

Bányaépítés és gazdaságosság*

DR. ZAMBÓ JÁNOS okl. bányamérnök, akadémikus
NME Bányaműveléstani Tanszék

DK: 622

A tanulmány címe megegyezik a szerző 60. születésnapjára a NME-en rendezett konferencia megnevezésével. A szerzőnek, aki a NME-nek hosszú időn át rektora volt, a konferencián elhangzott előadása a szakmai korlátokat és kereteket átlépve az egész népgazdaság fejlődése szempontjából alapvető problémákkal és feladatokkal foglalkozik. A hatékonyság az elkövetkező évek központi kérdése a bányászatban is és a cikk ennek többféle vonatkozását tárgyalja. Különösen figyelemre méltóak a fiatal szakemberek képzésével kapcsolatos megállapításai.

A gazdaságosság vizsgálata a bányászati tevékenység minden fázisában szükségszerűen jelentkezik, egyben e tevékenység szükségszerű megelőzője is.

A kutatás hatékonyságának optimalizálása gazdaságossági kérdés. Az egyik oldalon áll a kutatás intenzitásának növelésével járó befektetési költség-növekedés, a másik oldalon jelentkezhet a hasznosítható ásványkincs növekedése. A kettő egybevetése, kompromisszuma szüli meg az optimumot. Jó példa lehet erre a hazai szénhidrogén- vagy bauxitkutatás intenzitásának optimalizálása.

Az ilyen optimalizálási feladat elvileg nem tűnik komplikáltnak. Gyakorlatilag azonban nem egyszerű feladat, több okból. A függvények megalkotásához adathalmazra van szükség, amely nem mindig időálló és megbízható. Lényeges, talán majdnem döntő szerepe van az időtényezőnek, azaz a függvények nem mentesíthetők a múlt időtől. Ezen a két leglényegesebb nehézségen túl jelentkeznek a bekövetkezhetőség valószínűségének megbízhatósága. Bár a matematikai valószínűségszámítás csálthatatlan, a bizalom a gyakorlatban vele

* Közel 8000 tagot számláló Egyesületünk egyik jelenlegi legnagyobb gondja az, hogy tagjainak a testvérszakkok problémáiról kevés információt nyújt. 1950-ig ezt a feladatot a közös Bányászati és Kohászati Lapok nagyon jól látta el. A NME-en tartott konferencia kapcsán megragadtuk az alkalmat, hogy a Kohászati olvasóit a bányászat problémáiról tájékoztassuk. (Szerk.)

szemben csak minimális vagy nincs is meg. Ami egészen biztos: hiányzik az ilyen vizsgálatok igénye.

Itt rögtön az elején kikerülhetlenné vált a kockázat kérdése. A közepszerűség, a szűrkeség irtózik a kockázatnak még a gondolatától is, a kalandorság életeleme pedig a kockázat. Mindkettő káros. Csak annak a kockázatnak van helye, amelyet a szakértelem, a meglátás és a jövőbe látás legmagasabb szintje alapol meg. Nem lehet helye sem az érzéseknek, sem az óhajoknak, de legkevésbé a szubjektív érdekeknek. A lehetőségek megítélése, határok közé szorítása a szakma csúcspontját jelenti.

Az említett két példa esetében első követelmény a legmagasabb szintű földtani ismeret, amely körül tudja határolni térben és mennyiségben azokat a formációkat, ahol eredmény várható, sőt lokálisan rangsorolni tud. A második követelmény a tapasztalati adatok elemezni, értékelni tudása, amelyből a valószínűség mértéke kifejezhető vagy legalábbis határok közé szorítható. A harmadik követelmény a jövő elemzése. Itt már a trendek alakulásának elemzésén túl a jövőbe látási készségnek, képességnek is szerepe lehet. Nem lehet szerepe azonban sem egyéni, sem csoportos sejtéseknek, mint például annak, hogy a szénhidrogének ára vissza fog esni a régre.

