

**PUBLICATIONS**  
**OF THE**  
**UNIVERSITY OF MISKOLC**

**Series B**

**METALLURGY**

**VOLUME 39. FASC 1.**

**MISKOLC, 1995**

## TŰZÁLLÓ FALSZERKEZETEK SZÁMÍTÓGÉPPEL SEGÍTETT TERVEZÉSE

SZEMMELVEISZ TAMÁSNÉ DR\*, DR.JÁRMAI KÁROLY\*\*,  
DR.SZEMMELVEISZ TAMÁS\*\*\*

\* egyetemi adjunktus, Miskolci Egyetem, \*\* egyetemi docens, CsC, Dr.Habil.,  
Miskolci Egyetem, \*\*\* ügyvezető igazgató, Borsod-Invest Kft.

A tűzálló falszerkezetek létesítése gazdasági szempontból beruházásnak tekinthető. Egy beruházás gazdaságosságának megítélésénél a megcélzott berendezéssel elért gazdasági hozamokat és a felmerülő gazdasági ráfordításokat kell elemezni [1]. Célját és jellegét tekintve a tűzálló falszerkezet gazdaságossági megítélésénél a feladat a döntési alternatívák közötti választás, mivel alapvető követelmény, hogy a létrehozott kemence a technológiai igényeket kielégítse, ezért a lehetséges falszerkezetek technológiailag azonos eredményt szolgáltatnak, de gazdaságosság szempontjából nagyon különbözők lehetnek. A gazdasági hozam - az azonos technológiai eredmény következtében - minden lehetséges esetben azonos. A gazdaságosságbeli különbségek ezért a ráfordítások különbségéből adódnak. Ebből következően a gazdaságossági összehasonlítás lényege ilyen esetekben: a befektetési kiadások és a folyó üzemelési ráfordítások összegét képezzük és ezen összegeket vetjük össze. Az az alternatíva kedvezőbb, mely a kisebb (legkisebb) összárfordítással jár.

Egy adott falszerkezetet igen sokféle tűzálló anyagból és eltérő számú és vastagságú rétegből építhető meg. Így igen nagyszámú - gyakorlatilag

végtelen sokféle - lehetőség, változat közül keressük meg a leggazdaságosabbat. A gazdaságos kemenceméretezésnél a szerkezetanalízis és a szerkezetoptimalás összekapcsolása teszi lehetővé a legjobb konstrukció kiválasztását [2,3].

Egy műszaki probléma megoldása során a tervező kötött mind a cél(ok), mind a feltételek tekintetében. Igazodnia kell ahhoz az ismeretszinthez, melyen a szerkezetanalízis elvégezhető, igazodnia kell ahhoz a gyártási szinthez, melyen a szerkezet legyártható, végül, de nem utolsósorban igazodnia kell ahhoz a környezethez, ahol a termék értékesíthető. Fokozódó igény jelentkezik a termelés racionalizálása, az adott ismeretszint melletti gazdaságossá tételére is. A szervezési, irányítási, technológiai, értékesítési, stb. területek mellett a szerkezettervezés fejlettsége meghatározó szerepet játszik. Ugyanakkor folyamatosan finomodnak azon eljárások, melyekkel a szerkezet viselkedése jobban leírható.

Az optimalás azt jelenti, hogy a lehető legjobb eredményt érjük el adott körülmények között. Az optimális méretezés módszerei a gazdaságos szerkezetek méretezésének hatékony eszközei, amikor különböző költségtényezők mellett történik az optimalás, vagyis a célfüggvények a szerkezet költségtényezőiből tevődnek össze. Általában a gazdaságos szerkezetet minimális költség, illetve tömeg jellemzi, vagy bármely más jellemző, amit a tervező fontosnak tart (pl. gyártási idő, élettartam, alakváltozás, stb.) [5].

