onu yaradan faktorların analizi, prosesin ümumilikdə fiziki modelləşməsi məsələsini müəyyən dərəcədə həll etmiş olur, yəni

partlayış hadisəsinin qarşısını almağa imkan yaradır.

Cədvəl – Bir sıra partlayıcı maddələr üçün detonasiya parametrlərinin qiymətləri

Table – Values of detonation parameters for a number of explosives

No	Partlayıcı maddələr	Sıxlıq, kg/m^3	Detonasiya sürəti, m/s	Təzyiq, QPa	Kritik dia-metr, mm
1	Tökmə trotil-2,4,6-trinitro-toluol $\text{C}_6\text{H}_2\text{CH}_3(\text{NO}_2)_3$	1663	6900	19	16
2	Üyüdülmüş trotil	1000	5100	6,6	3
3	Preslənmiş trotil	1590	6900	17,7	-
4	Heksogen-1,3,5-trinitro-1,3,5-tri-aza-tsikloheksan	1816	8754	34	1
5	Oktogen,1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetra-aza-tsiklook-tan $\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_8\text{O}_8$	1960	9100	39	-

Məsələnin qoyuluşu

İlk baxışdan bütün modellərin atom və molekulardan təşkil olunduğu, eyni zamanda bunların müəyyən rabitə ilə birləşdiyini nəzərə alsaq, ilk növbədə bu rabitənin qırılaraq, ayrılaraq müəyyən məsafələrə diffuziya etməsi, böyük enerji və istilik ayrılması ilə baş verdiyini düşünsək, partlayış zamanı yaranan təzyiqi anlamaq mümkündür. Əlbəttə, ən maraqlı məsələlərdən biri bu prosesin müxtəlif hallarda müxtəlif getməsidir. Atomlararası rabitənin qırılaraq, onun müəyyən məsafəyə hərəkəti nüvə və elektronlararası məsafədən, onlar arasında mövcud enerjiden və s. məsələlərdən asılıdır [3]. Ümumi diffuziya qanunu ilə bu atomun hərəkət sürəti:

$$\vartheta_{atom} = \int_0^{\infty} m \vartheta_x \cdot |\vartheta_x| \delta_n = \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \bar{m} \vartheta_x^2 \cdot \delta_n = \frac{1}{2} m \vartheta_x^2 \quad (1)$$

Lakin nəzərə alsaq ki, bir atomun hərəkət sürəti adi diffuziya prosesindədir, partlayış zamanı bu sürətin dəfələrlə artmasını düşünsək, onda düsturumuz:

$$\vartheta_{atom} = n \cdot \int_0^{\infty} m \vartheta_x \cdot |\vartheta_x| \delta_n = \frac{1}{2} n \int_{-\infty}^{\infty} \bar{m} \vartheta_x^2 \cdot \delta_n = \frac{1}{2} n m \vartheta_x^2 \quad (2)$$

Bu düsturlar bir daha sübut edir ki, atomun getmə sürəti iki böyük faktorla idarə olunur: daxili və xarici faktorlarla. Daxili faktorlar atom daxili, nüvə və elektronlarda gedən proseslər, eyni zamanda xarici faktorlar atomun yerləşdiyi vəziyyətdir. Bu vəziyyətdə bir elektronlu funksional nəzəriyyələr göstərir ki, elektronun müxtəlif istiqamətlərində, müxtəlif funksiyalar üçün müxtəlif vəziyyətlərdə müxtəlif enerji və sürətə malik olur. Atomun tam elektron enerjisi üçün alınmış ifadə bunu tamamilə sübut edir:

$$E = \sum_{\mu=1}^N f_{\mu} + \frac{1}{2} \sum_{\mu \neq \nu}^N (J - K_{\mu\nu}) \quad (3)$$

μ və ν – burada elektronun müxtəlif vəziyyətlərini xarakterizə edir.

