

# Scanning elektronmikroszkópos héjszerkezeti vizsgálatok a felsőpannoniai *Theodoxus radmanesti* (BRUS.) fajon

## Shell microstructure of the Upper Pannonian gastropod *Theodoxus radmanesti* (BRUS.)

MAKÁDI Mariann<sup>1</sup>

(3 ábra, 6 tábla)

### Abstract

After a short methodological description of the shell structure investigation by SEM on broken and cut sample surfaces, the present study describes the shell structure of the Upper Pannonian gastropod *Theodoxus radmanesti*. The three-layered shell consists of aragonite and calcite. Its layers of columnar, lamellar, and crossed-lamellar microstructure can be well distinguished by different magnifications. Study of the shell microstructure may facilitate exploration of taxonomic and ontogenetic features of this species.

Manuscript received: 1st November, 1994

### Összefoglalás

A tanulmány a scanning elektronmikroszkópos héjszerkezet vizsgálatnak rövid módszertani leírását adja töréses és műgyantába ágyazott, csiszolt héjpreparátumokon. Ezt követően a felsőpannonban élt *Theodoxus radmanesti* csigafaj héjszerkezetének leírását adja. A három rétegű héj kalcitból és aragonitból áll. Mikrostruktúrája oszlopos, lemezes, illetve keresztlemezes, mely szerkezeti elemek a különböző nagyításokkal jól elkülöníthetők. A faj héjfelépítésének megismerése hozzásegíthet a taxonómiai és ontogenetikai jellemzők megállapításához.

### Bevezetés

A Mollusca-vázak héjszerkezetéről kialakított kép a vizsgálati módszerek és eszközök tökéletesedésével nagy fejlődésen ment keresztül. MAJEWSKE, O.P. az 1970-es években recens puhatestű fajok héjszerkezetét vizsgálta. Tapasztalatainak leírásával jelentősen hozzájárult a fosszilis fajok struktúrájának megismeréséhez. Hazánkban először KECSKEMÉTI-KÖRMENDI A. (1981) alkalmazta és ismertette eocén Lamellibranchiatakon végzett ezirányú vizsgálatait. Az elektronmikroszkópos megismerés segítséget adhat a taxonok elkülönítéséhez,

de egyedfejlődési vonalak felvázolásához, sőt öskörnyezeti következtetésekhez is hozzájárulhat.

A *Neritidae* családba tartozó *Theodoxus*ok ma minden biofáciásban előforduló, rendkívüli alkalmazkodóképességű fajok. A pannóniai üledékképződés idején azonban csak aligsós vízben, a partközeli biofáciásokban éltek. A *Theodoxus radmanesti* (BRUS.) leginkább a kis hullámverésnek kitett, de még sekély, átvilágított vizet kedvelte, hiszen fenéken lakó, vizinövényekkel táplálkozó csigafaj volt. Az általam vizsgált egyedek mintegy 8 millió évvel ezelőtt éltek az egyre édesedő Pannon-tóban.

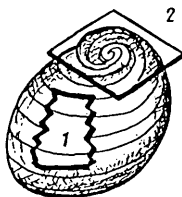
Fajai, sőt egyedei is erősen változékonyak voltak. Féltojás formájú házuk erős héjú, alakját az erősen fejlett utolsó kanyarulat határozza meg, mely a többi kanyarulatot körülöleli. Héjának felülete a növekedési vonalak által finoman bordázott. Díszítettségét különböző szélességű és számú barna csíkok adták, melyek a tengely körül spirálisan tekeredtek.