A gazdaságnak szigorú vastörvényei vannak, amelyek nem változtathatók meg sem óhajokkal, sem ráolvasással. A nyersanyagok, különösen az energiahordozók előteremtése egyre inkább gondot fog okozni a világnak. Több oka is van ennek.

A nyersanyagok termelésében csökkenthető, de nem küszöbölhető ki a nehéz fizikai munka. Egyre inkább elkenyvelmesedő világunkban ezt a problémát megoldani csak rendkívüli anyagi áldozatok árán lehet. Ebben a körben — úgy gondolom — nem kell erről a kérdéstről részletesebben szólnom. Gondoljunk csak például arra, hogy ma már a szénbányászatban a vékonyabb telepek fejtése gya-

korlatilag megszűnőben van éppen a nehezebb fizikai munka miatt.

Az újabb nyersanyag-lelőhelyek általában egyre inkább kedvezőtlen körülmények között jelentkeznek. A szén és érc bányászata egyre mélyebben és mélyebben történik, a szénhidrogén-lelőhelyeknek mindig nagyobb hányada esik a tengerekre vagy zord klimatikus viszonyokkal rendelkező területekre.

A hasadó anyagok, csakúgy, mint a szénhidrogének, nem egyenletes terítésben helyezkednek el a földön, ez a körülmény előbb-utóbb a szénhidrogének esetéhez hasonló megrázkódtatáshoz vezet. Az atomerőművek térhódítása is messze elmarad attól, amit egy-két évtizeddel ezelőtt a derűlátásra hajlamosak elképzelték. Csak jósólni lehet, de sok jel mutat arra, hogy a fúziós energia sokkal inkább a távoli jövő lehetősége még, mint azt itt-ott vélik.

Sokan vannak azok, akik az élettől teljesen elrugaskodva íróasztalok mellett a teljes automatizálásról álmodozva azt képzelik, hogy nemsokára az embernek nem lesz más dolga, mint az, hogy fehér köpenyben időnként gombokat nyomogasson, azt is csak azért, hogy még kellemesebb legyen az úrutazásos hétvége. Az elkövetkezendő évtizedek a keserű ébredés évtizedei lesznek. A világnak, a gazdaságnak, folyton-folyvást meg kell újulnia, az automata-rendszereket, gépeket, az energiákat és kemikáliákat újra kell termelni, az ezekhez szükséges és bővülő nyersanyagokat elő kell teremteni a földből. Ez pedig még hosszú ideig kemény munkát fog követelni. Hiú ábránd azt képzelni, hogy az emberiségnek egy kicsi hányada a jövőben is úgy fogja ezt a nehéz munkát elvégezni, ahogy az ma még természetesnek tűnik. Már most tudomásul kell venni, hogy az anyagi javak elosztásakor a mainál lényegesen nagyobb hányad fog jutni azoknak, akik az anyagi javak megteremtésében a nehezebb részt vállalják. Más választás, más lehetőség nem lesz.

Amikor tehát a kutatások intenzitásának optimalizálását elemezzük, a jövőbe látás nem másodrangú kérdés. A hazai szénhidrogén-, szén-, bauxit-, uránérc-, egyéb ércutatás intenzitásának megítélésében ki lehet indulni bizonyos összefüggésekből, ezeknek még matematikai formulát is lehet adni, lehet a paraméterek számszerű keresésében alkudozni, dekázni, lehet közgazdasági eszmefuttatásokat végigvezetni, de a döntő szerep mégis csak a jövőbe látásnak jut.

Nagyon jól tudom, hogy anyagi lehetőségeink korlátozottak, de azt is tudom, hogy a lehetőségeken belüli elosztás nem tükrözi maradéktalanul a helyes jövőbe látást. Anyagi lehetőségeinknek megengedhetetlenül nagy hányada szóródik szét olyan területeken, amelyek a legkisebb mértékig sem szolgálják a jövőt, de haszontalannak bizonyulnak a jelen szempontjából is. Bizonyos fokig elképedünk akkor, amikor a nyersanyagkutatás intenzitásának növelésére évi néhány milliárd forintból szó, ugyanakkor ennél több folyik el olyan helyeken, amelyek sem közelebbi, sem távolabbi célt nem szolgálnak.

