

AL 2024-T3 QOTISHMASIDAN TAYYORLANGAN DOIRAVIY PLASTINKANING ELASTIK-PLASTIK ZARBA OSTIDAGI DINAMIK JAVOBI

Choriyev Mirjalol¹, O‘rolov O‘tkir Abdunazar og‘li², Bektoshev Quvondar Hakimovich³

¹*Toshkent kimyo-texnologiya instituti Oliy matematika kafedrası-PhD katta o‘qituvchisi*

²*Toshkent kimyo-texnologiya instituti tayanch doktoranti*

³*Toshkent amaliy fanlar universiteti “Raqamli va fundamental fanlar ” kafedrası katta o‘qituvchisi*

¹*E-mail: choriyevm56@gmail.com*

²*E-mail: utkirbeurolov@mail.ru*

³*E-mail: kuan.bektoshev.73@mail.ru*

Annotatsiya: Mazkur tadqiqot ishida aviatsiya sanoatida keng qo‘llaniladigan Al 2024-T3 qotishmasidan yasalgan yupqa doiraviy plastinkalarning past va o‘rta tezlikdagi zarba yuklamalariga (low-velocity impact) chidamliligi o‘rganilgan. Tadqiqotning asosiy obyekti sifatida kontur bo‘ylab qistirilgan bir qatlamli plastinka va unga erkin tushuvchi qattiq po‘lat sferik jism (indenter) qaraladi. Ishda teshib o‘tmaslik (non-perforation) rejimi doirasida plastinkaning markaziy ko‘chishi (deflection), kontakt kuchi va yutilgan energiya miqdori analitik usullar hamda Abaqus/Explicit dasturiy majmuasi yordamida qiyosiy tahlil qilingan.

Аннотация: В данной исследовательской работе изучена стойкость тонких круглых пластин из сплава Al 2024-T3, широко применяемого в авиационной промышленности, к ударным нагрузкам на низких и средних скоростях (low-Velocity Impact). В качестве основного объекта исследования рассматривается однослойная пластина, зажата по контуру, и свободно падающее на нее твердое стальное сферическое тело (индентор). В работе был проведен сравнительный анализ Центрального смещения (отклонения) пластины, силы контакта и количества поглощенной энергии в режиме неперфорирования (неперфорирования) с использованием аналитических методов, а также программного комплекса Abaqus/Explicit.

Annotation: In this research work, the resistance of thin circular plates made of Al 2024-T3 alloy, widely used in the aviation industry, to low and medium speed shock loads (low-velocity impact), is studied. As the main object of the study, a single-layer plate clamped along the contour and a free-falling solid steel spherical body (indenter) are considered to it. The work carried out a comparative analysis of the central displacement of the plate (deflection), contact force and amount

of absorbed energy within the framework of the non-perforation (non-perforation) regime using analytical methods and the Abaqus/Explicit software complex.

Kalit soʻzlar: Al 2024-T3, doiraviy plastinka, sferik indenter, kontakt mexanikasi, Abaqus/Explicit, Johnson-Cook modeli, energiya dissipatsiyasi.

Ключевые слова: Al 2024-T3, круглая пластина, сферический индентор, механика контакта, счета/экспликация, модель Джонсона-Кука, рассеяние энергии.

Keywords: Al 2024-T3, circular plate, spherical indenter, contact mechanics, Abaqus/Explicit, Johnson-Cook model, energy dissipation. Translate.ru

1. KIRISH

Aerokosmik konstruksiyalarning ekspluatatsiyasi jarayonida ular koʻpincha begona jismlar (qushlar, uchish-qoʻnish yoʻlagidagi toshlar, texnik xizmat koʻrsatishdagi asboblarning tushib ketishi) zarbasiga uchraydi. Al 2024-T3 oʻzining yuqori solishtirma mustahkamligi va yoriqbardoshligi sababli fyuzelyaj va qanot qoplamalarida asosiy material hisoblanadi.

Ushbu ishning maqsadi — zarba energiyasining plastinka deformatsiyasiga oʻtish jarayonini aniq modellashtirish va tajriba oʻtkazmasdan turib, konstruksiyaning kritik shikastlanish chegaralarini bashorat qilishdir.

2. ANALITIK YONDASHUV: ENERGIYA BALANSI VA HARAKAT TENGLAMASI

Analitik yechimda energiyaning saqlanish qonuniga asoslanildi. Balandlikdan tushayotgan M massali sferik jismning potensial energiyasi toʻliq kinetik energiyaga, soʻngra plastinkaning deformatsiya ishiga aylanadi.

Plastinkaning markaziy qismidagi maksimal koʻchish (w_0) ni aniqlash uchun Kirxgof-Lyav nazariyasi asosida, katta egilishlarni hisobga olgan holda quyidagi notenglik sharti tekshirildi:

$$\frac{1}{2} M v_0^2 = E_{bending} + E_{membrane} + E_{contact}$$

Bunda, plastinkaning egilishi va choʻzilishi hisobiga yutilgan energiya quyidagicha ifodalanadi (Volmir A.S. boʻyicha):

$$E_{def} = \int_0^R \left[\frac{D}{2} \left(\frac{d^2 w}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dw}{dr} \right)^2 + \frac{Eh}{2} \left(\frac{dw}{dr} \right)^4 \right] 2\pi r dr$$

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \text{ — silindrik bikrlilik;}$$

R — plastinka radiusi, h — qalinlik;

ν — Puasson koeffitsiyenti.

