



A KÖZETJÖVESZTÉS ENERGIAIGÉNY-CSÖKKENTÉSÉVEL KAPCSOLATOS KUTATÁSOK EREDMÉNYEI

RESULTS OF RESEARCH RELATED TO REDUCING ENERGY CONSUMPTION IN THE ROCK WINNING PROCESS

András József,¹ Kovács József²

¹ Petrozsényi Egyetem, Gépész- és Villamosmérnöki Kar, Gépész, Ipari és Szállításmérnöki Tanszék.
Petrozsény, Románia, iosif.andras@gmail.com

² Petrozsényi Egyetem, Gépész- és Villamosmérnöki Kar, Gépész-, Ipari és Szállításmérnöki Tanszék.
Petrozsény, Románia, kovacsi@gmail.com

Abstract

Energy consumption is the main parameter describing the efficiency of the rock winning process in mechanical excavation. Because the rock winning process is a very complex one, the strength properties of rocks prescribed by classical rock mechanics is not sufficient: Knowledge of cutting forces values, and of the shape and volume of removed chips - based on tool geometry and cutting head kinematics - has significant importance in the optimal design of winning machines, and in improving their operating parameters. The paper deals with some results in research performed at the University of Petrosani on these issues, both in theoretical findings and experimental assays in laboratory and on site.

Keywords: rock cutting, energy, mechanical excavation, mining machinery.

Összefoglalás

Az energiaigény a fő paraméter, amely leírja a kőzetjövészti folyamat hatékonyságát a mechanikai kitermelésben. Mivelhogy a kőzetnyerési folyamat nagyon komplex, csak a klasszikus kőzetmechanika által előírt kőzetszilárdsági tulajdonságok ismerete nem elegendő, a forgácsolóerők értékeinek, az eltávolított forgácsok alakjának és mennyiségének ismerete a szerszám-geometria és a jövészti eszköz kinematikája alapján, jelentős súllyal bír a kitermelő gépek optimális kialakításában és működési paramétereik javításában. A tanulmány a Petrozsényi Egyetemen végzett kutatások néhány eredményével foglalkozik, mind elméleti kibontásban, mind laboratóriumi és helyszíni kísérleti vizsgálatokban.

Kulcsszavak: kőzetjövészti, energiaigény, gépi kitermelés, bányagépek.

1. Bevezetés

A különböző kőzetek vagy hasznos ásványok kotrógéppel (1. ábra), jövészti-rakodó géppel (2. ábra), vágathajtógéppel (3. ábra) stb. történő jövészti jellemzőinek megállapítása egy fontos feladat, amely a kőzetforgácsolás jelenségének megismeréséhez, a jövészti szerszám geometriai és technológiai paramétereinek, a forgács paramétereinek és a jövészti jellemzőinek törvényszerű összefüggéseinek meghatározásához vezet.

A paraméterek közötti kölcsönhatás törvényszerűségeinek ismeretében a gyakorlatban olyan



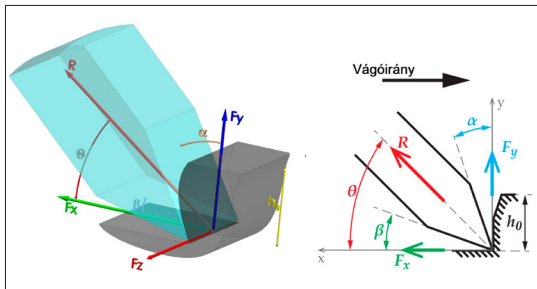
1. ábra. Marótárcsás kotrógép



2. ábra. Maróhengeres fejtőgép



3. ábra. Vágathajtó gép



4. ábra. A munkaeszköz (jövésztkés, bontófog, vágó-él) geometriai jellemzői (α – homlokszög, β – hátszög, θ – vágószög, h_0 – fogásmélység) és arra ható erők (F_x – vágóerő F_y – rányomóerő)



5. ábra. Különböző alkutú, forgó marófejegység-típusok

kőzetjövésztkési gépeket és technológiát lehet kialakítani, amelyek minimális fajlagos energiafogyasztást igényelnek, igénybe véve a jövésztkógép maximális jövésztkési teljesítményét, konkrét adott esetekben.

A mechanikus jövésztkés a kőzetnek a természetes állapotú összetételből való lebontásában áll.

A forgácsok leválasztása a kőzetből valamely éles, megfelelő geometriájú (4. ábra) és szilárdságú munkaeszköz segítségével történik.

A munkaeszközök egy megfelelő elhelyezési rendszer szerint vannak elhelyezve, egy forgó marófejegységre (5. ábra), így a gép a teljes kőzettömeg lebontását végezheti, a marófej térbeli kinematikájának következtében.

A szén, a kőszó vagy más hasznos ásvány és kőzet esetében nem elegendő ezeknek a különböző hagyományos kőzetmechanikai (nyomó, húzó, nyíró stb.) szilárdságát meghatározni, hisz a jövésztkés egy igen bonyolult folyamat, amely számos tényező hatásától függ.