Az anyagi, szellemi és az embert szolgáló egyéb javak előállításában az aktív társadalom egyik része közvetlenül, a másik része pedig közvetve vesz részt.

A közvetve résztvevők szerepe és feladata a közvetlenül résztvevők munkájának racionalizálása, szervezetségének, színvonalának fokozása. Ha közvetve résztvevők arányának növelésével a közvetlenül résztvevők tevékenységében az említett jelek nem mutatkoznak meg az elvárható mértékben, akkor elsősorban a közvetve résztvevők strukturális felépítésében kell keresni az eredmény okot. A helyes és céltudatos struktúra formálásának egyik alapvető kritériuma a helyes jövőbe látás. Tudom, a helyes jövőbe látásnak csak egy töredéke a nyersanyagkutatás, de azt is tudom, hogy részekből, töredékekből tevődik össze az egész.

Most már egészen konkrétan fogalmazva: a hazai szénhidrogén-, szén-, uránérc-, bauxit- és egyéb ércutatás intenzitásának kérdését közelebbről kellene megvizsgálni. Ilyen vizsgálatnak minden valószínűség szerint az lenne az eredménye, hogy a jelenlegi intenzitás a jövőt tekintve nem elégséges, ugyanakkor szükségszerű lenne a rendelkezésre álló anyagi erőket ennek megfelelően átcsoportosítani, elsősorban azokról a területekről, amelyekről nehéz lenne kimutatni, hogy az embert szolgáló anyagi és szellemi javak előállításában megmérhető szerepük van.

A gazdaságossági vizsgálatok legkiterjedtebben akkor jelentkeznek, amikor a felkutatott hasznosítható ásványkincsekre bányaiüzemet telepítünk.

A szakmai köztudatban nem egyszer ez a kérdés erősen leszűkítve úgy jelentkezik, hogy hol legyen az akna helye? Kétségtelen, hogy ez egymagában is fontos probléma, de nem a legfontosabb.

Az akna optimális helyének kijelölése annak az elvnek a felismerésén alapszik, hogy a bányászatra jellemző, viszonylag nagyarányú anyagmozgatás optimalizálása számottevő gazdasági tényező. A legjobb és legrosszabb telepítés között kerekén 100%-os eltérés mutatkozhat. A valóságban a 100%-os eltérés csak ritkábban fordul elő, az átlag kb. 30–40% közé tehető. Ez a hazai bányászásban milliárdos többletkiadást jelent évente. Ez a kérdés fontosságát igazolja, a vele való foglalkozás tehát nem csupán kedvtelés kérdése. A gazdaságban, ezen belül az iparban vannak olyan jellegű többletköltségek, amelyek nem kirívóan tűnnek fel, amelyeket csak az igazán hozzáértők szemé lát meg. A mozgatás költségei is ide tartoznak, amikor a mozgatás alatt nemcsak a termelvény szállítását kell értenünk, de ide kell sorolni a levegő, a víz, az anyagok mozgatását és az emberek mozgását is.

A lokalizációs optimalizálás elméleti összefüggéseit a gyakorlatban sokszor azért nem vesszük figyelembe, mert úgy vélik, hogy az elméleti lokalizáció megvalósításának természetes gátjai lehetnek. Ezért aztán a gyakorlat még ma is inkább az alternatívák módszerét követi. Nem lenne szabad azonban megfeledkezni arról, hogy az alternatívák helyes összevetésének alapjai is csak a lokalizációs összefüggések lehetnek.

