

A BÁNYAGÉPEK SZERKEZETI ELEMINEK ÉS AZOK MŰKÖDÉSI FOLYAMATAINAK MODELLEZÉSE ÉS SZIMULÁCIÓJA

MODELLING AND SIMULATION OF THE STRUCTURAL ELEMENTS AND THE OPERATING PROCESSES OF MINING MACHINES

András Endre

Petrozsényi Egyetem, Gépész- és Villamosmérnöki Kar, Gépész, Ipari és Szállításmérnöki Tanszék, Petrozsény, Románia, andrei.andras@gmail.com

Abstract

The paper deals with theoretical bases of the implementation in mining equipment design of up-to-date methods using modelling and simulation, supported by examples of personal research. This has become necessary due to the structural complexity of this equipment, and the variety and aggressiveness of their operating environment. The presented examples refer to different kinds of the equipment used in the mechanical extraction of mineral raw materials, from overall system to working part or tool.

Keywords: *mining equipment, modelling, simulation, design.*

Összefoglalás

Jelen tanulmány a bányászatban alkalmazott gépek és berendezések tervezésében alkalmazható, modellezésen és szimuláción alapuló korszerű módszerek illesztésének elméleti alapjaival foglalkozik; ezeket személyes kutatásomból vett példákkal támasztom alá. Ez a megközelítés szükségessé vált, a tárgyalt berendezés szerkezeti összetettsége, működési környezetük változatossága és agresszivitása miatt. A bemutatott példák az ásványi nyersanyagok mechanikai kitermeléséhez használt berendezések különböző típusaira vonatkoznak, az általános rendszertől a végrehajtó elemig vagy a munkaeszközig.

Kulcsszavak: *bányagépek, modellezés, szimuláció, tervezés.*

1. Bevezetés

Jól ismert tény, hogy a bányászatban használt gépek és berendezések szerkezeti összetettsége, működési környezetük változatossága és agresszivitása késedelmet okozott a technológiai fejlődésben, amelyet a modern tudomány eredményei ösztönöztek.

Figyelembe véve a modellezésre és szimulációra szakosodott műszaki szoftverek folyamatos fejlesztését, az ilyen gépek és berendezések mechanikai rendszereinek integrált megközelítésére is széles választék áll rendelkezésre.

Az ásványi nyersanyagok kitermelése, bár egyszerű alpműveletekre épül, célspecifikus gépet és berendezéseket igényel. Mind a mélymű-

veléses, mind a külszíni műveléses albányászati technológia három alapvető műveletből áll – jövesztés-rakodás/eltávolítás –: üregbiztosítás vagy rézsústabilizálás.

A bányagépek ezeknek az alapvető műveleteknek a gépesítését végzik el. Annak érdekében, hogy képet kapjunk a nagy változatosságról, összetettségéről, méretről, súlyról és kifinomultságról, az alábbiakban néhány példát mutatunk be a tipikus, korszerű bányászati berendezésekből, a mélyműveléses vagy külszíni műveléses bányászat különböző műveleteire.

Az **1. ábra** a külszíni műveléses szénbányászat fő berendezését, a marótárcsás kotrógépet mutatja be.



1. ábra. Külszíni műveléses bányákban alkalmazott marótárcsás kotrógép



2. ábra. Hengeres fejtógép



3. ábra. Folyamatos fejtő



4. ábra. Biztosítópajzs

A **2. ábrán** a hengeres fejtógép látható, amelyet a mélyműveléses bányászatban a szén jövesztésére használnak, széles homlokú technológia alkalmazásával. A **3. ábra** a continuous minert mutatja be. Ezt a mélyműveléses bányászatban szintén a szén jövesztésére használják, kamrapillér-módszer alkalmazása mellett. A **4. ábrán** a biztosítópajzs látszik, amelyet a széles homlokú fejtések fedő-alátámasztására használnak.

A mélyműveléses bányászatban az ásványi készlet elérése érdekében néhány vágat (alagút, tárna) elővására az **5. ábrán** bemutatott vágathajtógépet használják, a folyamatos előhajtási technológia keretében, illetve a **6. ábrán** mutatott fúrókocsit, amelyet a fúrási-robbantási technológiában használnak.