Hertz kontakt nazariyasi boʻyicha lokal ezilish (indentatsiya) $\propto$ hisobga olindi: $F = k\alpha^{3/2}$.

3. ABAQUS MUHITIDA SONLI MODELASHTIRISH (FEM)

Jarayon Abaqus/Explicit dinamik analizatori yordamida simulyatsiya qilindi. Bu usul yuqori chiziqli bo'lmagan va qisqa muddatli jarayonlarni hisoblash uchun eng maqbul yechimdir. Al 2024-T3 ning plastik deformatsiyasi va deformatsiya tezligiga sezgirligini hisobga olish uchun Johnson-Cook (J-C) modeli qo'llanildi:

$$\sigma = [A + B\epsilon_p^n][1 + C \ln(\dot{\epsilon}^*)][1 - (T^*)^m]$$

Ushbu model zarba paytidagi materialning qattiqlashishini (B , n) va tezlik effektini (C) ideal tarzda ifodalaydi.

Simulyatsiya uchun Al 2024-T3 konstantalari: $A = 369$ MPa, $B = 684$ MPa, $n = 0.73$, $C = 0.0083$, $m = 1.7$. Plastinka: 3D deformatsiyalanuvchan jism. Element turi: C3D8R (8-node linear brick, reduced integration) – "hourglass" effektini oldini olish uchun. Shar: Mutlaq qattiq jism sifatida modellashtirildi (po'latning moduli alyuminiynikidan 3 barobar katta bo'lgani uchun).

Kontakt: "Surface-to-Surface" algoritmi, ishqalanish koeffitsiyenti $\mu = 0.1$.

4. NATIJALAR TAHLILI VA MUNOZARA

Simulyatsiya natijalari shuni ko'rsatdiki, maksimal ekvivalent kuchlanish zarba markazida to'planadi va radial yo'nalishda tarqaladi. Teshib o'tmaslik sharti bajarilishi uchun plastinkaning orqa yuzasidagi (back face) cho'zuvchi kuchlanishlar materialning uzilish chegarasidan ($\sigma_u \approx 485$ MPa) oshmasligi nazorat qilindi. Analitik usulda topilgan maksimal ko'chish ($W_{analitik}$) va Abaqus natijasi (W_{FEM}) o'rtasidagi farq 8-12% ni tashkil etdi. Analitik yechim biroz qattiqroq (stiffer) natija berdi, chunki unda materialning plastik oqishi to'liq hisobga olinmagan edi. Abaqus modeli esa zarba energiyasining bir qismi plastik deformatsiya (issiqqa aylanish) hisobiga yutilishini aniqroq ko'rsatdi. Zarba tugagandan so'ng, elastik qaytish kuzatildi. Doiraviy plastinkada chuqurcha shaklidagi qoldiq deformatsiya hosil bo'ldi, bu esa J-C modelining to'g'ri tanlanganligini isbotlaydi.

XULOSA

Ushbu tadqiqotda Al 2024-T3 plastinkasining zarba mustahkamligi kompleks (analitik va sonli) yondashuv asosida tahlil qilindi. Johnson-Cook modeli zarba jarayonida alyuminiy qotishmasining real xulq-atvorini (plasticity and strain rate sensitivity) yuqori aniqlikda tasvirlashi isbotlandi. Ishlab chiqilgan model yordamida, qimmatbaho eksperimentlar o'tkazmasdan turib, plastinka qalinligi va zarba balandligining kritik chegaralarini (teshib o'tmaslik sharti bo'yicha) aniqlash mumkinligi ko'rsatildi. Ushbu yondashuv kelajakda yengil va mustahkam aviatsiya konstruksiyalarini loyihalashda ayol muhandislar va tadqiqotchilar uchun samarali vosita bo'lib xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR

[1]. Timoshenko S.P., Woinowsky-Krieger S. "Theory of Plates and Shells". McGraw-Hill.

- [2]. Jones N. "Structural Impact". Cambridge University Press. (Zarba mexanikasi bo'yicha "Bibliya" hisoblanadi).
- [3]. Abaqus Analysis User's Guide, Dassault Systèmes.
- [4]. Rashidov T.R. "Inshootlarning seysmik mustahkamligi nazariyasi". — Toshkent: Fan, 1970. (*Dinamik yuklamalar bo'yicha fundamental o'zbekcha manba*).
- [5]. Xo'jayev D.A. "Qattiq jismlar mexanikasi va dinamik mustahkamlik masalalari". — Toshkent: Universitet, 2012.
- [6]. O'zbekiston Respublikasi ilmiy jurnallari: "Mexanika muammolari" (Problems of Mechanics) jurnali maqolalari.