Új bányaiüzemek telepítésénél találkozunk azzal az eljárással, amikor először az akna, illetve aknák

helyét jelölik k_i , és ehhez idomítják a földalatti útrendszert. A helyes módszer éppen ennek a fordítottja. Előbb kell megtervezni a földalatti útrendszert, ami az előfordulás térbeli képének, a kőzetek fizikai-mechanikai tulajdonságainak, a víz-, tűz- és gázveszélynek függvénye, és csak ehhez illeszthető az összegyűjtés és szétosztás optimális középpontja.

A mozgató minimalizálásának elvi összefüggései analóg módon használhatók fel akkor is, amikor a nyitva tartandó átlagos vágathossz, a légszökések minimalizálásáról van szó. Amíg a mozgató minimalizálására való törekvés bizonyos fokig tapasztalható, az utóbbiak vizsgálatának még csak a nyomai sem fedezhetők fel, pedig gazdasági súlyuk nem kisebb, mint a mozgató gazdasági súlya. Különösen elhanyagolt területnek lehet tekinteni a légszökések vizsgálatát. Több olyan bányászati üzemünk van, ahol a légszökések mértéke már a teljesítmények rovására megy.

A földalatti feltérési rendszeren belül is jelentkezhetnek lokalizációs problémák. Ezek közül esetenként legfeljebb a szintmagasság kérdéséről esik néha szó. A földalatti belső lokalizációval való foglalkozás szerepét elsősorban abban látom, hogy ez vezethet el bizonyos, többé-kevésbé meggyökeresedett szemlélet megváltoztatásához. Mintha egy földalatti feltérési rendszert csak akkor tartanánk jónak, ha az a komplikáltság jeleit hordja magán. Így például nehezen tudunk megszabadulni attól, hogy a területeket osszuk fel, azokat leginkább komplikált körülményekkel kerítjük körbe. Még mindig idegenkedünk a nagy- és egyenesvonaltól, pedig ennek az előfeltételei már lényegében adottak.

Nem mehetünk el szó nélkül a nagyvonalúság kérdése mellett sem. Azt tapasztalhatja az ember, hogy egy igazán nagyvonalú elsődleges koncepciót fokozatosan, de biztosan vesztünk nagyvonalúságából, és pedig annál inkább, minél többször vitatják meg. Így van ez azért, mert helyet kell adni a sokszor meg nem alapozott aggodalmaknak, meg kell keresni a különböző nézetek kompromisszumát, közben múlik az idő, az időzavar pedig előbb-utóbb kapkodáshoz, megalkuváshoz vezet. Az is igaz, hogy a nagyvonalú tervek a termelés megindítása előtt hosszabb előkészítő munkát igényelnek, a közelebbi látszólagos eredmények várásáig pedig még mindig nehéz megszabadulni. Így aztán amit nyerünk a réven, többszörösen elveszítjük a vámon.

Igen fontos kérdés új üzemek telepítésénél vagy a meglévők rekonstrukciójánál a termelési kapacitás kérdése, elsősorban azért, mert fontos szerepet tölt be a telepítés gazdaságossági vizsgálatában. A termelési kapacitás optimuma és az optimális üzemidő fogalma lényegében egy és ugyanaz.

Bármilyen üzemről — tehát nemcsak bányászati üzemről — legyen szó, az években kifejezett optimális üzemidő (N) függvénye a kamattényezőnek (p), az ún. „állandó jellegű” költségek részarányának mind a beruházás (r_b), mind az üzemeltetés (r_u) vonatkozásában, azaz

$$N = f(p, r_b, r_u).$$

Ez az összefüggés konkrét formába is önthető:

$$\frac{p^N - 1}{N \cdot \ln p} r_b + cr_u = 1$$

ahol c az üzem jellegétől függő állandó érték.

Az r_b és r_u objektíve adott értékek, a kamatláb, illetve a kamattényező pedig megválasztandó érték. Az összefüggésből látható, hogy az optimális üzemidőnek megítélésében igen nagyfokú szerepe van a kamatlábnak. Minél nagyobb a kamatláb, annál kisebb az optimális üzemidő.