Çox elektronlu atomun tam elektron enerjisi:

$$E = \sum f_1 + \frac{1}{2} \sum_{\mu \neq \nu}^1 (J_{ij} - \delta_{ms} \cdot K_{ij}) \quad (4)$$

Buradan aydın olur ki, elektronun müxtəlif vəziyyətlərdə malik olduğu enerji atomun enerjisidir. Atom malik olduğu bu enerji ilə rabitəni qırıb böyük məsafələrdə böyük sürətlə hərəkət edib, təzyiq yaradaraq partlayışı yaradır [3, 4].

Əlbəttə (4)-cü düstur həm açıq, həm də qapalı təbəqəli atomlar üçün doğrudur. Burada Kupmans teoriminə görə atomda elektron yerləşən ən yuxarı səviyyənin enerjisi ədədi qiymətcə bu atomun ionlaşma potensialına bərabərdir. Atom spin orbitallarına uyğun E_{μ} enerjilərinin cəmi atomun tam elektron enerjisi ilə üst-üstə düşür. Əlbəttə burada məsələyə hansı metodla yanaşmadan çox asılıdır. Lakin əsas məsələlərdən biri də elektronun orbitlər üzrə stasionar və ya qeyri-stasionar halda malik olduğu enerjidir.

Elektronun enerjisinin mümkün diskret qiyməti:

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} eV; \quad n = 1, 2, 3 \dots \dots \quad (5)$$

İki qonşu səviyyələr arasında fərq:

$$\Delta E_n = E_{n+1} - E_n = 13,6 \left[\frac{1}{(n+1)^2} - \frac{1}{n^2} \right] \quad (6)$$

Əsas məsələlərdən biri də atomun diskret vəziyyətdə olması, elektron toqquşmaları zamanı atomda yaranan vəziyyətdir. Belə ki, elektronun sürətinin aşağı olması nəticəsində, o öz enerjisini atoma vermir, ancaq bu sürət müəyyən böhran qiymətə çatdıqda elektron öz enerjisini atoma verir və atom stasionar hala keçir. Digər əsas məsələlərdən biri də hər hansı qazın təzyiqi nəticəsində atomun işıq şəklində enerji buraxmasıdır. Burada bir neçə parametr artıq əsas rol oynamağa başlayır. Atomun daxilində elektronların sürəti müəyyən həddi keçdikdə atoma enerji verməsi, eyni zamanda kənar təsirlər nəticəsində (məsələn qazın təzyiqi) atomun işıq şəklində enerji buraxmasıdır. Bu enerji:

$$E_2 - E_1 = h\omega = \frac{2\pi hc}{\gamma} = \frac{hc}{\lambda} \quad (7)$$

Digər tərəfdən məsələni mürəkkəbləşdirən hadisələrdən biri də yuxarıdakı faktorlarla bərabər atomun foton şüalandırması, atomun yüksək enerjili stasionar haldan kiçik enerjili stasionar hala keçməsidir. Foton udduqda isə atomun tərs keçidi, yəni aşağı enerji səviyyəsindən yuxarı enerji səviyyəsinə keçidi baş verir. Bu keçid atoma xarici təsirlər nəticəsində baş verir. Uduqlama zamanı atomda baş verən keçidlərin sayı:

$$Z_{mn} = \frac{dz_{mn}}{dt} \quad (8)$$

$$Z_{mn}^{spont} = A_{mn} \cdot N_m \quad (9)$$

$$Q_{mn}^{spont} = A_{mn} \cdot h\omega_{mn} \cdot N_m \quad (10)$$

$$Z_{mn}^{nd} = B_{nm} \cdot u \cdot (\omega_{mn}) \cdot N_n \quad (11)$$

$$Q_{nm}^{nd} = B_{nm} \cdot h \cdot \omega_{mn} \cdot u(\omega_{mn}) \cdot N \quad (12)$$

$$Z_{mn}^{ind} = B_{mn} \cdot u(\omega_{mn}) \cdot N_m \quad (13)$$

$$Q_{mn}^{ind} = B_{mn} \cdot h \cdot \omega \cdot u(\omega_{mn}) \cdot N_m \quad (14)$$

(8)-(14) düsturları atomun enerji səviyyələri arasında spontan, udulma və induksiyanmış keçidlər üçün ifadələrdir.