A példák alapján a bányászatban alkalmazott gépek és berendezések bizonyos sajátosságait észrevehetjük, mivel a gépesítés követi a technológiai folyamatot, és illeszkedik hozzá, mint például:

- a teljesítmény növelése méret- és súlynövekedést igényel;
- a mozgó munkahely a gép mobilitását a fontos jellemzők közé helyezi;
- minden művelethez külön végrehajtási eszközre van szükség;
- kompromisszumot kell kötni a specializáció és az egyetemesség között.



5. ábra. Vágathajtógép



6. ábra. Fúrókocsi

2. A marótárcsás kotrógépek teherhordó szerkezetének modellezése

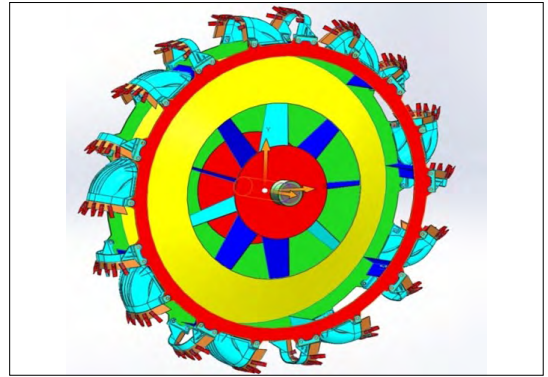
Az alábbiakban a marótárcsás kotrógépek (BWE) teherhordó szerkezetének modellezését és az ennek alapján végzett szimuláció alkalmazását mutatjuk be.

A 7. ábrán látható a teherhordó szerkezet, nevezetesen a gém, amelyre a fő végrehajtó szerv, a marótárcsa illeszkedik. A gém függőleges és vízszintes mozgása valósítja meg a tárcsa előírt kinematikáját. A modellezésre és szimulációra szakosodott műszaki szoftver lehetővé teszi a mechanikai jelenségek tanulmányozását és elemzését.

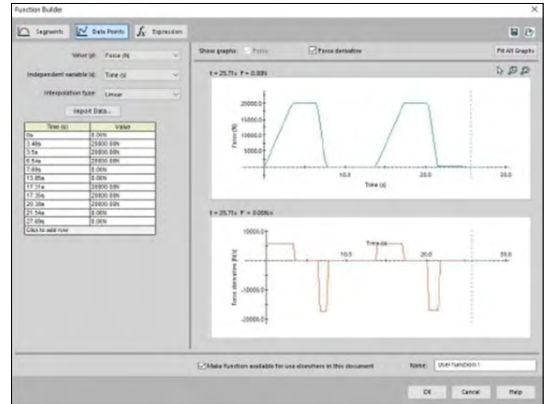
A marótárcsa modelljét a SOLIDWORKS szoftvercsomag segítségével készítettem el (8. ábra).

A kidolgozott modell alapján (9. ábra), és ismerve a forgácsoló- és emelőerők időbeli változásának törvényeit, létrehoztuk a két erő változásának függvényeit, amelyek a 10. ábrán láthatók.

Az eredményül kapott terhelésekkel a további szimulációkban a gémszerkezetet (11. ábra) gerjesztettük (12. ábra) Egyik vizsgálatunk a gémszerkezet rezgéseire irányult. Az eredmények egy részét a 13. és 14. ábrákon szemléltettük. A szimulációk eredményei megegyeznek a mérési eredményekkel.