A kemence falszerkezet vonatkozásában az összráfordítást, mint célfüggvényt írjuk fel és optimalást végzünk. A célfüggvény felírásánál az évi átlagos összráfordítást az alábbiak szerint: összegezzük az egy évi üzemeltetési költséget, az értékcsökkenést, valamint az egy évi kamatot. Amennyiben az amortizációt a kamatozás figyelembevétele nélkül számítjuk, akkor a kamatteher megállapításánál az eredetileg befektetett összeg felét kell venni. Így az évi (átlagos) összes ráfordítás

$$K = K_{\bar{u}} + \frac{S}{n} + \frac{S}{2}p \quad (1)$$

ahol  $K_{\bar{u}}$  az évi üzemeltetési költség, Ft,

$S$  az egyszeri beruházási költség, Ft,

$n$  a falszerkezet élettartama, amortizációs időszak, év,

$p$  a kamatláb, %/100.

A fenti célfüggvény optimumát az alábbi előre rögzített feltételek mellett keressük

- a rétegek száma,
- a rétegvastagságok minimuma és maximuma,
- a belső és külső hőmérsékletek,
- az egyes rétegek megengedett maximális hőmérséklete,

Az optimálás matematikai módszerei közül a Rosenbrock-féle Hillclimb algoritmust használjuk.

Az eljárás minimálja az  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_N)$  függvényt (célfüggvény), a következő feltételek esetén:

$$x_i^l \leq x_i \leq x_i^u \quad i = 1, 2, \dots, M. \quad (2)$$

A célfüggvény többváltozós, nemlineáris, a méretezési feltételek nemlineáris, többváltozós, egyenlőtlenségi feltételek.  $N$  a változók száma (explicit változók),  $M$  a feltételek száma, (implicit változók). Az explicit változók a szerkezet fizikai geometriai paraméterei lehetnek (pl. rétegvastagságok). Ezért is lényeges az  $x_i \geq 0$  egyenlőtlenség, amely csak pozitív értékeket enged meg a változókra.

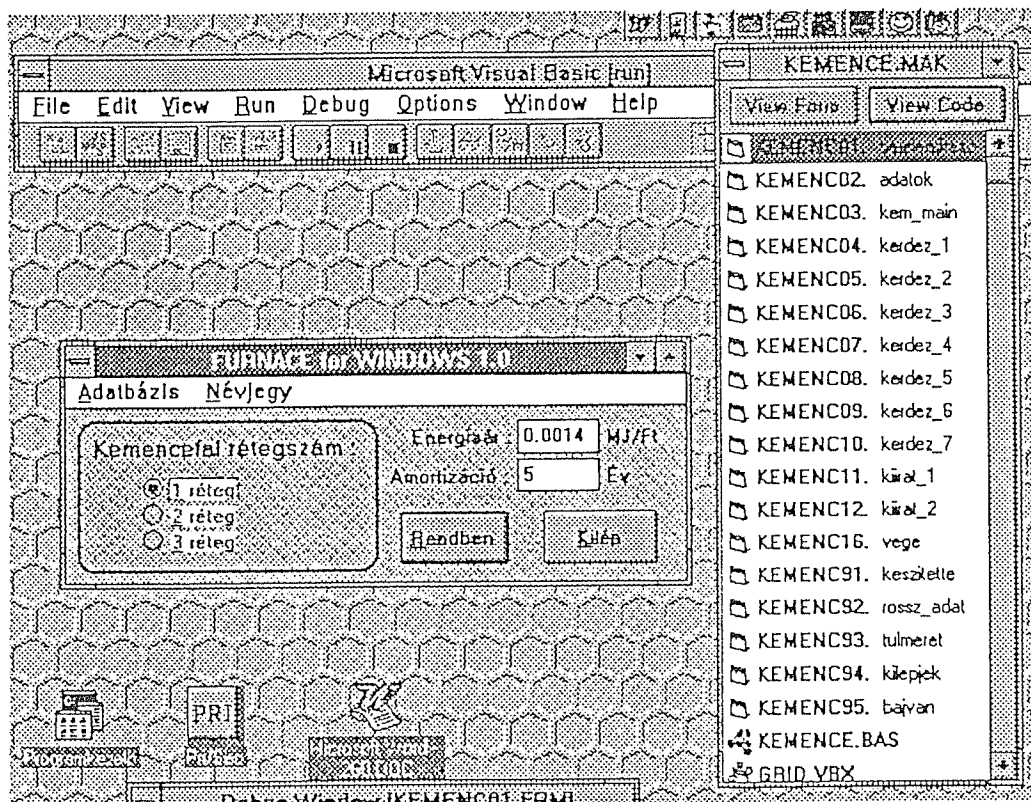
Az eljárás megkeresi a célfüggvény extrémumát a feltételek teljesülése esetén. Az extrémum általában a minimális tömeget, minimális költséget, maximális megbízhatóságot stb. jelenti. Az implicit változók,  $x_{N+1}, \dots, x_M$  függvényei az explicit független változóknak.

