

ból származó törmelékfelhalmozódás (mangánoklasztit). Ez a lepusztítás megismétlődő folyamat lehetett az alsó-kréta és eocén folyamán, de egyik esetben sem jelenti a mangánérckiválás különböző korát, sem annak szárazföldi, mocsári újrakeletkezését, hanem csak a liász mangánércösszetétel különböző időszakokban felaprózott, abráziós törmelékének helybenmaradt, el nem szállított részlegét. A továbbkutatás tekintetében ezek a megkülönböztetések lényegesek lehetnek. Ezeknek az ellentéteknek felismerése mutatja, hogy a dialektikus módszer nemcsak az összetartozók egybekapcsolását teszi lehetővé, hanem a látszólagos azonosságok megkülönböztetését is.

A bakonyi mangánképződés kérdésösszetételének ilyen vizsgálata első szemléltetése nálunk a tengeri üledékképződés szovjetmódszerű dialektikus vizsgálatának. A kérdések megoldása még ezzel nincs lezárva, a további részletek szükséges vizsgálata még folyamatban van. A keletkezési viszonyok részletes elméleti ismerete adja meg a bakonyi mangánérc kutatásban a mangánérc gyakorlati továbbnyomozásának lehetőségét. A dialektikus földtani módszer összekapcsolja tehát az elméletet a gyakorlattal, a belső laboratóriumi vizsgálatot igazoló élő megvalósulással. Ez teszi számunkra a materialista dialektika tudatos alkalmazását legmagasabbrendű kutató módszerré, nélkülözhetetlen tudományos fegyverzetté.

## ANYAGSZERKEZET LEFÉNYKÉPEZÉSE „KÉTHULLÁMÚ” MIKRO-SZKÓPPAL

SZTRÓKAY KÁLMÁN IMRE\*

A földtani tudományok jelenlegi lendületes fejlődése szorosan összefügg a szakágazatok kutatási módszereinek és eszközeinek tökéletesedésével. A Föld felépítéséről, fejlődéséről, a rajta végbemenő történésekről megfelelőbb kép csak a jól kidolgozott részletekből alakítható ki. Megalapozottabb összesítésekhez csak akkor juthatunk, ha a kép egyes mozzanatai tüzetesen ki vannak vizsgálva.

A részleteken mindenekelőtt az anyagfelépítés megismerését kell értenünk, minthogy végső fokon bármilyen földtani esemény létrejöttének, ill. lezajlásának oka az anyagszerkezet sajátágaiban rejlik. Az anyagszerkezet közelebbi felderítésén épül fel új, egységes földtani szemléletünk.

Kerek 40 esztendeje, hogy az első valós képet nyertük az anyagfelépítés törvényszerűségeiről. A kezdeti eredmények még elszigetelt érvényűek voltak, s főként csak a kristálytan, kristályfizika egyes jelenségeit magyarázták. A megismerések azonban rohamosan gyarapodtak. Az atomszerkezeti ismeretek gazdagodásával széles összefüggések bontakoztak ki, s forradalmi változások támadtak a földtani ismeretek értékelésében. Legnagyobbat a geokémia fejlődött. Mindaz, amit ma a földfelépítésre, az elemek eloszlási törvényszerűségeire, a kiválási sorrendre, az elemülülés szabályaira vonatkozólag sikerült elérni, elsősorban az anyagszerkezeti vizsgálatok előrehaladásával függ szorosan össze.

Módszertani tekintetben az anyagi felépítés megismerésének nagy nehézségekkel kellett megküzdenie. A szilárd anyag rácsépítményéről csak közvetett képünk volt s azt csak a matematikában kellően járatosak tudták az érdekeltek szélesebb körei számára hozzáférhetővé tenni. Az első (L a u e-féle) kísérlet óta több, s kétségtelenül használhatóbb módszer honosodott meg, majd nemzetközi táblázatok is megkönnyítették a számítások elvégzését, azonban minden esetben a röntgensugarak rácsinterferenciáiból kellett a tényleges helyzeteket, ill. az anyag felépítésének képét megszerkeszteni.

Mindezek a lépések az anyagszerkezet számos új részletének kinyomozását tették lehetővé; az új megismerésekből pedig újabb következtetések származtak. Felvetődött az eszményi és tényleges (ideális és reális) kristályépítmény fogalma.

\*Részlet az Ásvány-kőzettani Szakosztály 1952. október 15-én tartott elnöki megnyitójából.

Ennek részletei körül az irodalomban széles vita támadt, mert a közvetett eljárással nyert kép elsősorban az ideális állapot felderítésére törekedett, amiből pedig a való helyzet igen gyakran csak bizonyos kiegészítésekkel magyarázható meg.