Ennek jellemzői közé tartoznak: a munkaeszközre (jövésztkés, bontófog, vágóél) ható erők (4. ábra), a fajlagos vágóerő, a fajlagos energiaigény, a szükséges meghajtási teljesítmény stb.

A jövésztkési erők, amelyek a forgácsolóeszközre (bontófog vagy jövésztkés) hatnak, főként a vágóerő és a rányomóerő (4. ábra), azok az alapvető paraméterek, amelyeket a vágófej nyomatékának, a motorteljesítménynek és a kőzetjövésztkési hatékonyságnak a kiszámításához használnak.

Másrészt a fajlagos energiát általában a kőzet forgácsolási képességének, jövésztkhetőségének értékelésére használják, és ez az egyik legjelentősebb paraméter, amelyet mind a teljesítményértékeléshez, mind a jövésztkési rendszerek hatékonyságának értékeléséhez használnak.

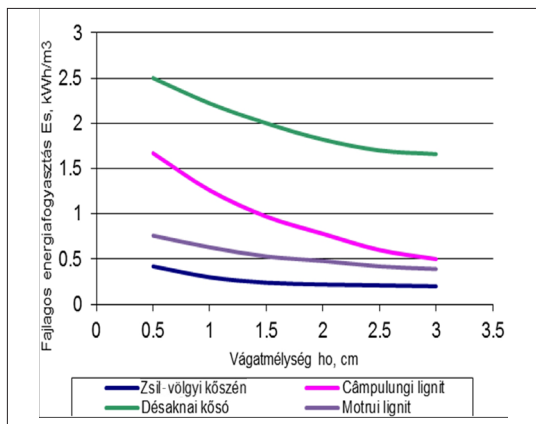
2. Különböfele kőzetek jövésztkésienergia-igény-vizsgálata

Az 6. ábrán a fajlagos energiafogyasztás görbéi láthatók, a már említett anyagok esetében, a vágatmélység függvényében, amelyeket labormérések eredményei alapján ábrázoltunk.

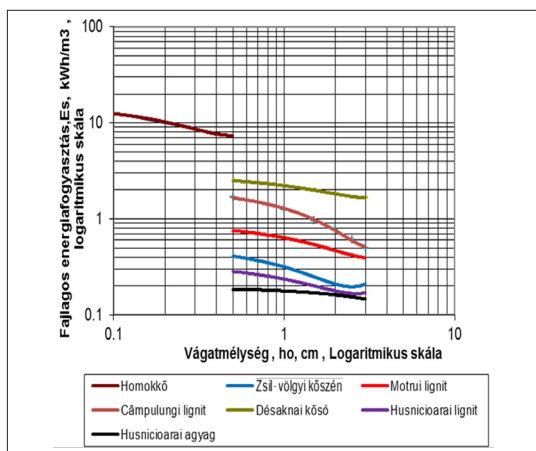
Ezek a görbék hiperbolaszzerűek, alkatukban hasonlítanak egymáshoz, de értékeikben lényegesen különböznek.

Észlelhető, hogy a kőszó esetében 1,5...2,5 kWh/m³ a fajlagos energiafogyasztás, a legkeményebb hazai lignit esetében 0,5...1,5 kWh/m³, viszont a kőszén esetében csak 0,25...0,5 kWh/m³.

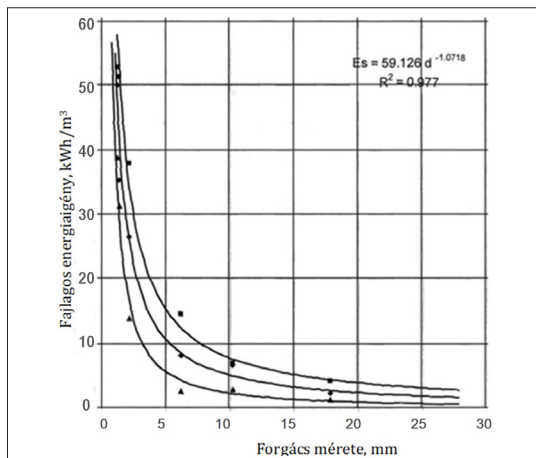
Mivel, hogy az elemzett kőzetek közötti különbség nem olyan nagy, ami a forgácsolási tényező-



6. ábra. A fajlagos energiafogyasztás görbéi a fogásmélység függvényében



7. ábra. A fajlagos energiafogyasztás görbéi a vágatmélység függvényében



8. ábra. A fajlagos energiafogyasztás a leválasztott forgácsméret függvényében

ket illeti, példaként ezeknél keményebb, illetve lágyabb anyagokat is figyelembe vettünk az összehasonlításnál.

Az előző keretet agyaggal, lágyabb Duna melléki lignittel és homokkővel bővítettük ki. Mivel a különbségek már nagyobbak, kénytelenek voltunk a logaritmikus skálát alkalmazni, amint ez a 7. ábrán is észrevehető.

Az 7. ábrán látható görbék alapján a fajlagos energiafogyasztást hasonlítottuk össze az előzően már felsorolt anyagokra vonatkozóan.