Az eljárás Rosenbrock (1960) [4] kereső módszerén alapul. A koordinátarendszer-forgatáson alapuló módszer a Hooke and Jeeves (1961) algoritmus továbbfejlesztésének tekinthető. Az algoritmus a koordinátarendszert forgatja a minimálás minden egyes lépésében olyan módon, hogy az első irány a célfüggvény-felület legmeredekebb változása felé mutat, a többi irány pedig merőleges az első irányra. A módszer deriválást nem végez. Az algoritmus igényli megfelelő kezdőpont megadását, ezért kiegészítettük egy megfelelő kezdőpontkereső programrésszel. Az algoritmus hatékonysága szempontjából lényeges rész, a határzónába eső pontoknál a függvénymódosítás kifejezése.

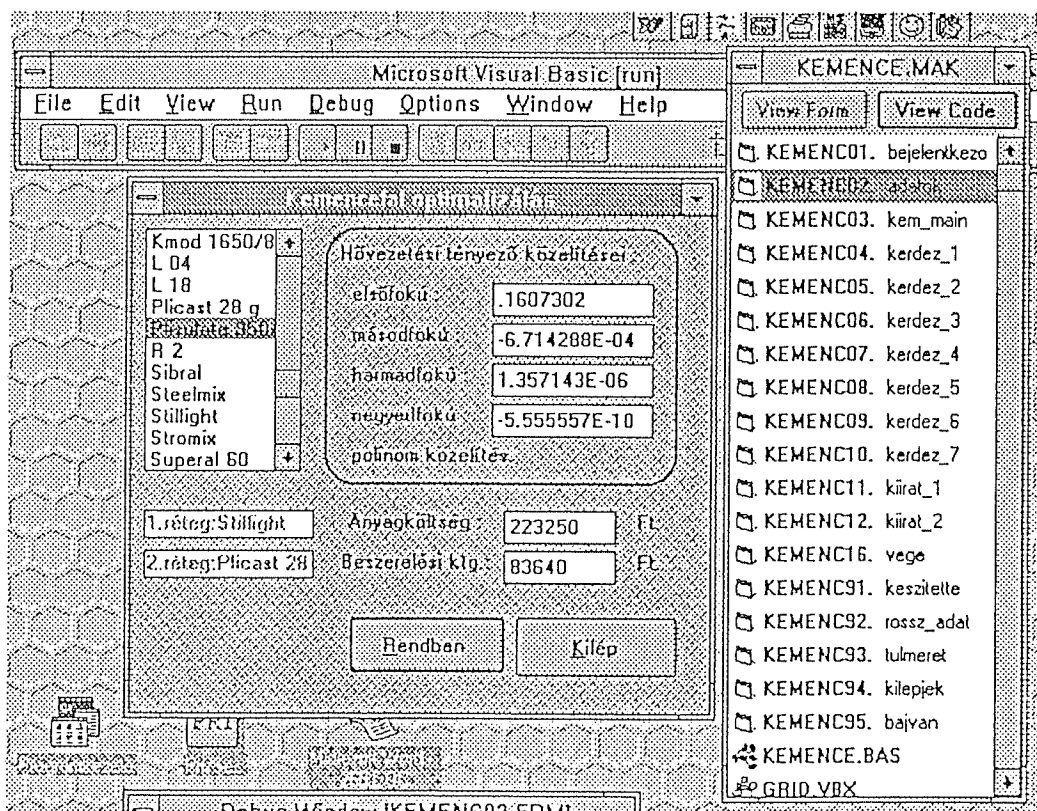
A kifejlesztett számítógépi program az anyag- és a beépítési költség mellett a hőveszteség költségét veszi figyelembe adott rétegkombinációk (általában 3 különböző anyag) esetén. A programot a Windows bázisú Visual

Basic-ben írtuk, így nagyon felhasználóbarát kialakítású a sok ablakkezelés révén. Lehetőség van különböző rétegszámú falazat minimális költségre történő méretezésére. Az anyagok jellemzőit az adatbázisból veszi. Változtatható energiaár és amortizációs idő mellett meghatározza a minimális költséghez tartozó rétegvastagságokat a falazatnál a belső hőmérséklet és a falazat külső hőmérséklete ismeretében. Az egyes rétegeknél alkalmazható maximális hőmérsékleteket, a falazatnál a rétegek minimális és maximális vastagságait, a falazat maximális és minimális összvastagságát veszi figyelembe a méretezéskor.