A kamatláb meghatározó szerepét érzékeltessük egy konkrét számszerű példával. Legyen $r_b = 0,2$, $r_u = 0,1$ és $c = 5$. Ezek a bányászati kb. átlagos értékek.

Az első esetben a kamatláb 5%, akkor az optimális üzemidő kerekén 33 év, a második esetben legyen a kamatláb 12%, ekkor az optimális üzemidő kerekén 13 év. Megállapítható tehát, hogy a ma használatos 12%-os kamatláb olyan nagymértékben torzít, ami már messze túl jár a realitások határán.

Ezzel a problémával még nagyon kiterjedten lehetne foglalkozni. Így például azzal is, indokolt-e egyáltalán a 12%-os kamatláb vagy sem, vagy mekkora kamatláb lenne reális? Ez azonban igen messze vezetne.

A mai hivatalos gazdaságossági értékelésnek egyik sarkalatos tényezője az ún. D -mutató. Úgy érzem, ezt a közismert mutatót itt nem kell részletesen bemutatnom. Ebben a mutatóban is lényeges szerepe van a kamatlábnak, amely 12%. A kamatosítás egyaránt vonatkozik az interkaláris, a várakozási és a megtérülési időre.

Az az időszak, amely a beruházás megkezdésétől a termelési kapacitás eléréséig telik el, a bányászati viszonylag nagy, átlagban eléri a 35—40%-át annak az időszaknak, amit a D -mutató tekintetbe vesz. Így tehát a kamatosított visszatérülésre jutó időszak átlagosan 9 évre tehető.

A kamatosított visszatérítési időből (t') számítható az egyszerű vagy kamatosítás nélküli visszatérítési idő (t):

$$t = \frac{p^{t'} - 1}{(p - 1)p^{t'} \cdot f}$$

ahol f az interkaláris tényező, ami átlagosan 1,4. Ennek megfelelően

$$t = \frac{1,12^9 - 1}{0,12 \cdot 1,12^9 \cdot 1,4} = 3,9 \approx 4 \text{ év.}$$

Lényegében ebből is az a következtetés vonható le, amire az optimális üzemidő esetében jutottunk: a 12%-os kamatláb olyan követelményeket támaszt, amelyek a bányászati területén csak ritkán elégíthetők ki. Kevés szénbánya létesült volna nemcsak nálunk, de világszerte, ha ennek a szigorú előírásnak eleget kellett volna tenni.

A D -mutató használható akkor, ha relatív összehasonlításról van szó, azaz akkor, ha több létesítendő bányászati üzemet kell gazdaságossági alapon összehasonlítani. A mai gyakorlat azonban a D -mutatót abszolút értelemben is használja. Így aztán előfordul olyan eset is, amikor a nyilvánvalóan életrevaló bányászati telepítésnél a D -mutatóval való manipuláláshoz kell folyamodni, ami a

D-mutató időintervallumának megnövelését jelenti olyan fokig, hogy a mutató legalább az egyseget elérje.

A *D*-mutató a relatív összehasonlításban ugyan használható, de egymaga nem elégséges a döntéshez. Ez a mutató érzéketlen egy nagyon fontos paraméterre, nevezetesen a kitermelhető ásványvagyonnal mennyiségére. Lehetséges ugyanis, hogy a *D*-mutató előnyben részesít egy viszonylag kicsi előfordulást egy viszonylag nagy előfordulással szemben, ha a kicsi előfordulás jellemző paraméterei csak egy árnyalattal jobbak. Ez ezért lehetséges, mert a *D*-mutató lényegében figyelmen kívül hagyja azt az időszakot, amely a *D*-mutató időszakaszán túl esik, illetve a maradék állóeszköz értéke éppen a magas kamatláb miatt alig esik latba.

Minden különösebb vizsgálat nélkül be lehet látni, hogy pl. egy 200 milliós szénelőfordulás előnyösebb, mint pl. egy 10 milliós, még akkor is, ha a gazdaságossági paraméterek az utóbbinál egy árnyalattal jobbak, és így a *D*-mutatója is jobb.