### A scanning elektronmikroszkópos vizsgálati módszer

Elektronmikroszkópos vizsgálataim célja a *Theodoxus radmanesti* (BRUS.) csigafaj héjstruktúrájának megismerése volt. Elsősorban abból a célból tanulmányoztam a héj felépítését, hogy – korábbi biometriai vizsgálataimat kiegészítve – a faj egyedfejlődési vonalait segítsen tisztázni. Jelen munka azonban csak a héjszerkezet megismerési módját és tapasztalatait ismerteti. Az általam begyűjtött és előkészített anyag Balatonfűzfő és Várpalota környéki feltárásokból származik. A mintegy 40 minta vizsgálatát a József Attila Tudományegyetem Növénytani Tanszékén KOCSIS-NÉ MIHALIK E. segítségével HITACHI S-2400 scanning mikroszkópon végeztem. A fényképeket a Földtani és Őslénytani Tanszéken NOVOSZÁTH L. készítette.

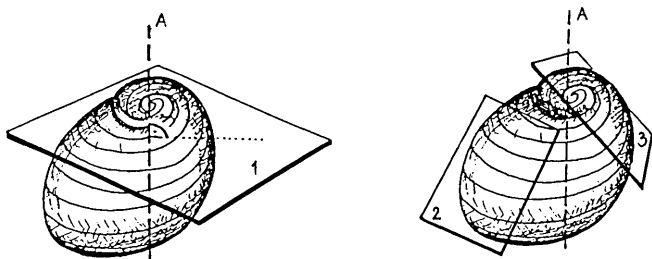
A héjszerkezet megismeréséhez a mintákat az utolsó kanyarulat középső részéből és az apikális zónából vettem (1. ábra). A metszetek főleg radiális (az axisra merőleges) vagy tangenciális (a héjfelszínnel párhuzamos) irányúak (2. ábra). E mellett a héj külső és belső felszínének megismerését is fontosnak tartottam.

A minták előkészítését kétféle technikával végeztem: 1. A valóságghú képet a tört felszínnek mutatták (I/1, III/1,2, IV/2, V/1, VI/2. tábla). A töredékekről általában több irányból készítettem felvételt. 2. Műgyantába ágyazott, illetve csiszolt felszínnek kerültek mikroszkóp alá (IV/1, V/2, VI/1. tábla). A műgyantás előkészítést NOVOSZÁTH L. végezte. Mind a tört, mind a műgyantás minták evaporálása arannyal történt.



1. ábra. Mintevételi helyek a héjon. 1. az utolsó kanyarulat középső része, 2. apikális zóna

Fig. 1. Places of sampling in the shell. 1: central part of the ultimate whorl, 2: apical zone



2. ábra. Radiális és tangenciális metszetek helyzete. 1. radiális metszet, 2. az utolsó kanyarulaton lévő tangenciális metszet, 3. csúcsi helyzetű tangenciális metszet

Fig. 2. Position of radial and tangential sections through the shell. 1: radial section, 2: tangential section through the ultimate whorl, 3: tangential section through the apical zone

A tört felszínnek vizsgálatának nagy előnye a vágott felszínekkel szemben, hogy azok több irányból is vizsgálhatók és plasztikus képet adnak. A műgyantás vágott, majd csiszolt felszínnek a szerkezeti elemek elkülönítésében nyújtottak nagyobb segítséget. Az értékelés biztonságát azonban nagyban zavarta, hogy a csiszolás során olykor hosszanti karcnyomok keletkeztek a preparátum felszínén. A karcokat a strukturális elemektől nem mindig sikerült megnyugtatóan elkülöníteni.

A fényképfelvételek általában három mérettartományban készültek: 1. *habituskép* az eligazodás érdekében (60–80x), 2. a felület mikrostruktúrájának összképéről egy *kis nagyítású* felvétel (300x), 3. *erősebb nagyítás* az ultrastruktúra megfigyelésére (400–10000x).

### Vizsgálati eredmények

Az előzőekben bemutatott vizsgálati módszer segítségével a *Theodoxus radmanesti* faj héjszerkezete alapvetően megegyezik a Neritidae család MAJEWSKE (1974) által leírt struktúrájával. E faj héja 3 rétegű, melynek felépítésében a kalcit és az aragonit egyaránt részt vesz. A kalcitból álló, 17–22  $\mu\text{m}$  átlagvastagságú külső réteg lemezes-oszlopos szerkezetű. A középső és belső réteget lemezes aragonit alkotja. A középső réteg keresztlemezes, a belső réteget összetett keresztlemezes felépítést mutat (I/1. tábla).