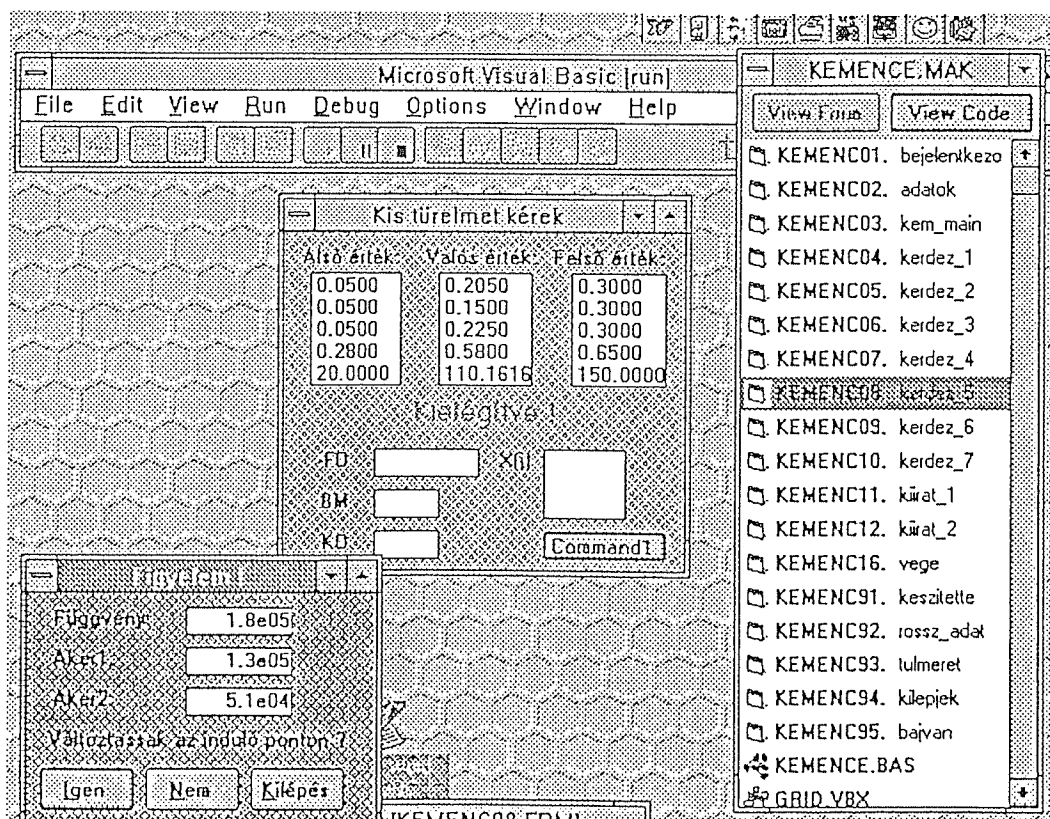
A program IBM PC kompatibilis gépen fut Windows 3.0/3.1 alatt. Nincs különleges memória- és winchester területigénye.