Nem szeretném, ha az elmondottakból az érződne, hogy a gazdaságossági vizsgálatok mutatóit lebecsülöm. Ez távol áll tőlem, sőt azt szeretném érzékeltetni, hogy a vizsgálódást többrétűvé kellene tenni.

A többrétűség nemcsak több mutatót jelent, de jelenti azt is, hogy a bányászati beruházásokat nem elégséges önmagukban kezelni, vizsgálni, hanem be kell ágyazni őket a népgazdaság egészébe. Ha például egy szénbánya villamos energia előállítására épül, akkor minimálisan a vizsgálatot az előállított villamos energiára vonatkozóan kell elvégezni. Az ilyen vizsgálat több-kevesebb pontossággal el is végezhető. A vizsgálati hibalehetőség messze elmarad attól a torzító hatástól, amit a kamatláb megválasztása jelent. Így például 5%-os kamatláb kedvező képet mutathat, de 12%-os kamatláb már egyértelműen negatív eredményre vezethet, nemcsak a számítható mutatók vonatkozásában, de akkor is, ha a telepítéssel termelhető villamos energia árát az importárral hasonlítjuk össze, feltételezve azt, hogy az importár a valóságot tükrözi.

Természetesen egy ilyen vizsgálat közelről sem olyan egyszerű, mint amilyennek látszik, még akkor sem, ha a kamatláb okozta problémát nem tekintjük.

Az az érvelés, miszerint az import villamos energia nem igényel beruházást, egyre inkább nem állja meg a helyét, hiszen megjelent egy új fogalom, a beruházási hozzájárulás. De ez csak az egyik oldal. Az import növelése csak az export növelésével lehetséges, ez a növelés pedig beruházást igényel. Ezt a tényt is figyelembe vevő vizsgálat már nagyon szerteágazó, ezért viszonylag nagy hibalehetőséggel terhelt, ami pedig a legfontosabb, nem tudja követni az időtényező szerepét és hatását. Gondolok itt arra, hogy amíg egy bányászati beruházás 40—50 évre is szólhat, az exportnövelő beruházásokat ezen időszak alatt többször is ismételni kell. Tipikusan olyan kérdés ez, amelyben már a jövőbe látásnak döntő jelentősége van.

A telepítések gazdaságossági vizsgálatában lé-

nyeges szerepük van a számszerűen kimunkálható mutatóknak. Fetiszizálni azonban ezeket a mutatókat nem szabad. Láthattuk, hogy ezek a mutatók milyen torzulásokat szenvedhetnek olyan tényezők hatására, amelyek nem objektíve adóttak, hanem megválasztottak. Csak a két legdöntőbb ilyen tényezőre akarok ismételtten utalni: a kamatlábra és az ún. *D*-mutató időszakára. A telepítések elemzésében véleményem szerint a mutatókkal legalább egyenrangú szerephez kell jutni a jövőbe látásnak, amikor a bányászati telepítéseket a népgazdaság egészébe kell ágyazni, nem elégséges csak önmagukban tekinteni őket.

A népgazdaság egészének jövője nagymértékben függvénye a nyersanyag-ellátásnak. A mi viszonyainkat tekintve ez azt jelenti, hogy maximálisan kell kihasználni a hazai lehetőségeket, a bányászatot illetően tételesen és rangsorosan a szénhidrogén-kutatás intenzitásának növelésével, új szénbányák telepítésével, a bauxit- és színes ércek kutatásának fokozásával, a távolabbi jövő érdekében pedig az uránérc-kutatások kiterjesztésével.