#### A külső felszín

A külső kalcitréteg felszínén szabad szemmel és fénymikroszkóppal a színdíszítettséget adó sötétbarna csíkok és az azokat keresztelő növekedési vonalak jól elkülöníthetők. A SEM-felvételeken természetesen csak a növekedési vonalak

látszanak (I/2. tábla). Markáns vonalak átlagosan 100–130 mikrométerenként követik egymást. A csúcsi helyzetű kanyarulatokon kevésbé erőteljesek (II/2. tábla). A szomszédos kanyarulatok növekedési vonalai a varratvonalakban hegyesszögben találkoznak egymással (II/1. tábla).

### A külső kalcitréteg

A faj héjának nagy ellenállóképesége főként a kalcitrétegnek köszönhető. A tangenciális metszeten leveles szerkezetű kalcit radiális metszeten oszlopos struktúrát mutat (III/1. tábla). A kalcitlemezek 3–6  $\mu\text{m}$  átmérőjű oszlopocskák-ból állnak össze.

### Az aragonitos középső réteg

A kalcitréteg alatt keresztlemez aragonit következik, melynek határa jól megfigyelhető (III/2. tábla). A  $\text{CaCO}_3$ -lemezkek kötegekbe rendeződnek és egymást különböző szögben érik el. A héj egyetlen szakaszán sem tangenciális helyzetűek, tehát a felszínnel nem párhuzamos lefutásúak (IV/1. tábla). Nagy nagyítással az is látható, hogy a lemezek is tulajdonképpen rostkötegek (IV/2. tábla). E réteg vastagsága változó, attól függően, hogy a héj melyik szakaszán van. Fokozatosan átmegy a belső rétegbe.

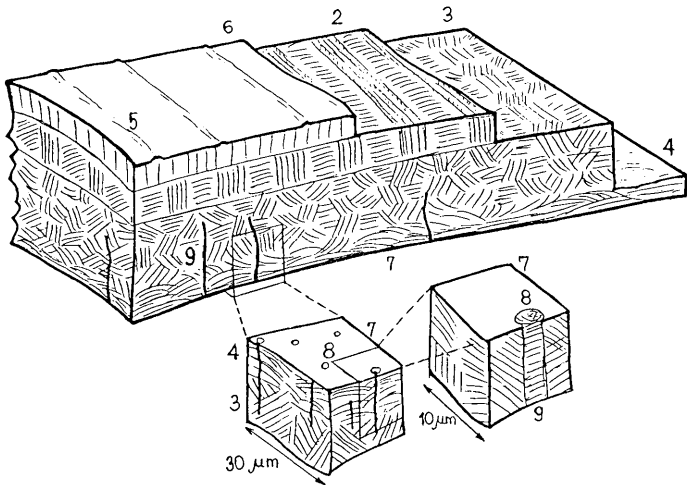
### Az aragonitos belső réteg

A változó vastagságú, aragonitból álló belső réteg összetett keresztlemez struktúrát mutat, mely többnyire szabálytalan elrendezésű (V/1. tábla). A héj bizonyos szakaszain (pl. a szájadék hasoldalán) a keresztlemez szerkezet levelessé simul (V/2. tábla). Máshol (pl. az apikális kanyarulatokon) hiányzik is (VI/1. tábla), az axist viszont csak az a struktúra alkotja. A rétegben helyenként "csatornácskák" fedezhetők fel, melyek a héjfelszínre mindig merőlegesek (VI/2. tábla). Nagyobb nagyításnál látható felszínnel párhuzamos mikrolemez szerkezetük. Szerepük még tisztázatlan.

