

**ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ ԿՈՆՍՏՐՈՒԿՑԻԱՆԵՐ, ՇԵՆՔԵՐ,
ԿԱՌՈՒՅՑՆԵՐ ԵՎ ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ ՆՅՈՒԹԵՐ**

ՀՏԴ 531

Ո.Պ. ԲԱՐՍԱՄՅԱՆ, Ռ.Գ. ՄԵԼԻՔՍԵԹՅԱՆ

**ԿՈՄՊՈԶԻՏԱՅԻՆ ԿԵՐԱՄԻԿԱԿԱՆ ՆՅՈՒԹԵՐԻՑ ԵՐԿՇԵՐՏ
ԶՐԱՀԱՍԱԼԻԿՆԵՐԻՆ ՀԱՐՎԱԾԱՅԻՆ ԵՐԵՎՈՒՅԹԻ ՄՈԴԵԼԱՎՈՐՈՒՄԸ ԵՎ
ՀԱՇՎԱՐԿԸ
(Վանաձոր)**

Դիտարկվել են բարձր կարծրությամբ և արագությամբ հրազենային գնդակի միջուկի հարվածից կերամիկական նյութերի քայքայման մեխանիզմները: Յույց է տրված, որ գնդակի միջուկի հարվածի սկզբնական փուլում կերամիկայի քայքայումը կատարվում է “կերամիկամիջուկե անմիջական տեղային շփման ծավալում: Նկարագրվում է քայքայման հետագա զարգացման ընթացքը: Դիտարկվել է զրահասայի կառուցածևի ազդեցությունը կերամիկական շերտի գործառական բնութագրերի վրա: Յույց է տրվել երկշերտ զրահաբաճկոնի պաշտպանական հնարավորության արդյունավետությունը:

Առանցքային բաղեր. կերամիկական նյութեր, քայքայման մեխանիզմ, ֆիզիկա-մեխանիկական հատկություններ, ձգաբանական փորձարկում, կարծրություն, ամրություն:

Ներածություն: Դիտարկվում է բարձրամուր ու կարծր հրազենային գնդակի միջուկի ներթափանցումը կերամիկական սալիկներից զրահաշերտի մեջ: Կերամիկական նյութերն ունեն բարձր ամրություն և բավականին ցածր մածուցիկ քայքայման աստիճան, որը պայմանավորված է նրանց փխրուն հատկությամբ: Նրանց զրահապաշտպանական արդյունավետությունը բարձրացնելու համար անհրաժեշտ է բացահայտել կերամիկական նյութի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների կապը զրահաշերտի ձգաբանական հատկությունների հետ, ինչպես նաև պարզաբանել կերամիկական նյութի քայքայման մեխանիզմը գնդակի միջուկի հարվածի ազդեցության պայմաններում:

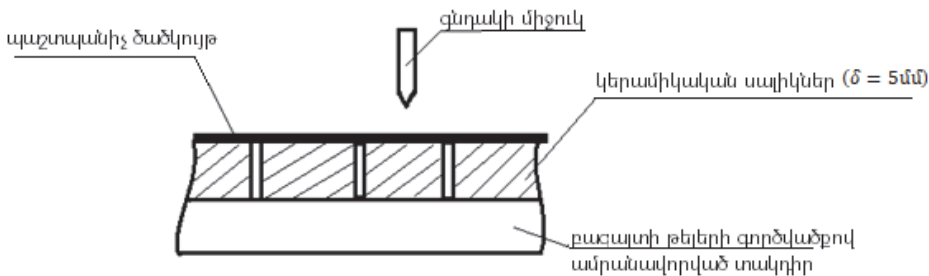
Ճկուն հիմքի վրա ամուր կերամիկական զրահաշերտը գերազանցում է պողպատին և այլ մետաղական համաձուլվածքներին:

Բարձր արագությամբ բեռնավորման դեպքում (օրինակ՝ հարված, պայթյուն), երբ այն գերազանցում է մետաղում տեղահանման (դիսլոկացիա) արագությունից, մետաղը կլինի նույնքան փխրուն, որքան կերամիկան: Բայց այս դեպքում կերամիկայի ամրությունը անհամեմատ բարձր է:

Բարձր արագությամբ հրազենային գնդակի միջուկի հարվածից պաշտպանությունը ներառում է նրա գլխամասի բթացումը և հպման տեղում կերամիկայի

մանրացումը: Երկու դեպքում էլ կարևոր են գրահի նյութի կարծրությունն ու առաձգականությունը:

Նյութեր և մեթոդներ: Կերամիկական նյութերի զանգվածային արտադրության համար ամենահեռանկարային և շահավետ նյութը համեմատաբար էժան ալյումինի օքսիդն է (Al_2O_3): Ըստ “Morgan M. Ltd (ԱՄՆ) ֆիրմայի տվյալների՝ ալյումինի օքսիդի 8մմ հաստությամբ թիթեղն արգելակում է 800մ/վ արագությամբ թռչող դիմահար գնդակին: Զրահասալը կազմված է 50մմx50մմx5մմ չափերով կերամիկական սալիկների շերտից և բազալտի թելերի գործվածքով ամրանավորված տակդիր (նկ.1):



Նկ. 1. Կերամիկական զրահասալի կառուցվածքը

Դիտարկենք զրահասալի դիմադրությունը նրա մեջ բարձրամուր, կարծր ու մեծ արագությամբ (>800 մ/վ) հրազենային գնդակի միջուկի ներթափանցման դեպքում: Պլաստիկ սեղմվող միջավայր թափանցող կարծր մարմնին դիմադրության ուժը որոշվում է հետևյալ բանաձևով [1].

$$F = F_1 + F_2 + F_3, \quad (1)$$

որտեղ F_1 - ը դիմադրության ուժն է՝ պայմանավորված միջավայրի իներցիոն հատկությամբ, և ուղիղ համեմատական է ներթափանցման արագության քառակուսուն, F_2 - ը՝ միջավայրի դիմադրության ուժը, որն ուղիղ համեմատական է ներթափանցման արագությանը, F_3 - ը՝ միջավայրի ստատիկական դիմադրության ուժը, որը որոշվում է միջավայրի ամրության հատկությունից և կախված է ներթափանցման արագությունից [1]:

F_1 դիմադրության ուժը կարելի է գնահատել հետևյալ վերլուծությամբ: Զրահասալի համար ընդունենք պարզեցված մոդել (նկ.2):



Նկ. 2. Զրահասալի պարզեցված մոդելը

Մոդելը ներկայացնում է բացարձակ պինդ մարմին, որն օժտված է զանգվածով և դեֆորմացվող տարրով, որը զուրկ է զանգվածից:

«A» հրազենային գնդակի միջուկը հարվածում է «B» զրահասալին, որոնք այս խնդրի սահմաններում դիտարկվում են որպես բացարձակ պինդ մարմիններ, իսկ հարվածը ընդունվում է ակնթարթային: Ակնթարթային հարվածի դեպքում արտաքին ուժերի իմպուլսը շատ փոքր է, և շարժման քանակը մնում է անփոփոխ [2].

$$m_A V_{A-} + m_B V_{B-} = m_A V_{A+} + m_B V_{B+}, \quad (2)$$

որտեղ V_{A-} - ն և V_{B-} - ն «A» և «B» մարմինների արագություններն են մինչև հարվածը, V_{A+} - ը և V_{B+} - ը՝ հարվածից հետո, m_A - ն և m_B - ն՝ համապատասխանաբար «A» և «B» մարմինների զանգվածները:

Քանի որ «B» զրահասալի արագությունը մինչ հարվածը զրո է ($V_{B-} = 0$), ապա (2)-ից կստանանք՝

$$V_{B+} = (V_{A-} - V_{A+}) \frac{m_A}{m_B} = \frac{K}{m_B}, \quad (3)$$

որտեղ $K = (V_{A-} - V_{A+})m_A$ մեծությունը կախված է հրազենային գնդակի միջուկի զանգվածից և արագության կորուստի չափից: Հարվածի հետևանքով զրահասալի ստացած կինետիկ էներգիան կորոշվի հետևյալ բանաձևով՝

$$T_{B+} = \frac{m_B V_{B+}^2}{2} = \frac{K^2}{2m_B}: \quad (4)$$

Զրահասալի ձեռք բերած կինետիկ էներգիան հակադարձ համեմատական է զանգվածին: Փոքր զանգվածով, հետևաբար՝ փոքր հաստությամբ զրահասալը հարվածի ժամանակ հարաբերականորեն ավելի մեծ կինետիկ էներգիա է ձեռք բերում, և զրահասալը քայքայող էներգիայի մեծությունը հարաբերականորեն ավելի փոքր կլինի: Մասնավորապես, նաև այս պատճառով առաջարկվում է ավելի փոքր հաստությամբ երկու զրահասալիկներ տեղադրել մարտաբաճկոնների մեջ:

Այս պարագայում հրազենային գնդակի միջուկը, առաջին զրահասալը խոցելուց հետո, ձևախախտվում է, սուր գագաթային մասը քայքայվում է և հնարավոր է բաժանվի առանձին բեկորների: Հրազենային գնդակի միջուկի և կերամիկական սալի քայքայման հետևանքով առաջացած բեկորների արագությունը, ինչպես նաև կինետիկ էներգիան սկզբնական արագությունից փոքր են, և հաջորդ զրահասալի խոցելիության հնարավորությունը դառնում է քիչ հավանական:

(1) բանաձևում դիմադրության F_2 բաղադրիչ մասը կախված է հարվածի ժամանակ կերամիկական նյութի մեջ ընթացող մի շարք պրոցեսներից (նյութի դեֆորմացիոն ամրացում, մածուցիկ հոսք, թուլացում ռելաքսացիայի հետևանքով):

F_2 և F_3 դիմադրության բաղադրիչները, որոնք որոշվում են նյութի ֆիզիկամեխանիկական հատկություններով, կարելի է միավորել մի գումարելիի մեջ՝ H_D :

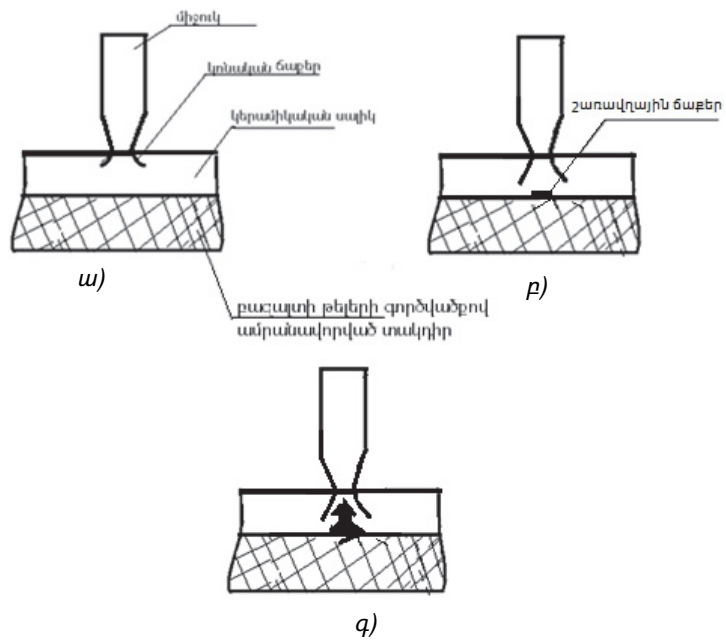
Նյութի իներցիայով և դիմադրությամբ պայմանավորված՝ բաղադրիչների միավորումը հանգում է Բերնուլի փոփոխված (մոդիֆիկացված) հավասարմանը [3].