Ezeknek a céloknak szolgálatába kell állítani a tudományt úgy, hogy az ténylegesen segítse a földtani kutatást, segítse a helyes döntés-előkészítést, adja meg azokat az elvi összefüggéseket, amelyek megszabják a telepítések megtervezésének alapjait. Köztudott, hogy népgazdaságunkban ez a tudományos témakör a kiemelt témakörök közé tartozik. Földtani és bányászati tudományos életünk ezt a megtisztelő feladatot ellátni csak akkor tudja, ha erőit az említett célok szolgálatába állítja, ha el tudja választani a lényegeset a lényegtelenről, ha elhatárolja magát az áltudományosságtól, ha nem enged teret olyan tendenciáknak, amelyek csak mondva csináltak fontosak, ha nem süllyed bele a végeláthatatlan ún. szervezési tevékenységbe, amely csak ritkán tör a lényegre, de annál kitűnőbb alkalmakat kínál arra, hogy messze messze elkalandozzunk a lényegtől, és beleveszünk az apró-cseprő dolgok útvesztőjébe.

Ha elmélyülten és elemezve figyeljük a gazdaság alakulását, meg kell látnunk, hogy a nyersanyagtermelés a jövőben egyre inkább súlyponti kérdés lesz. Feladatainkat ehhez kell igazítani nemcsak a tudomány, de a szakembernevelés területén is. Ebben a kérdésben egyszer már a „Bányászat” hasábjain kifejtettem véleményemet, lényegesen többet mondanai most sem tudok. Csupán hangsúlyozni szeretném azt, hogy a minőség híve vagyok. Már most fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a jövő feladatait jól megoldani csak a tehetségek maximális kihasználásával lehet. Szabaddá kell tenni a fiatal tehetségek előtt az utat, hogy a használatos szókifejezéssel éljek, tudatosan célratoró káderpolitikát kell folytatni. Nem arról van szó, hogy a tehetséges fiatal mérnököket fel kell kutatni, sem arról, kiket tartunk tehetségesnek? A választ ugyanis mindannyian mélyszélesen érezzük, nem szükséges azt szavakba önteni. Egyszerűen arról van szó, hogy érvényt kell szerezni a régi mondásnak: a tehetséges embert nem lehet és nem szabad véka alá rejteni. Arra kell törekedni, hogy a tehetség és rátermettség fokmérője ne az legyen, ki mennyit

tud különböző összejöveteleken beszélni, nem-egyszer értelmetlenül és kuszán, ki hogyan tud eligazodni a helyezkedés tudományában, hanem inkább az, hogy ki képes konkrét feladatokat logikusan, mérnöki invencióval megoldani, és ami talán ennél is fontosabb, lehetővé kell tenni, hogy a tehetséges mérnökök ilyen feladatokhoz hozzá is jussanak.

A jövő szempontjából elsőrangú érdek fűződik ahhoz, hogy a tehetséges fiatal mérnökökkel előrelátóan és céltudatosan foglalkozva vezessük végig őket a fejlődés iskoláján. Tegyük lehetővé, hogy ismereteiket széleskörűen mélyítsék el előbb itthon

az üzemekben, majd külföldön, hogy egy bizonyos idő után széles látókörű, nyelveket beszélő, kitűnő szakemberekké váljanak.

Nem véletlenül ejtettem szót erről a kérdéstről, az a meglátásom ugyanis, mintha nem egészen érzékelnénk a kérdés súlyát. A jövő az embereken múlik, hogy milyenek lesznek a jövő emberei, az a máttól függ.

Rövid előadásomban nem maradtam meg a téma szűk szakmai keretén belül. Tettem ezt azért, mert megítélésem szerint ezt a témát nem lehet szűk szakmai keretek közé szorítani, nem lehet, mert társadalmi jelentősége ezt nem engedi meg.

A termodinamikai függvények meghatározása a mátrix-számítás felhasználásával

Dr. HORVÁTH JÁNOS okl. kohómérnök, igazgató

Vasipari Kutató Intézet

GÁRDONYI SÁNDOR okl. kohómérnök, okl. matematikus

SZŰCS EMIL okl. matematikus

Magyar Vas- és Acélpipari Egyesülés

DK: 512.831:536.7

A tanulmány általános, mátrix algebrai eszközökkel dolgozó módszert tárgyal elemek, vegyületek és kémiai reakciók entalpia-, entrópia- és szabad entalpia-függvényeinek számítására. Az összefüggéseket matematikai úton vezeti le. Megvilágosítást nyernek a kísérleti adatoknak a számítási apparátusba való beépítésének kérdései. A javasolt módszer igen alkalmas a számítógépen történő megvalósításra.