### A belső felszín

A levelessé rendeződő keresztlemez szerkezetű aragonitréteg belső felszíne homogén, aprószemcsés. Néhány felvételen (ezres nagyságrendű nagyításoknál) egymástól kb. 10–15  $\mu\text{m}$  távolságban, nagyjából egyenletes eloszlásban, de nem szabályos elrendeződésben kerekded mélyedések, "lyukak" láthatók. Valószínűleg összefüggnek a "csatornácskákkal". Ott láthatók, ahol a "csatornácskák" elérik a belső felszínt.

A fentiekben megkíséreltem bemutatni a *Theodoxus radmanesti* faj héjszerkezetének jellemzőit, melyet a 3. ábra foglal össze. Fajspecifikus jellemzőinek elkülönítése, illetve fejlődéstani sajátosságainak feltárása ígéretes, de további vizsgálatokat igényel.



3. ábra. A *Theodoxus radmanesti* héjának elvi felépítése. 1. külső, leveles szerkezetű kalcitréteg, 2. keresztlemez aragonitréteg, 3. összetett keresztlemez aragonitréteg, szabálytalan elrendezésben, 4. leveles szerkezetű keresztlemez aragonitréteg, 5. növekedési vonalak, 6. külső felszín, 7. belső felszín, 8. kerekded mélyedések, 9. "csatornácskák"

Fig. 3. Structure of the shell of *Theodoxus radmanesti*. 1: outer foliated calcite layer, 2: crossed-lamellar aragonite layer, 3: irregular, complex crossed-lamellar aragonite layer, 4: foliaceous crossed-lamellar layer, 5: growth lines, 6: outer surface, 7: inner surface, 8: round depressions, 9: tiny "channels"

### Irodalom – References

- BOGGILD, O.B. (1930): The shell structure of the mollusks. Kopenhavn, 231–325.
- BOHN-HAVAS M., KECSKEMÉTI-KÖRMENDI A., KÖRPÁS-HÓDI M., KRLOPP E. (1978): Makrofossziliák scanning elektronmikroszkóppal történő vizsgálatainak eredményei – Földt. Int. Adattár, kézirat.
- DENIS, A. (1972): Essai sur la microstructure de teste de Lamellibranches – Travaux du Labor de Paleont. Orsay, 1–89.
- KECSKEMÉTI-KÖRMENDI, A. (1981): Scanning elektronmikroszkópi héjszerkezeti vizsgálatok eocén Lamellibranchiatakon – M. Áll. Föld. Int. Évi. Jel. az 1979. évről, 357–385.
- KOBAYASHI, I. (1969): Internal microstructure of the shell of Bivalve, Mollusca – Am. Zool. 9, 3, 663–672.
- MAJEWSKE, O.P. (1974): Recognition of Invertebrate Fossil Fragments in Rocks and thin Sections – Leiden, 101 p.

- MAKÁDI M. (1996): A *Theodoxus radmanesti* (BRUS.) biometriai vizsgálatának eredményei – Földtani Közlöny 125. 1–2. pp. 89–112.
- MAKÁDI M. (in prep.): A *Melanopsis bouei sturi* FUCHS héjszerkezete scanning elektronmikroszkópos vizsgálatok alapján – Földtani Közlöny
- SOLEM, A. (1970): Malacological Applications of Scanning Electron Microscopy I. Introduction and Shell Surface Features – The Veliger, California Malacozoological Society, inc. Berkeley, 12. 4. 394–400.
- A kézirat beérkezett: 1994. november 1.