A_{mn} – atomun daxili quruluşu ilə əlaqədə olan əmsəldir.

Atomda udulma zamanı spontan keçid zamanı spontan şüalanma xəttinin konturu:

$$q_m(\omega)d\omega = h\omega \cdot N_m \cdot a_{mn}(\omega)d\omega \quad (15)$$

Digər vacib məsələlərdən biri də elektronun impuls momentinin saxlanması qanunudur:

$$nh = \oint p dq = \int_0^{2\pi} P_\varphi d\varphi = P_\varphi \int_0^{2\pi} d\varphi = P_\varphi 2\pi \quad (16)$$

(16) düsturu elektronun orbitlər üzrə kvantlanması qaydasını müəyyən edir. Elektron bir orbitdən digərinə keçdikdə aşağıdakı tezlikdə foton şüalandırır:

$$\vartheta = \frac{E_n - E_m}{\xi} \quad (17)$$

Əlbəttə idarəedici faktorlardan biri də elektronun trayektoriyasıdır. Zommerfeldin şərtlərinə görə bu elips kimi qəbul olunmuşdur:

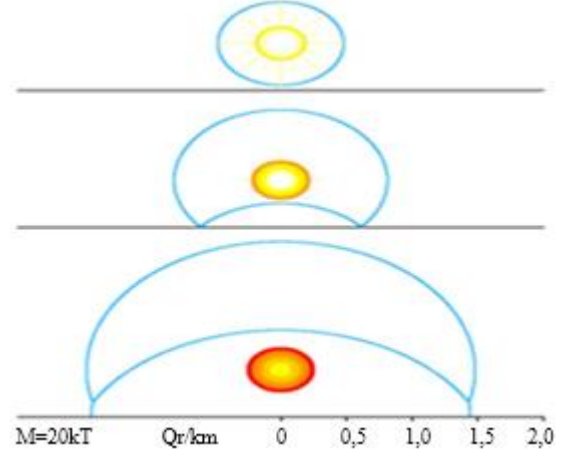
$$\begin{aligned} \oint P_\varphi d\varphi &= n_\varphi h = 2\pi n_\varphi \cdot h \\ \oint P_\eta d\eta &= n_\eta h = 2\pi n_\eta \cdot h \\ \oint P_\theta d\theta &= n_\theta h = 2\pi n_\theta \cdot h \end{aligned} \quad (18)$$

Bu düstur bildirir ki, elektronun P_φ ümumiləşmiş impulsu kəsilməz deyil.

Elektronun kinetik enerjisi:

$$W_k = \frac{P_\varphi^2}{2mr^2} \left[\frac{1}{r^2} \left(\frac{dr^2}{d\varphi} \right) + 1 \right] \quad (19)$$

Aparduğumuz analiz tam olmasa belə atomun daxilində və xarici təsir nəticəsində atomda yarana biləcək enerjini göstərir (şəkil).



Şəkil – 20 kt partlayış zamanı bir yay formasında olan şok dalğasının (Mach təsiri) meydana gəlməsi
Figure – The formation of a bow-shaped shock wave (Mach effect) during a 20 kt explosion

Artıq buradan partlayış zamanı ayrılan enerjinin, şüalanmanın, izafi təzyiqin və zərbə dalğasının yaranma səbəbləri ortaya çıxır. Bu halda partlayışın ümumi fiziki modelini artıq göstərə bilirik:

1. Yuxarıdakıları nəzərə alaraq atomun hər hansı bir vəziyyətdə digər atom ilə rabitələri qıraraq müəyyən məsafəyə böyük sürətlə diffuziyası;

