

TÖRÖK BÉLA – BARKÓCZY PÉTER – KOVÁCS ÁRPÁD – KÖLTŐ LÁSZLÓ –  
FEHÉR ANDRÁS – SZŐKE BÉLA MIKLÓS

## Pannóniai kora középkori ékelt vasbucák összehasonlító archeometriai vizsgálata

*A Miskolci Egyetemen és a Dunaferri Qualitest laboratóriumában az „Avar vasművesség az interdiszciplináris kutatások tükrében” című NKFIH (OTKA) kutatási projekthez kapcsolódva két, szokatlanul nagyméretű, dunántúli (Zalavár-Vársziget és Lábod-Petesmalom), 8-9. századi vasbucá összehasonlító archeometriai vizsgálatát végeztük el. A kivágott és előkészített mintákon kémiai összetételt (XRF és OES) mértünk, illetve energiadiszperzív mikroszondával felszerelt pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM-EDS) és optikai mikroszkóppal szövetszerkezetet vizsgáltunk. A vizsgálatok fontos információkat nyújtottak egyrészt a ritka régészeti leletek anyagi tulajdonságai, másrészt a hozzájuk kapcsolható metallurgiai folyamatok feltételezhető jellemzőit illetően.*

### 1. Bevezetés, vizsgálati anyagok

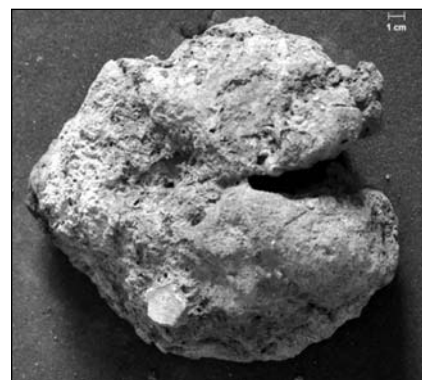
A Miskolci Egyetem Archeometallurgiai Kutatócsoportja (ARGUM) által koordinált, „Avar vasművesség az interdiszciplináris kutatások tükrében” című NKFIH (OTKA) kutatási projekt részeként a kutatócsoport néhány tagja, a vizsgálat tárgyaiban érintett régész és anyagvizsgáló kollégák bevonásával két korai középkori (8-9. századi) ún. ékelt vasbucán végzett archeometriai jellegű vizsgálatokat. A szokatlanul nagyméretű, Európaszerte is igen ritkának mondható régészeti leletek a Dunántúlon kerültek elő; a 9,5 kg súlyú, vélhetően késő avar kori buca Lábod-Petesmalom (Somogy megye) lelőhelyéről, illetve két másik vasbucá (10,2 és 10,5 kg súlyúak) került elő egy 9. századi Karoling-udvarház ásatásánál Zala-

váron (Zala megye). A zalavári bucákat – amelyek közül csak az egyiket vizsgáltuk meg – a Karoling-korban Mosaburnak nevezett grófi székhely kézműves negyedében találták meg, egy sekély gödörben [1] [2]. A lábodi vasbucá közelében vassalak, kohó mellfalazat és fúvókaleletek is előkerültek. Az utóbbiak formája alapján avar kohótelep működése volt feltételezhető, amelyet ércpörkölő gödör maradványa, illetve az ott talált, kohósításra alkalmas gyeppasértelepek is megerősítettek.

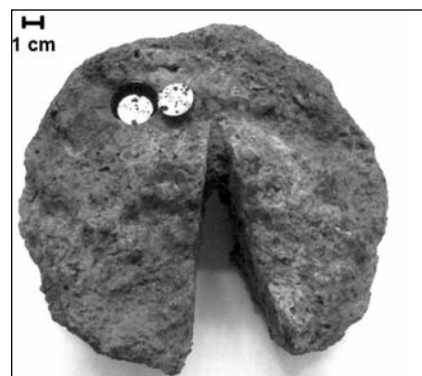
Az ősi és korai középkori vasbucák Európa-szerte ritka leletnek minősülnek, formájuk, méretük és súlyuk időben és földrajzilag is változó [3]. A korai középkorban általában az 1-3 kg-os vasbucák jellemzőek, néhány nehezebb darab a késő római, illetve az érett középkor időszakából került

elő [4]. A korabeli vasbucák egy speciális csoportját képezik az ún. ékelt bucák (1–2. ábra). Az ilyen vasbucákba a jól látható hasító(ka)t izzó (újraizzított) állapotban, baltával ütötték, és minden bizonnyal egyfajta minőségellenőrzési szerepe volt, hogy a bucakemence salaktalanított, esetleg tömörített primer terméke alkalmas-e további feldolgozásra [5].