A fizikai-kémia metallurgiai alkalmazása során igen gyakran van szükségünk a legkülönbözőbb elemek, vegyületek, kémiai reakciók termodinamikai függvényeire. Ezek alkalomadtán szak-, kézikönyvekben, táblázatokban fellelhetők. Olyan esetben azonban, mikor konkrét adatokat nem találunk, a függvényeket, illetve a függvényeknek a minket érdeklő hőmérsékleteken felvett értékeit ténylegesen ki kell számítanunk. Az ilyen számítások rendkívül egyhangúak, időigényesek, nem is szólva a hiba elkövetésének nagy valószínűségéről.

A fentiekre való tekintettel ezért nagy időmegtakarítással jár ezeknek a műveleteknek számítógéppel való elvégzettetése. A hőelmélet főtételeiből a termodinamikai függvényekre adódó összefüggések a mátrixalgebra felhasználásával igen egyszerű alakra hozhatók, ami részben a számítási algoritmust, részben a számítógépes programot egyszerűsíti. A következőkben a kitűzött cél megvalósításakor követett gondolatmenetet ismertetjük.

1. Elemek, vegyületek, kémiai reakciók entalpia-függvényének felírása a mátrixszámítás segítségével

Tételezzük fel, hogy rendelkezésünkre áll valamely A jelű elem atomsúlynyi tömegének állandó ($p = 1$ atm) nyomáson mért atomhője a hőmérséklet függvényében:

$$C_A(T) = a_A + b_A T + c_A T^{-2} \quad (1)$$

Az (1) függvénykapcsolathoz úgy jutunk, hogy a mérési eredményekhez (a hőmérséklet — C_A számpárokhoz) a legkisebb négyzetek módszerének felhasználásával $f(T) = a + bT + cT^{-2}$ alakú polinomot illesztünk. Itt mindjárt megjegyezzük, hogy ha a $C_A(T)$ függvénykapcsolatot nem az (1), hanem valamilyen más alakú formula rögzíti, ennek további megfontolásainkban nincs különösebb jelentősége.

A hőelmélet első főtételéből következik, hogy valamely A jelű elem hőtartalmát $p = 1$ atm nyomáson és $T_1 > 298$ K° hőmérsékleten a

$$H_A^{T_1} = H_A^{298} + \int_{298}^{T_1} C_A(T) dT \quad (2)$$

egyenlőség definiálja, amennyiben a $[298, T_1]$ hőmérsékletközben A -ban nincs sem fázisváltozás, sem belső átalakulás. (2)-ben H_A^{298} A hőtartalma 298 K°-on, ami megállapodás szerint nullával egyenlő.

Írjuk be (1)-et (2)-be, végezzük el a kijelölt integrálást. Ily módon (2) helyett

$$\begin{aligned} H_A^{T_1} &= \int_{298}^{T_1} C_A(T) dT = \int_{298}^{T_1} (a_A + b_A T + c_A T^{-2}) dT = \\ &= a_A(T_1 - 298) + b_A \frac{T_1^2 - 298^2}{2} + c_A \frac{T_1 - 298}{298 T_1} = \\ &= a_A \vartheta_2 + b_A \vartheta_3 + c_A \vartheta_4, \end{aligned} \quad (3)$$

írható, ha

$$\vartheta_2 = T_1 - 298, \quad \vartheta_3 = \frac{T_1^2 - 298^2}{2}, \quad \vartheta_4 = \frac{T_1 - 298}{298 T_1} \quad (4)$$

(3)-ból kitűnik, hogy a megszabott feltételek teljesülése esetén $H_A(T)$ a hőmérséklet folytonos függvénye (1. ábra).