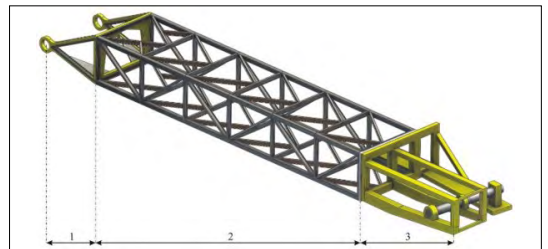
9. ábra. A marótárcsa részletes modellje



10. ábra. A vágási és rakodási erők időbeli változásának generálása a modellen



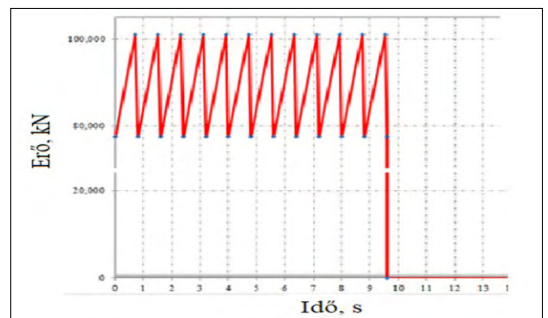
7. ábra. A marótárcsás kotrógépek teherhordó szerkezete



11. ábra. A gém részletes modellje



8. ábra. A marótárcsa



12. ábra. Eredőerő-változás egy vágás során

Mind az elvégzett frekvenciaválaszfüggvény-elemzés, (13. ábra) ahol a Rayleigh csillapítási együtthatót vettük figyelembe, mind a módális elemzés (14. ábra), amelyben globális csillapítási együtthatót alkalmaztunk, azt mutatta, hogy a maximális elhajlás a 2,07 Hz-es frekvenciának felel meg, Mivel a gerjesztő frekvencia 1,25 Hz, nem állhat elő a rezonancia. [1, 2].

3. A marótárcsás kotrógépek erő- és energiaigényének modellezése

A kidolgozott kotrógép modellje alapján új módszert fejlesztettünk ki a marótárcsás kotrógép erő- és energiaszükségletének kiszámítására. [3]

A bemutatott módszerben a CAD szoftver határozza meg a gép egy lengetése során kifejtett közet mennyiségét (15. ábra) Az ismert fajlagos energiaigény ismeretében kiszámítottuk a jövesztésfolyamat várható energia- és teljesítményparamétereit.

Az eredmények eltérése a hagyományos módszerrel kiszámított értékektől elfogadható.

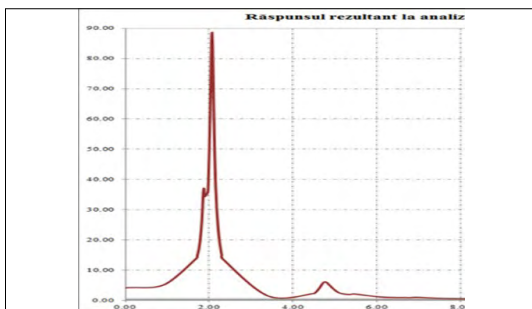
Mivel a javasolt módszer numerikus számításokon alapul, általános, és ezért bármely kotrógépre alkalmazható, a helyzetnek megfelelő közet- és munkahely-paraméterek mellett.

4. A marótárcsás kotrógépek munkaeszközének optimalizálása

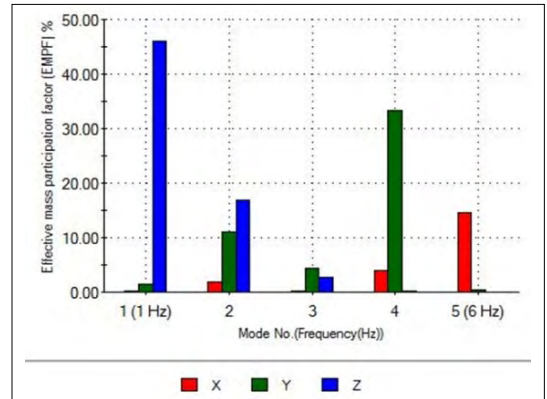
A modellezés előnyei a marótárcsás kotrógép munkaeszközének számító bontófog méretének és alakjának optimalizálásában is kiemelkednek. [4]

Így, a bontófogra ható erők ismeretében, numerikus modellezéssel végeelem- és peremelem-módszer használatával megállapítottuk annak optimális alakját és méreteit, szilárdsági és energiagazdálkodási szempontok figyelembevételével.