A középkori vasbucák vizsgálata még a nemzetközi archeometriában sem túl gyakori. Európában néhány – főleg skandináv – középkori példa arról tanúskodik, hogy az ékelt vasbucák szerkezete igencsak heterogén [6].



■ 1. ábra. A vizsgált zalavári buca



■ 2. ábra. A lábod-petesmalmi buca

**Török Béla** PhD, okl. kohómérnök, okl. történelemtanár, egyetemi docens. A Miskolci Egyetem Metallurgiai Intézetének intézetigazgatója. Kutatási területe az archeometallurgia, archeometria, technikatörténet.

**Barkóczy Péter, Kovács Árpád** Miskolci egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet;

**Költő László** nyugdíjas múzeumigazgató (Somogy Megyei Múzeum);

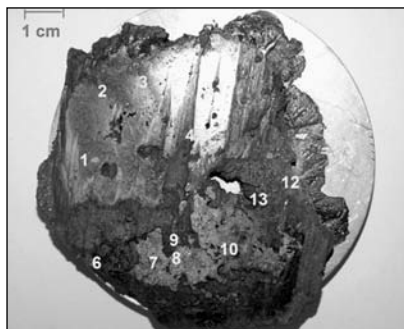
**Fehér András** nyugdíjas vizsgálatfejlesztési osztályvezető (Dunaferri Qualitest Lab. Kft.);

**Szőke Béla Miklós** az MTA doktora, MTA Bölcsészettudományi Kutatóközpont, Régészeti Intézet.

## 2. Vizsgálati módszerek

Az egyik kiválasztott zalavári, illetve a lábod-petesalmi vasbuca komplex, összehasonlító archeometriai vizsgálatát a Miskolci Egyetem Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetében – illetve a lábodi buca esetében a Dunaferr Qualitest Lab. Kft. laboratóriumában is – végeztük el. A bucából vízsugaras vágással és magfúrással történt mintavétel. A mintavételnél egyszerre ügyeltünk arra, hogy a minta lehetőleg releváns legyen a tárgy általános mikroszerkezetére vonatkozóan, információkat adjon a feltételezhető metallurgiai folyamatokról, ugyanakkor, ha szükséges, a buca eredeti állapota restaurálással visszaállítható legyen. Fontos szempont volt az is, hogy a mintavétel ne okozzon változást sem a minta, sem a buca szerkezetében, állapotában. A minták kimunkálását nehezítette a buca felületén lévő korróziós kéreg. A vizsgálati eredmények alapján a mintavételeket sikeresnek értékeltük.

A mintákat ezután metallográfiai vizsgálatra készítettük elő. Vizes csiszolás, majd gyémántpasztás polírozás után az elkészült sík felületet 2%-os Nitalban marattuk (3. ábra). A minták mikroszerkezetét optikai mikroszkóppal (Zeiss Axiolmager M1m), majd elektronmikroszkóppal (Zeiss EVO Ma10) és energiadiszperzív mikroszondás (EDAX) analízissel vizsgáltuk. Főként a különböző vizsgálati módszerek összevetése céljából ED-XRF-vizsgálatokat is végeztünk, illetve a lábodi bucák esetében az optikai mikroszkópos vizsgálatok mellett OES-módszerrel is történt kémiai elemzés. Az optikai mikroszkópi vizsgálat célja, hogy meghatározzuk a mikroszerkezet alapvető jellegét, a benne lévő fázisokat, szövetelemeket, és azok mennyiségét, morfológiáját tanulmányozzuk. Ezzel képet kaphatunk a metallurgiai folyamatok fontosabb jellemzőiről is. SEM-EDS elemzéssel a fázisok és szövetelemek elemzését végeztük, azok pontos azonosítása és összetételének megismerése végett. A kapott eredmények