## Táblamagyarázat – Explanation of plates

### I. tábla – Plate I

1. A *Theodoxus radmanesti* háromrétegű héja (Várpalota, buszpályaudvar 5. réteg) – radiális metszet (200x). A. külső leveles szerkezetű kalcitréteg, B. keresztlemez aragonitréteg, C2. összetett keresztlemez aragonitréteg szabálytalan elrendezésben, D. belső felszín  
*The three-layered shell of Theodoxus radmanesti (locality of sample: Várpalota, bus station, layer number 5). Radial section. Magnification: 200x. A: outer foliated calcite layer, B: crossed-lamellar aragonite layer, C2: irregular, complex crossed-lamellar aragonite layer, D: inner surface*
2. A *Theodoxus radmanesti* külső héjfelszíne növekedési vonalakkal és utólagos oldási nyomokkal (Várpalota, buszpályaudvar 5. réteg) (300x). N. növekedési vonalak, O. oldási nyomok (üregek)  
*The outhter shell surface with the growth lines (N) and with the cavities formed by subsequent solution (O). (Locality: Várpalota, bus station, layer number 5.) Magnification: 300 x.*

### II. tábla – Plate II

1. A *Theodoxus radmanesti* héjfelszíne a csúcsi helyzetű kanyarulatokon (Balatonfűzfő-Gyártelep 8. réteg) (100x)  
*The shell surface in the apical whorls. (Locality: Balatonfűzfő-Gyártelep, layer number 8.) Magnification: 100x*
2. A *Theodoxus radmanesti* külső héjfelszínén lévő növekedési vonalak a varratvonalnál (Balatonfűzfő-Gyártelep 8. réteg) (200x). N. növekedési vonalak, V. varratvonal  
*Growth lines (N) at the sutura (V). (Locality: Balatonfűzfő-Gyártelep, layer number 8.) Magnification: 200x*

### III. tábla – Plate III

1. A *Theodoxus radmanesti* külső, leveles szerkezetű kalcitrétege (Várpalota, buszpályaudvar 5. réteg) növekedési vonal menti radiális metszet (4000x)  
*The outhter foliated calcite layer. (Locality: Várpalota, bus station, layer number 5.) Radial section along a growth line. Magnification: 4000x*
2. A kalcitréteg és az aragonitréteg élesen elkülönülő határa *Theodoxus radmanesti*nél (Várpalota, Kikeri-tó) tangenciális metszet (1000x). A. külső kalcitlemez, B. középső, keresztlemez aragonitréteg  
*The well-defined boundary between the outhter calcite layer (A) and the middle crossed-lamellar aragonite layer (B). (Locality: Várpalota, Kikeri lake) Magnification: 1000x*

### IV. tábla – Plate IV

1. Keresztlemez struktúra a *Theodoxus radmanesti* héjmetszetén (Balatonfűzfő-Gyártelep 21. réteg), műgyantás készítmény, radiális metszet (300x). A. leveles kalcitréteg, B. keresztlemez aragonitréteg, K. külső felszín, a–b. különböző irányban rendeződött rostkötegek

*Crossed-lamellar structure. (Locality: Balatonfűzfő-Gyártelep, layer number 21.) Sample embedded into synthetic resin. Radial section. Magnification: 300x.. A: foliated calcite layer, B: fibre packets of the crossed-lamellar structure*

2. Aragonit rostkötegek felszínfeletti elvégződése a kalcitréteg határánál *Theodoxus radmanestini*él (Várpalota, buszpályaudvar 5. réteg) – tangenciális metszet (2000x). A. leveles kalcitréteg, B. keresztlemez szerkezet rostkötegei  
*Outer ending of aragonite fiber packets at the boundary with the calcite layer. (Locality: Várpalota, bus station, layer number 5.) Tangential section. Magnification: 2000x. A: foliated calcite layer, B: fibre packets of the crossed-lamellar structure*