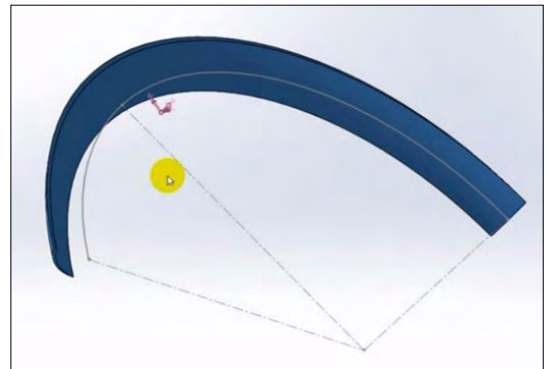
Az eredmények a 16. és 17. ábrákban vannak bemutatva.



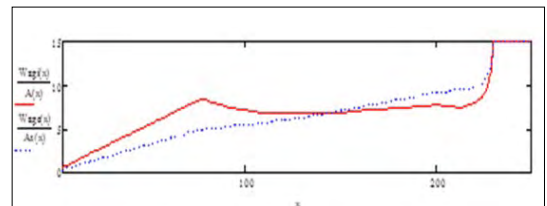
13. ábra. Frekvenciaválasz spektruma



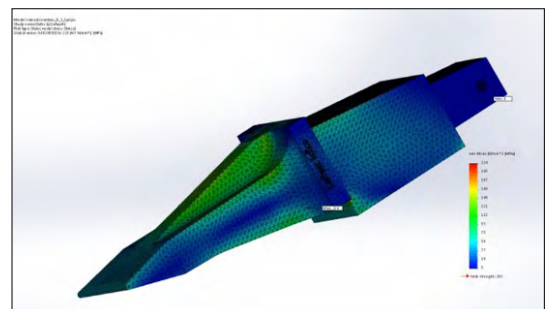
14. ábra. Frekvenciaválasz-diagram



15. ábra. A gép lengetése során kifejtett közet mennyisége



16. ábra. A bontófog hosszanti keresztmetszetének analitikus modellezéssel kapott optimális alakja



17. ábra. Bontófog végeelem-módszerrel való optimalizálása

5. Következtetések

A modellező szoftverek közelmúltbeli fejlődése és alkalmazása megoldások széles skáláját kínálja a bányászatban alkalmazott gépek és berendezések mechanikai rendszereinek tervezéséhez, a modellezéshez és szimulációs úton történő kipróbálásához.

A SOLIDWORKS szoftvercsomag segítségével kifejlesztett marótárcsás kotrógép gémmarótárcsarendszer-modelljének alapján különböző szintű szimulációkat végeztünk.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Popescu F. D., Radu S. M., Andras A., Brinas I.: *The Modal Analysis, Using Simulation And Modelling, of The Boom of The Erc-1400 Bucket-Wheel Excavator During Operation*. Acta Technica Napocensis Series-Applied Mathematics Mechanics And Engineering, 63/4. (2020) 353–362.
- [2] Popescu F. D., Radu S. M., Kotwica K., Andraş A., Brinas I., Dinescu S.: *Vibration Analysis of a Bucket Wheel Excavator Boom Using Rayleigh's Damping Model*. New Trends in Production Engineering, 2/1. (2019) 233–241.
<https://doi.org/10.2478/ntpe-2019-0024>
- [3] Brinas I., Andras A., Radu S. M., Popescu F. D., Andras I., Marc B. I., Cioclu A. R.: *Determination of the Bucket Wheel Drive Power by Computer Modeling Based on Specific Energy Consumption and Cutting Geometry*. Energies, 14/13. 2021.
<https://doi.org/10.3390/en14133892>
- [4] Andraş A., Andraş I., Tomuş O.B.: *Optimization of Geometric and Strength Parameters of Teeth for Bucket Wheel Excavator in View to Increasing the Cutting Efficiency*. 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2017. 607–612.
<https://doi.org/10.5593/sgem2017/13/S03.077>