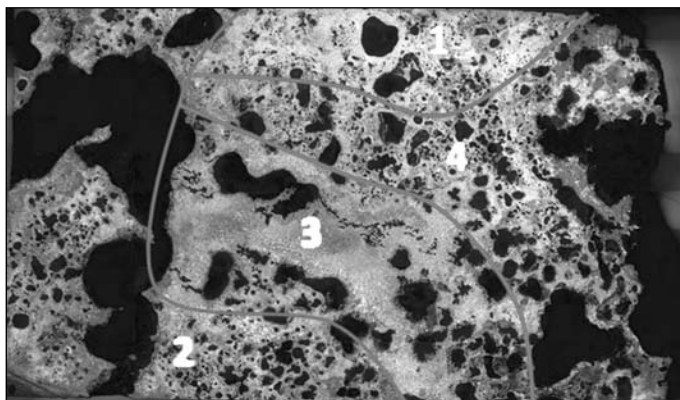
■ 3. ábra. A zalavári bucából vett, metallográfiai vizsgálatra előkészített minta

alapján igyekeztünk a metallurgiai folyamatokra következtetni, de ennek részletes leírása helyszűke miatt nem tárgya jelen írásunknak.

### Eredmények

Optikai mikroszkópi vizsgálatral megállapítottuk, hogy a bucák mikroszerkezete rendkívül inhomogén, ami a középkori „bucavas-eljárás” több helyen megfogalmazott technológiája alapján nem meglepő [7] [8]. A két vizsgált buca között jelentős különbség, hogy amíg a zalavári buca esetében egy tömörített szerkezetet vizsgálhattunk, addig a petesalmi buca esetében egy jelentősen porózus anyagszerkezetet láttunk. A zalavári bucák vélhetően átestek az újraizmitáson és tömörítésen, amíg a petesalmi esetében ez nem feltételezhető.

A zalavári buca belsejében egy tisztán ferrites, nagy szemcseméretű anyagot találunk. A ferrites területtől a buca felülete felé haladva fokozatosan emelkedik a karbon tartalom, amit a ferrit szemcseméretének csökkené-



■ 4. ábra. A petesalmi buca mintájáról készített mikroszkópi felvétel. A mikroszerkezet erősen heterogén, azonban a számmal ellátott területek azonosíthatók, ahol azonos mikroszerkezeti jegyekkel írhatók le a látottak

se és a perlit fokozatos megjelenése mutat. A felületközeli rétegek teljesen perlitesek. A ferrites és a teljesen perlitesek között az átmenet folyamatos, ami a karbon felületről induló diffúziójára utal. Emiatt a vasbuca karbon tartalmát nehéz megbecsülni, és nem is adna ebben a fázisban releváns információt. Az így kialakult réteges szerkezet azonban egybevág a korabeli vastárgyaknál tett megfigyeléseinkkel [9]. A fémes terület összetételéből érdemes kiemelni az 1% körüli mangántartalmat. A ferrit-perlitesek területben zárványokat figyelhetünk meg (4., 5., 6. ábra). Ezeknek egy része vas-oxid, ami a korrózió eredménye, és gyakorlatilag a minta mérete miatt jelenik meg. A zárványok másik része, ami a metallurgia szempontjából fontos, salakzárvány és komplex oxid. A mért kálium és nátrium mennyisége fahamura utal. A vizsgált szerkezet inhomogenitása, de főként a salakzárványok elhelyezkedése folytán az sem kizárható, hogy a nagyméretű zalavári bucát több kisebb, akár a korai középkorban „szokványos” 1-3 kg-os vasbuca többszörös újraizmitás közbeni összetömörítéséből készítették.

A petesalmi buca mikroszerkezete ennél sokkal inhomogénebb képet mutat. A 4. ábra mutatja a mikroszerkezetről készült mozaikfelvételt. Ez esetben is megfigyelhetjük az 1-es területen a szinte teljesen ferrites szerkezetet. A ferrit szemcse nagysága sokkal kisebb, mint a zalavári buca esetében. Az apróbb ferrit szemcsék a nagyobb karbonkoncentrációnak köszönhetőek, amiről a néhol felfedezhető perlit szigetek is árulkodnak. A 2-es területben ezzel ellentétes mikroszerkezetet látunk. Perlit szigeteket lehet megfigyelni, ferrit és steadithálóban. Több helyen a perlit szigetekben ferrit szemcséket is észre lehet venni. A steady többségében gömb alakban volt detektálható. A steady a kristályosodás befejező fázisában képződve elvonja a környező ausztenit karbon tartalmát, így alakulnak ki ezek a szigetek. A 3-as