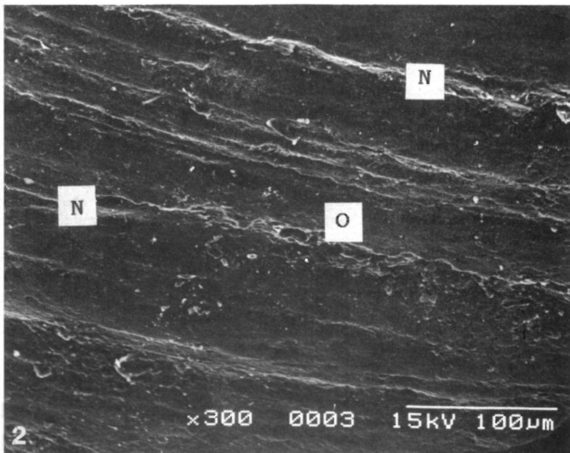
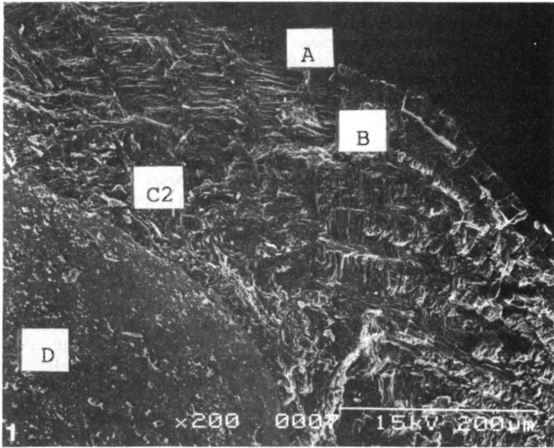
#### V. tábla – Plate V

1. A *Theodoxus radmanesti* héjszerkezete (Várpalota, buszpályaudvar 5. réteg) – radiális metszet (300x). A. külső kalcitréteg, B. keresztlemez szerkezet, C1. szabálytalan, összetett keresztlemez szerkezet, C2. levelessé simuló, összetett keresztlemez szerkezet, D. belső héjfelszín  
*The shell structure of Theodoxus radmanesti (Locality: Várpalota, bus station, layer number 5.). Radial section. Magnification: 300x. A: outer calcite layer, B: crossed-lamellar structure, C1: irregular, complex crossed-lamellar structure, C2: foliaceous, complex crossed-lamellar structure, D: inner shell surface*
2. A *Theodoxus radmanesti* héjszerkezete a szájadék melletti "hasi" zónában (Balatonfűzfő, Papvásári-szőlőhegy 27. réteg) – műgyantás készítmény, radiális metszet (200x). A. külső kalcitréteg, B. keresztlemez szerkezet, C1. szabálytalan összetett keresztlemez szerkezet, C2. levelessé simuló összetett keresztlemez szerkezet, D. belső héjfelszín  
*The shell structure of Theodoxus radmanesti in the ventral zone, at the aperture. (Locality: Balatonfűzfő, Papvásári-szőlőhegy, layer number 27.) Sample embedded into synthetic resin. Radial section. Magnification: 200x. A: outer calcite layer, B: crossed-lamellar structure, C1: irregular, complex crossed-lamellar structure, C2: foliaceous, complex crossed-lamellar structure, D: inner shell surface*