Itt is kitűnik a sorrend az agyagtól a homokkőig, a kettő között lévén a kőszén görbéje, illetve a szénfélések görbéi.

Ha elvégezzük az összehasonlítást, a fajlagos energiaigény szempontjából, akkor észrevehető, hogy a homokkő 7...13 kWh/m³, a kőszén 1.8...2,6 kWh/m³, a kemény lignit 0,5...1,8 kWh/m³, a kőszén 0,25...0,5 kWh/m³, míg az agyag csak 0,18...0,2 kWh/m³ fajlagos energiaigénnyel rendelkezik.

Ugyaninnen következik, hogy a désaknai só gépesített jövesztéséhez 4-5-ször kevesebb energia szükséges, mint a homokkő esetében, amely ipari szinten vágással nem jövesztethető, de 1,5–7-szer több a szénfélésekhez- és 10–13-szor több az agyaghoz viszonyítva.

A jövesztési folyamatot leíró egyik fő paraméter a fajlagos energiaigény, amely a jövesztési folyamat energiaigényességének mérőszáma.

A [3] dolgozat szerzője több mint 11 000 darab kőzetjövesztési kísérlet folytán robbantással és jövesztőgépekkel (vágathajtó gépek, alagútfúró gépek, hengeres fejtőgépek, fúróberendezések stb.) a fajlagos energiafogyasztás és a leválasztott részecskeméret függését állapította meg.

A mért vagy kiszámított E_s fajlagos energiafogyasztás a d leválasztott anyag átlagos dimenziója függvényében, a kísérleti pontfelhő két görbéje közötti sávon belül van elhelyezve, amely görbék megközelítik az egyenlő oldalú hiperbolát (8. ábra), amelyben az $E_s = f(d)$ függvényt ábrázoltuk.

Ennek leíró, regresszív egyenlete:

$$E_s = 59,126 d^{-1,0718} \text{ kWh/t} \quad (1)$$

Mint látható, az exponens $-1,0718$, amely egy kvázi egyenlő oldalú hiperbolát jellemez.

Másrészt azt eredményezi, hogy a fajlagos energiafogyasztás szorzata az előállított részecskék (forgácsok) méretével állandó, függetlenül az alkalmazott eljárástól, azaz:

$$E_s \cdot d \approx \text{konstans} \quad (2)$$

Előző [1] és [2] dolgozatainkban bebizonyítottuk, hogy ez az invariáns a fajlagos vágóerőnek felel meg.

Így a két lényeges paraméterek közötti – a fajlagos energiafogyasztás és a fajlagos vágóerő – összefüggést meg lehet határozni, és ebből kiindulva ki lehet számítani a fajlagos energiaigényt a fajlagos vágóerőre alapozva, amelyet kísérleti eszközökkel meg lehet állapítani.

3. Következtetések

Az energiaigény a fő paraméter, amely leírja a kőzetjövésztési folyamat hatékonyságát a mechanikai kitermelésben.

Annak ismerete és azt befolyásoló paraméterek számontartása a kitermelőgépek optimális kialakításában és működési paramétereik javításában fontos szerepet játszik.

Kirajoltuk a kőszén, kétféle lignit és a kősző fajlagosenergiafogyasztás-görbéit a vágatmélység függvényében, amelyek értékeit labormérések eredményei alapján állapítottuk meg.

Ugyanazt az elemzést végeztük el keményebb és lágyabb kőzetek esetében is, és mivel a különbségek már nagyobbak, kénytelenek voltunk a logaritmikus skálát alkalmazni az összehasonlítás céljából.

Bebizonyítottuk, a kísérleti eredmények feldolgozása alapján, hogy a fajlagos energiafogyasztás szorzata az előállított részecskék (forgácsok)

méretével állandó, függetlenül az alkalmazott eljárástól, és ez az invariáns a fajlagos vágóerőnek felel meg.

Így a két lényeges paraméter közötti összefüggésből kiindulva ki lehet számítani a fajlagos energiaigényt a fajlagos vágóerőre alapozva, amelyet kísérleti eszközökkel meg lehet állapítani.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] I. Andras, M. Lazar, A. Andras: *The Correlation between Physical-Mechanical Properties and the Cutting Characteristics in the Case of Unminable Rock Formations From Husnicioara Lignite Open Pit*. 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017, Sofia, 869–876. <https://doi.org/10.5593/sgem2017/13/S03.110>
- [2] M. S. Nan, I. Kovacs, I. Andras, D. Julia: *Study of the Working Regime of the Bucket Wheel Excavators in the Conditions of Romanian Open Pit Lignite Mines*. 8th WSEAS International Conference on Simulation, Modelling and Optimization (SMO'08), Santander, Cantabria, Spain, September 23-25, 2008. 83–88. https://www.researchgate.net/publication/262329172_Study_of_the_working_regime_of_the_bucket_wheel_excavators_in_the_conditions_of_Romanian_open_pit_lignite_mines
- [3] L. Ozdemir: *Comparison of Cutting Efficiencies of Single-Disc, Multi-Disc and Carbide Cutters for Microtunneling Applications*. No-Dig Engineering, 2/3. 2002.