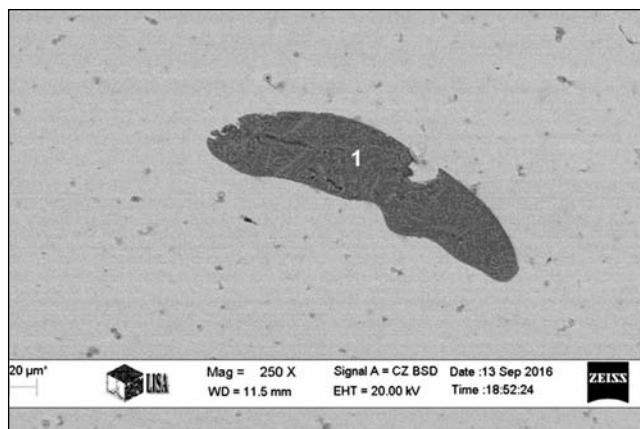
**1. táblázat.** A petesalmi buca elemösszetétele. Az értékeket tömeg%-ban adjuk meg

Elem	Fe	Si	P	As	Mn	Mg	Ca
Átlag összetétel (OES)	96	0,8	0,86	–	0,4	0,32	0,87
1-es terület	98,8–99,1	0,5–1,0	0–0,3	0,09–0,1	–	–	–
2-es terület	97,3–99,3	0,2–1,1	0,4–0,6	0,12–0,14	–	–	–
3-as terület	91,8–99,1	0,2–4,6	0,4–1,6	0,1–0,12	0–1,3	–	–
4-es terület	95,0–99,2	0,5–3,1	0,1–0,2	0,1–0,12	0–0,6	–	–

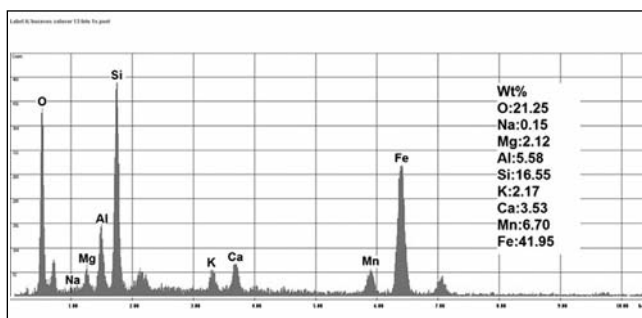
területben ugyancsak perlitkolóniákat lehet látni, a kolóniák határán vékony steadithálóval. Ez a terület jóval tömörebb, mint a többi, azonban igen nagyméretű buborékok határolják. A szöveti elemek aránya alapján a terület foszfortartalma rendkívül inhomogén. A 4-es terület alapvetően ferrit-perlites jellegű, ahol Widmanstätten-ferritet látunk a perlites mátrixban. A területben sok salakzárvány is van. Ez az a vizsgált terület, ami eléri a buca felületét, amelyet vékony salakkéreg is borít. A salakkéregben apró ferritcseppek figyelhetők meg. A vasbucá kémiai összetételét az 1. táblázat mutatja. Összehasonlításképp elmondható, hogy a lábodpetesalmi buca mangántartalma kisebb, mint a zalavári bucaké, azonban a foszfortartalma jóval nagyobb mint ~1%. A foszfortartamú steaditháló (2-es és 3-as területen) általi relatíve kis olvadáspont melegtörékenységet okozhat, ami megnehezíti, avagy súlyosabb esetben el is lehetetleníti a buca további feldolgozását, alakítását.

### Összegzés

A vizsgálat során két, kora középkori dunántúli régészeti lelőhelyről származó, nagyméretű, ékelt vasbucát vizsgáltunk. A bucákból mintát vettünk és metallográfiai vizsgálatot végeztünk. Megállapítottuk, hogy a bucák mikroszerkezete inhomogén ugyan, de a bucaszgyártás során végbemelő általános folyamatokkal összhangban állnak megállapításaink. Ugyanakkor megjegyzendő, hogy a korábbi vizsgálataink és kísérleteink alapján,



**5. ábra.** A zalavári buca egyik tipikus zárványának elektronmikroszkópos felvétele



**6. ábra.** A zalavári buca 5. ábrán bemutatott zárványának EDS-elemzése

az avar, Karoling- és honfoglalás kori „bucatechnológia” jellemző kohóinak feltételezhető méreteit, kapacitását és 10-30%-os vaskihozatalát tekintve [10] [11] ilyen nagyméretű bucák aligha születhettek egy adag kohósítása alatt az általunk eddig ismert kora középkori pannóniai bucakemencékben.