#### VI. tábla – Plate VI

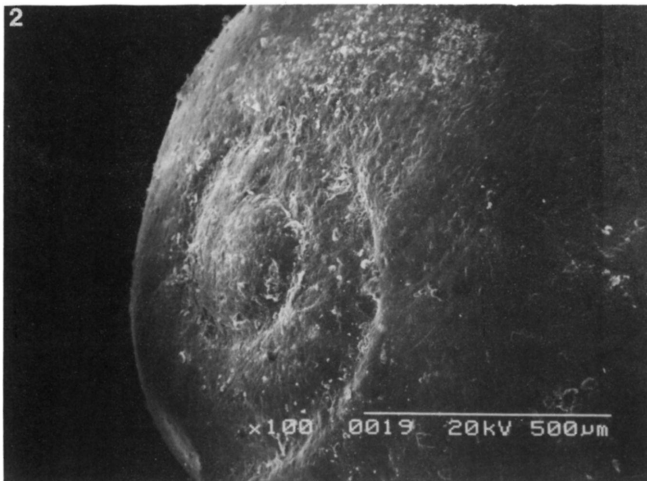
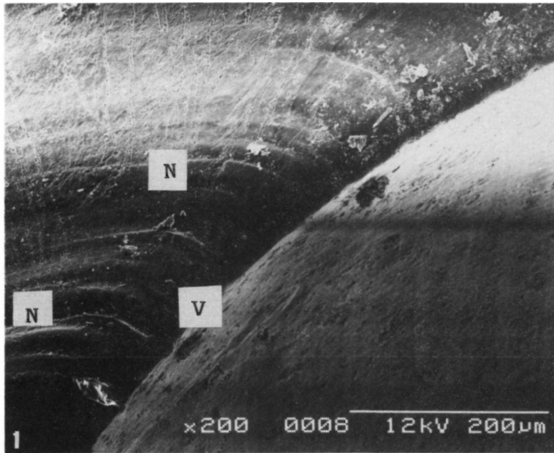
1. A *Theodoxus radmanesti* egy kanyarulatának keresztmetszete az apikális zónából (Balatonfűzfő-Gyártelep 21. réteg) műgyantás készítmény, tangenciális metszet (80x). A. külső leveles kalcit, B. keresztlemez aragonit, C1. szabálytalan, összetett keresztlemez szerkezet, C2. leveles, összetett keresztlemez szerkezet  
*Cross-section of a whorl through the apical zone. (Locality: Balatonfűzfő-Gyártelep, layer number 21.) Sample embedded into synthetic resin. Tangential section. Magnification: 80x. A: outer foliated calcite layer, B: crossed-lamellar aragonite layer, C1: irregular, complex crossed-lamellar structure, C2: foliaceous, complex-crossed-lamellar structure*
2. Összetett, keresztlemez szerkezet *Theodoxus radmanesti* héjában "csatornácskával" (Várpalota, buszpályaudvar 5. réteg) – radiális metszet (500x). C1. szabálytalan, összetett keresztlemez szerkezet, Cs. "csatornácskák", D. belső felszín homogén aprózemcsés szerkezetűje (roncsolt)  
*Complex crossed-lamellar structure with tiny "channels". (Locality: Várpalota, bus station, layer number 5.) Radial section. Magnification: 500x. C1: irregular, complex crossed-lamellar structure, Cs: tiny "channels", D: homogeneous, microgranular structure of the inner surface (corroded)*

I. Tábla – Plate I.

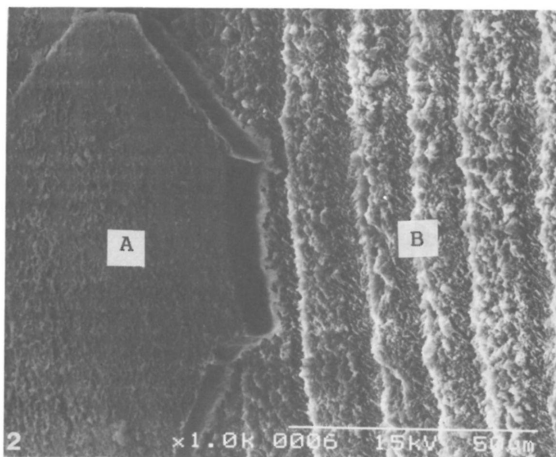
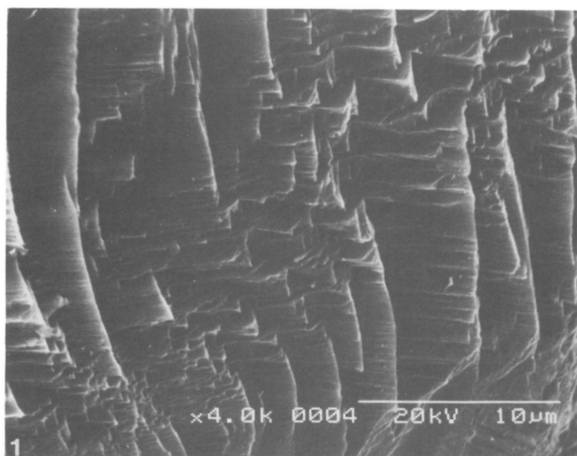