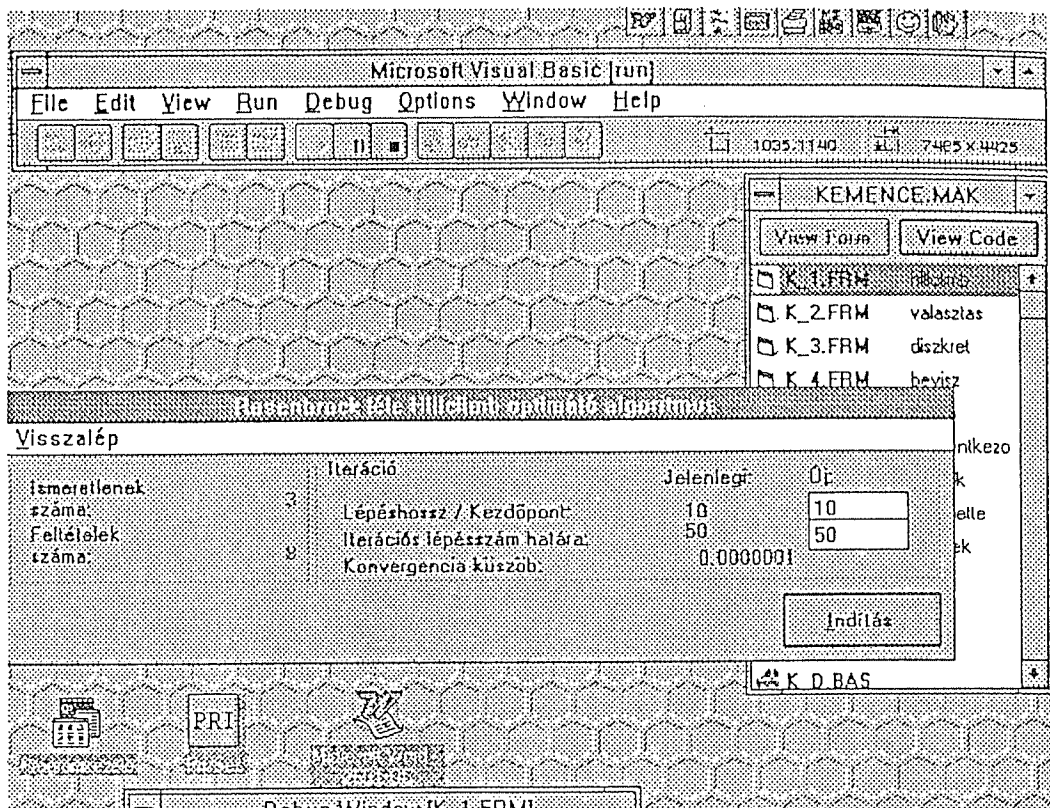
1.ábra. Programfuttatás: rétegek kijelölése