A zalavári buca belső részében nagyméretű ferriszemcséket látunk. A karbon tartalom a buca felülete felé haladva növekszik. A felület közelében teljesen perlites kérget figyelhetünk meg. A kéreg és a belső rész között ferrit-perlites szövetű folyamatos átmeneti sávot látunk, ami a kívülről induló karbondiffúzió bizonyítéka. Összetételéből az 1% körüli mangántartalom emelkedik ki. A szerkezete tömör, látszik, hogy valószínűleg át-

esett újraizzításon és tömörítésen. Zárványokat leginkább a ferrit-perlites sávban találtunk, itt a jellemző a komplex oxidokból felépülő salakzárvány volt.

A petesalmi buca esetében a zalavárral szemben vélelmezhető, hogy nem esett át tömörítésen. Ez a szerkezetben látható nagy buborékok alapján jelenthető ki. A buca mangántartalma kevesebb mint fele a zalavári buca mangántartalmának, azonban a foszfortartalma jelentős, 1% közelé. Azonban a mikroszerkezete nagyon inhomogén. Ferrites, ferrit-perlites és perlites területeket itt is találunk, de mindenhol megfigyelhető kisebb-nagyobb mennyiségben a nagy foszfortartalom miatt megjelenő steadit. Szélsőséges esetben steadithálóba foglalt ferrit- és perlitszigeteket látunk a mikroszerkezetben.

### Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítése, illetve az ahhoz szükséges kutatás a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatásával történt (NKFIH K 116396 nyilvántartási számú támogatási szerződés, illetve kutatási program).

### Irodalom

[1] Szőke, B. M.: New findings of the excavations in Mosaburg/Zalavár (Western Hungary), In: Millennium Studies in the culture and history of the first millennium C.E. Volume 5/1, The Heirs of the Roman West (Ed.: J. Henning) Walter de Gruyter, Berlin-New York (2007) p. 411–428.

- [2] Szőke, B. M.: The Carolingian Age in the Carpathian Basin. Budapest, Hungarian National Museum, 2014.
- [3] Tylecote, R. F.: The Prehistory of Metallurgy in the British Isles., London, (1986) p. 211.
- [4] Pleiner, R.: Iron in archeology: The European bloomery smelters. Archeologický ústav AV ČR, Praha, (2000) p. 233–245.
- [5] Buchwald, V. F.: Iron and steel in ancient times. Historisk-filosofiske Skrifter 29, Copenhagen (2005) p. 164.
- [6] Uo. p. 165–168.
- [7] Espelund, A.: The evidence and the secrets of ancient ironmaking in Norway. Arketype Forlag, Trondheim, (2013) p. 105–115.
- [8] La Salvia .: Iron Making during the Migration Period. BAR International Series 1715, Oxford (2007) p. 6–9.
- [9] Török, B. – Kovács, Á.: Materials Characterization of Iron and Slag Finds of the Early Medieval Avar Metallurgists; Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Metallurgy & Materials Congress (11–13. November 2010), Istanbul, 2011. p. 386–397.
- [10] Török, B. – Kovács, Á. – Gallina, Zs.: Ironmetallurgy of the pannonian avars of the 7–9<sup>th</sup>. century based on excavations and material examinations; Der Anschnitt, Beiheft 26, Bochum, (2015), p. 229–237.
- [11] Török, B.: Vasérc, vasbucsa, vas-tárgy – Az első magyar vaskohászok műhelyei és technikája a Kárpát-medencében; Bányászat-történeti Közlemények XII. (6. évf. 2. sz.), (Szerk.: Hadobás Sándor), Érc- és Ásványbányászati Múzeum Alapítvány, Rudabánya, (2011) p. 3–29.