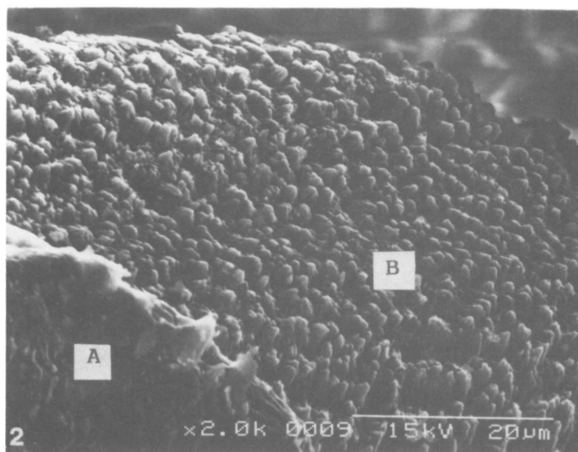
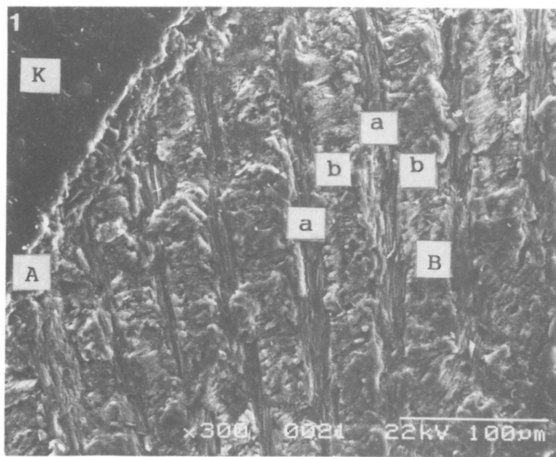
II. Tábla – Plate II.



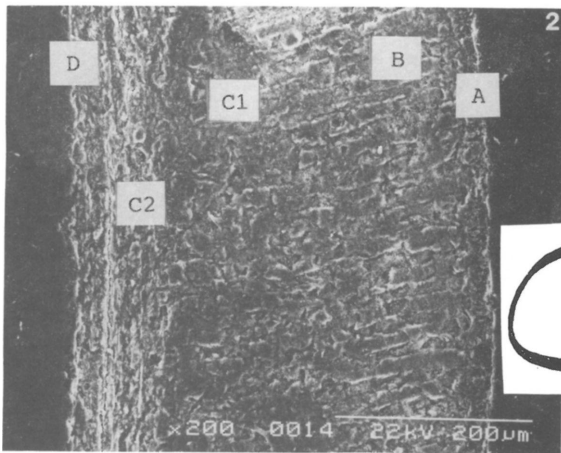
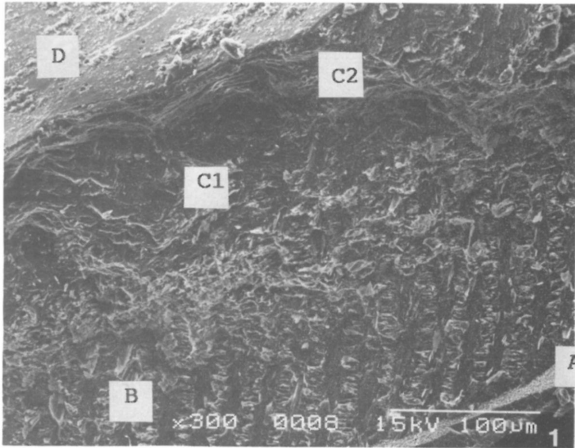
## III. Tábla – Plate III.



IV. Tábla – Plate IV.



V. Tábla – Plate V.



VI. Tábla – Plate VI.