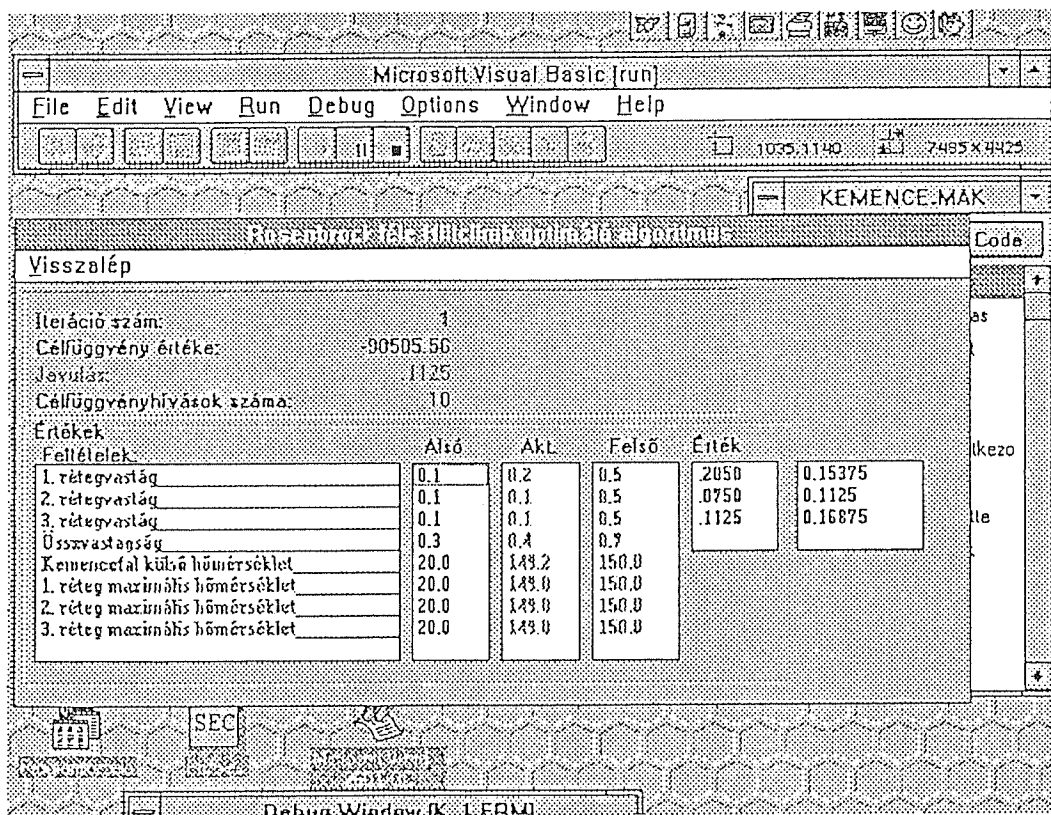
2. ábra. Anyagok kiválasztása



3. ábra. Kezdeti és peremfeltételek ellenőrzése



4. ábra. Az optimálás főbb paramétereinek kijelölése



5. ábra. Az optimálás eredményei

Az optimálás előfeltétele, hogy a tűzálló és hőszigetelő kemence építőanyagok kellően széles választéka álljon rendelkezésünkre, a feltétlenül szükséges alkalmazástechnikai és költségadatokkal. Fontos feladatunknak tartottuk tehát, hogy a tűzálló és hőszigetelő anyagok lehető legszélesebb választékának szükséges adatait számítógépen felhasználható formában feldolgozzuk.

A téglá, a massa és szálal anyagokra külön-külön állítottunk össze adatbázist. A futtatási eredmények közül egy hengerműi bugaizzító kemence előmelegítő zónájának 11 különféle falonstrukciójára végzett optimálás eredményeit közöljük az 1. táblázatban. A beépített anyagok és azok adatai a Priblico cég választékából származnak.

A kutatást az Országos Tudományos Kutatási Alap támogatásával végeztük, OTKA 4407 számú projekt keretében.

- [1] Szemmelveisz,T.,Jármai,K.,Szemmelveisz,Tné,: Computer aided design of refractories. 8th.International Conference on Thermal Engineering and Thermogrammetry. Budapest, June 2-4. 1993. Abstracts p. 87-92.
- [2] Mikó,J.,Jármai,K.,Szemmelveisz,Tné: Optimum design of wall structures of equipment working on high temperature. Heat Engines and Environmental Protection, BME Conference, Balatonfüred, 24-26. May, 1993. Abstracts 2 p.
- [3] Mikó,J.,Jármai,K.,Szemmelveiszné: Computer aided optimum design of wall structures of refractories. MicroCAD-System'93 4. Special section of the Faculty of Metallurgy, TU Kosice, Slovensko, Nov. 9 -10. 1993. Proceeding p. 6,24.
- [4] Rosenbrock,H.,H.: An automatic method for finding the greatest or least value of a function. Computer Journal, 1960, Vol.3. No.3. p.175-184.
- [5] Jármai,K.: Single- and multicriteria optimization as a tool of decision support system. Computers in Industry, Elsevier Applied Science Publishers, 1989, Vol. 11, No. 3. p. 249-266.



Futatlási eredmények egy kemence falszerkezete optimalálására

1. táblázat.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Pligun Superall 60	180										
Pligun Superall X70											
Steel light	250	180	200	150			250	250			
Plicast Verylight				180		125		150		150	220.
Plicast 27 g		250									
Plicast Bafflemix 27g			250	250							
Plisulate 950b/250	150	150	130				150		150		
HS 2					125				250	250	180
T 4					500	500					
Plicast 28g							180	180	180	180	180
Célfüggvény	117571	99083	78439	80640	121635	86620	103293	113217	87637	97966	90004
Anyagköltség Ft	90094	71643	66966	56697	30205	25411	75855	70049	59577	53712	51027
Energiaköltség Ft	27476	27439	11472	23942	91430	61208	27438	43168	28059	44254	38977

Előmelegítő kemence zóna, 5 éves amortizáció, tfb=1250, alfak=9.8, 8000 üzemóra, 14 Ft/m3 gázköltség