# 50 éves a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés

## 1. Az Egyesülés létrejöttének előzményei

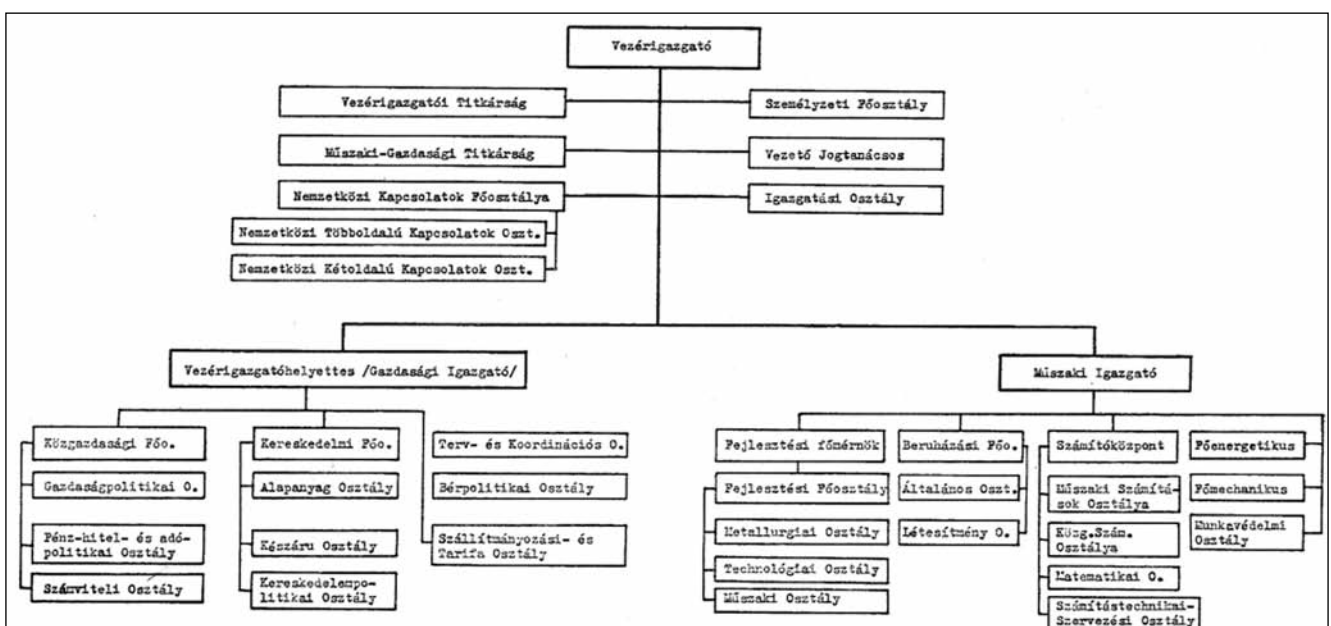
1967. február 15-én dr. Kocsis József kohó- és gépipari miniszterhelyettes a gazdasági mechanizmus reformjának végrehajtásával kapcsolatban a vaskohászat területén kialakítandó új szervezettel és annak feladataival foglalkozó értekezletet tartott. Az év folyamán az ezt követő értekezletek résztvevői tárgyalták az állami határozattal létrehozandó szakmai egyesülés társasági szerződésének tervezetével kapcsolatos álláspontokat, javaslatokat.

## 2. Az MVAE megalakulása

Az első Társasági Szerződés szerint a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülést a Gazdasági Bizottság 23/1967. /V. 11/sz. határozatával és a kohó- és gépipari miniszter J.85.152/1967. sz. utasításával kijelölt állami vállalatok, illetőleg kutatóintézet hozta létre (1. kép). Ezek a következők voltak: Lenin Kohászati Művek, Ózdi Kohászati Üzemek, Dunai Vasmű, Salgótarjáni Kohászati Üzemek, Borsodnádasi Lemezgyár, December 4. Drótművek, Ötvözetgyár, Kohászati Gyárépítő Vállalat, Magnezitipari Művek, Kohá-

szati Alapanyagellátó Vállalat, Vasipari Kutató Intézet. Az Egyesülés székhelye: Budapest, V. Október 6. u. 7. A kohó- és gépipari miniszter az Egyesülés vezérigazgatójává dr. Horváth Jánost, vezérigazgató-helyettesévé Longa Elemért nevezte ki.

A szervezet jellemzői: Az Egyesülésben résztvevő szervek az Egyesülés tevékenységét érintő lényeges kérdésekben döntéseiket az Igazgatótanácsban hozzák meg, amely az Egyesülés működését irányítja. Az Igazgatótanács az Egyesülésben résztvevő vállalatok és intézetek igazgatóiból, az Egyesülés vezetőjéből és



■ 1. kép. A miniszteri utasítással létrehozott „kényszeregyesülés” szervezeti felépítése. Az engedélyezett létszám: 236 fő