$$P_M = K\rho V^2 + H_D, \quad (5)$$

որտեղ H_D - ն նյութի դինամիկական կարծրությունն է, (Պա), ρ - ն՝ խտությունը, (կգ/մ³), V - ն՝ հարվածի արագությունը, (մ/վ), K - ն՝ միջուկի գլխամասի ձևի գործակիցը:

(5) բանաձևի հիման վրա կարելի է եզրակացնել տվյալ կերամիկական նյութի օգտագործման հնարավորությունը գրահասալի մեջ: P_M - ը սովորաբար ավելի փոքր է ստացվում, քան կերամիկական նյութի կարծրությունը: Այդ իսկ պատճառով հրազենային գնդակի միջուկի մխրճումը գրահասալի մեջ հնարավոր չէ, մինչև տեղի չունենա կերամիկայի քայքայում հարվածի հետևանքով:

Դիտարկենք կերամիկական սալիկների քայքայման մեխանիզմը հրազենային գնդակի միջուկի հարվածից: Հարվածի սկզբնապահին միջուկի գագաթի մոտակայքում՝ կերամիկական սալի մակերևութային շերտում, գոյանում են կոնական ճաքեր, որոնք աճում են դեպի կերամիկայի խորքը: Միաժամանակ, սկսում է քայքայվել միջուկի գագաթային մասը: Միջուկի հակառակ ճակատը շարունակում է շարժվել նույն ուղղությամբ՝ արագության անկումով: Այդ պարագայում տեղի է ունենում միջուկի կինետիկ էներգիայի կորուստ՝ արագության անկման և գլխամասի զանգվածի կորստի հետևանքով: Այս ժամանակահատվածում միջուկը չի մխրճվում կերամիկայի մեջ, այլ շարունակում է արգելակվել: Կերամիկայում առաջանում են սեղմող հարվածային ալիքներ, որոնց արագությունը, ինչպես նաև դրանց հավասարաչափ ցրումը, կախված է կերամիկական նյութի առաձգականության մոդուլի և խտության հարաբերակցությունից (E/ρ), որը կերամիկայի դեպքում մի քանի անգամ մեծ է, քան գնդակի միջուկինը: Զրահասալի և տակդիրի բաժանարար մակերևութի երկու կողմի փոքր շերտում առաջանում են նաև մակերևութային ալիքներ, որոնց արագությունը ծավալային ալիքների համեմատ փոքր է: Նրա էներգիան կենտրոնացված է բաժանարար մակերևութի նեղ շերտում և դանդաղ է մարում: Համան տեղում ճաքերով սահմանափակված կոնական ծավալով սեղմող ուժը փոխանցվում է գրահասալիկի թիկունքային մասը: Տակդիրը ճկվելով հանգեցնում է բեռնաթափման ալիքի առաջացմանը: Կերամիկական սալիկի թիկունքային մասում առաջանում են ձգող լարումներ, որի հետևանքով՝ շառավղային ճաքեր, որոնք աճում են դեպի կոնական մակերևութով սահմանափակված ծավալը՝ քայքայելով այն (նկ.3):



Նկ. 3. Կերամիկական սալի քայքայման պրոցեսը.
 ա - կոնական ճաքերի առաջացում, բ - շառավղային ճաքերի առաջացում,
 գ - քայքայման ընթացքի զարգացում

Ձգող լարումներից հնարավոր է կերամիկայի և տակդիրի շերտավորում: Քայքայված կոնական մասով հնարավորություն է ընձեռվում, որ գնդակի միջուկի խոշոր բեկորները ներթափանցեն մանրացված կերամիկական շերտի միջով: Կերամիկական զրահասալը կարող է դիմակայել հրազենային գնդակների հարվածներին, եթե դրանք միմյանցից բաժանված են մի քանի մմ-ով: Այս պարագայում ևս կրկնակի զրահասալը ավելի արդյունավետ է:

Եզրակացություն: Հրազենային գնդակի միջուկի և կերամիկական սալերի փոխազդեցության մեխանիզմը շատ բարդ է և նկարագրել այն պարզ մոդելով՝ համատեղելով կերամիկական նյութերի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները և նրա ձգաբանական արդյունավետությունը, միարժեք և որոշակի կախվածությամբ ընդունելի չէ: Սակայն կարելի է առանձնացնել կերամիկական նյութերի որոշ ֆիզիկամեխանիկական հատկություններ, որոնց բարելավումը կհանգեցնի զրահապաշտպանական համակարգում դրանց արդյունավետության բարձրացմանը: Առաձգականության մոդուլի, ճաքակայունության և ձգման ամրության բարձրացումը, նկարագրված քայքայման մոդելից ելնելով, արդյունավետ կլինի: Խտության աճը կբարձրացնի դինամիկ առաձգականության սահմանը: Տակդիրի կոշտության աճով կփոքրանա կերամիկական սալի ճկվածքը, և հետևաբար՝ կմեծանա սալի թիկունքային մասում շառավղային ճաքերի առաջացման դիմա-

կայությունը: Այլումինի օքսիդի հետ խառնելով որոշ հարաբերակցությամբ սիլիցիումի կարբիդ (SiC)՝ կնվազի խառնուրդի տեսակարար կշիռը: Հետագա հետազոտությամբ կարելի է պարզել խառնուրդի օպտիմալ հարաբերակցությունը՝ ելնելով կերամիկայի քայքայման վրա ազդեցության գործընթացից: Ձգաբանական հետազոտություններով անհրաժեշտ է պարզել տակդիրի բազալտե թելերի գործվածքով ամրանավորման օպտիմալ տարրերակները և դրանց ազդեցությունը ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների վրա:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Согомонян А.Я.** Проникание твердых тел в сжимаемые сплошные среды. -М.: Изд-во МСУ, 1974. -300с.
2. **Пановко Я.Г.** Введение в теорию механического удара.-М.: Наука, 1977. -224с.
3. **Селиванов В.В.** Механика разрушения деформируемого тела. -Т.2. -М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1999. -420с.

Վ.Ս. ԲԱՐՏԱՄՅԱՆ, Ր.Գ. ՄԵԼԻԿՏԵՅԱՆ

РАСЧЕТ И МОДЕЛИРОВАНИЕ УДАРНОГО ЯВЛЕНИЯ НА ДВУСЛОЙНЫЕ БРОНЕПЛИТЫ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрены механизмы разрушения керамических материалов при ударе высокотвердым и высокоскоростным сердечником пули огнестрельного оружия. Показано, что на начальном этапе удара сердечника пули разрушение керамики происходит в локальном объеме непосредственного контакта “керамика-сердечник”. Описывается дальнейшее развитие процесса разрушения. Рассмотрено влияние конструктивного строения бронеплиты на практические характеристики керамического слоя. Показана эффективность защитной возможности двухслойного бронезиленета.

Ключевые слова: керамические материалы, механизм разрушения, физико-механические свойства, баллистическое испытание, твердость, прочность.

V.P. BARSAMYAN, R.G. MELIKSETYAN

MODELING AND CALCULATION OF THE IMPACT PHENOMENON ON TWO-LAYER BULLETPROOF VESTS MADE OF COMPOSITE CERAMIC MATERIALS

The mechanisms of destruction of ceramic materials at the impact of the core of a bullet of high hardness and speed are considered. It is shown that at the initial stage of the impact of the ball core the ceramics are destroyed in the immediate local contact volume of the “ceramic core”. The course of the further development of the decay is described. The influence of the armor structure on the functional characteristics of the ceramic layer is observed. The effectiveness of the protective capabilities of a two-layer body armor is shown.

Keywords: ceramic materials, decomposition mechanism, physical and mechanical properties, ballistic testing, hardness, durability.