2. Diffuziya sürəti atomun daxili vəziyyətindən (stasionar və ya qeyri-stasionar, elektronun hansı trayektoriya üzrə hərəkəti və s.) və xarici təsirdən çox asılıdır;

3. Yuxarıda qeyd etdiyimiz faktorlar diffuziyanı sürətləndirir.

Diffuziya zamanı bir atomun yerdəyişmə vaxtı:

$$R_n = [r_1 + r_2 + \dots + r_i + r_n]^n = \sum_{i=1}^n r_i \quad (20)$$

Kristalda atomun sıçrama əmsalı:

$$\overline{R}_n^2 = \left[n\lambda^2 \left(1 + \frac{2}{n} \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^{n-j} \cos\theta_i \right) \right]^n \quad (21)$$

Daxildə gedən proseslərdən və xarici təsir nəticəsində atom böyük məsafələrə diffuziya edərək (20), (21) mexanizmi ilə hərəkət edir [4, 5]. Bu zaman ayrılan enerji izafi dalğanın yaranmasına səbəb olur:

$$\Delta P_\varphi = 0,84 \frac{\sqrt[3]{C}}{R} + 0,27 \frac{\sqrt[3]{C^2}}{R^2} + 0,7 \frac{C}{R^3} \quad (22)$$

Zərbə dalğası təzyiqlik impulsu:

$$i = 4 \frac{\sqrt[3]{C^2}}{R} \quad (23)$$

Yaranan maksimal təzyiqlik:

$$\Delta P = 0,03 \frac{\sqrt[3]{C}}{R} \quad (24)$$

Təzyiqlik zamanın asılı olaraq dəyişməsi:

$$\Delta P(t) = \Delta P_\varphi \left(1 - \frac{t}{\tau} \right)^n; 0 \leq t \leq \tau \quad (25)$$

Zərbə dalğasının getmə rejimi:

$$t = \frac{3H}{D_\varphi} \quad (26)$$

H – zərbə dalğasının getmə rejimi;

D – zərbə dalğasının sürəti.

$$D_\varphi = 340 \sqrt{1 + 8,3\Delta P_\varphi} \quad (27)$$

Nəticə

Düsturların analizi göstərir ki, izafi təzyiqlik və zərbə dalğası radiusdan və zamandan asılı olaraq dəyişir. Aydın olur ki, bu parametrlərə təsir edən ilkin faktorların atomun daxilində gedən proseslərin olmasıdır. Partlayışın daha optimal fiziki modelləşməsi bu parametrlərə təsir edən digər faktorların araşdırılmasıdır.

Maraqlar münaqişəsi

Müəlliflər bu məqalədə araşdırılması tələb olunan maraqlar münaqişəsinin olmadığını qeyd edirlər.

REFERENCES

1. Qasimov C.N., Abdullayeva N.Z. FH-ın təhlükəli amilləri. Dərs vəsaiti. Bakı, 2017. s. 389 (in Azerbaijani)
2. Qasimov C.N. FH-da iqtisadiyyat obyektlərinin işinin dayanıqlığı. Dərs vəsaiti. Bakı, 2015. s. 293. (in Azerbaijani)
3. Ocaqov H.O., Hacıyev A.İ. Sabitliyi pozan amillər və onların nəticələrinin xarakteristikası. Bakı, 2003, 189 s. (in Azerbaijani)
4. Ocaqov H.O. Fövqəladə halarda həyat fəaliyyətinin təhlükəsizliyi. Bakı, 2010. s. 397. (in Azerbaijani)
5. Qurbanova M.A., Əhmədov Ş.Ə. Yangınsöndürmə sahəsində tətbiq edilən müxtəlif köpük əmələgətirici maddələrin söndürmə xüsusiyyətlərinin təhlili // *Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri*, T.11, №3, 2019, s. 112-117 (in Azerbaijani)