Megismeréseink során állandóan kísértett a kristályszerkezet közvetlen leképezésének (ill. lefényképezésének) megvalósítása is. Nagy előrehaladást jelentett e téren az elektronsűrűség eloszlásának megállapítása, azaz a rácspontokban lévő atomok szóróképeségének Fourier-elemzéssel történő meghatározása, ami a rácsot alkotó atomok alakjáról, elhelyezkedéséről, sőt kötésviszonyairól tájékoztat. Ez a módszer azonban hosszadalmas; bonyolult műszerekkel hosszas számítások árán kaphatjuk meg a kristály egy-egy kiválasztott rácsíkjának megint csak elméleti megfontolásokkal kiegészített képét.

Ezekkel az eredményekkel egy időben út utakat kereső kutatások indultak meg a rácsszerkezet építményének bemutatása céljából.

Először H. Boersch (Z. techn. Physik, 1938) hívta fel a figyelmet arra, hogy a kristály atomjainak fényképét elő lehetne állítani az ú. n. reciprokrácsának megfelelő finom lyuksoron keletkező diffrakció segítségével. A. L. Patterson már előtte foglalkozott a kérdéssel. Eljárása, a Patterson-szintézis azonban csak részben közelítette meg a célt. Jóval előbbre jutott W. L. Bragg (Nature, 1939), aki ú. n. röntgenmikroszkópjával már le is fényképezte a diopszid atomjait. Azonban Bragg módszerével is a szerkezeteknek csak elenyészően kis esportját lehetett lefényképezni, azokat, amelyeknek diffrakciós színepei fázisban mind megegyeztek.

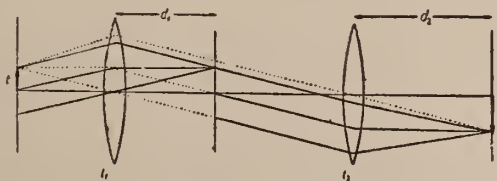
Ékkor, az eddigi tapasztalatok felhasználásával M. J. Buerger (Proc. Nat. Acad. Sc. 1950) olyan eljárást dolgozott ki, mely már elvileg kiküszöböli a felmerült akadályokat. Berendezése a kéthullámú mikroszkóp elnevezést kapta. Az egyszerű mikroszkóp egész optikai rendszerét egy és ugyanazon fényvel világítjuk át; viszont az új összeállítás szerint a fényt a tárgy diffrakciós képének síkjában más hullámhosszú sugárással helyettesítjük, s ez terjed tova az optikai rendszerben. A kép tehát két szakaszban nagyítható fel úgy, hogy mindkét szakaszban más hullámhosszú rezgést használunk. Minthogy a keletkezett nagyítás nemcsak a kép- és tárgytávolságnak, hanem a két felhasznált hullámhossz hányadosának is függvénye, az eddigieknél lényegesen nagyobb nagyítás érhető el. A leegyszerűsített kifejezés szerint:

$$N = \frac{d_2}{d_1} \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

ahol  $N$  a nagyítás,  $d_1$  és  $d_2$  a kép-, ill. tárgytávolság,  $\lambda_1$  és  $\lambda_2$  a kétféle rezgés hullámhossza.

Ha röntgensugarat és látható fényt használunk, akkor a végső nagyítás nagyságrendje olyan, hogy azzal már az atomok láthatóvá válnak.

A készülék működésének elvét az alanti vázlat szemlélteti. Vizsgáljuk először a szokásos optikai rendszert. Ha az  $l_1$  lencse bal fókuszába megvilágított tárgyat ( $t$ ) teszünk, annak nagyított képe az  $l_2$  lencse fókuszában jelenik meg, miként ezt a geometriai optika szerkesztése szerint a kép pontozott vonalai szemléltetik. A folyamat azonban — és itt van a dolog lényege — a Huygens-féle értelmezés szerint két egymásután keletkező diffrakcióból tevődik össze.



1. ábra.

A diffrakció v. fényelhajlás jelensége akkor áll elő, ha pl. pontszerű forrásból kiinduló rezgések megfelelő résen haladnak át s így tovaterjedésük alatt egyenlőtlen utakat futnak be, tehát köztük fáziskülönbségből eredő interferencia támad. A fényelhajlás létrejön minden optikai műszerben, amikor a lencsefoglalat mint a hullámfelület útjában lévő rés működik, tehát az érkező rezgésnek csak egy részlegét engedi a készülékbe.

Ezek alapján tehát az előbb vázolt folyamatot úgy kell tekintenünk, mint két egymásután keletkező diffrakciós jelenséget. Azaz a tárgyról érkező párhuzamos sugarakat az első lencse a jobb fókuszába egyesíti. Ez lesz a tárgy első diffrakciós képe. Az innen kiinduló sugarakat pedig a második lencse egyesíti felhasználható képpé. Másszóval: a keletkezett második kép nem más, mint „a tárgy diffrakciójának diffrakciója”. A kétfokozatú diffrakció egybekapcsolódását a rajz folytonos vonalai szemléltetik.

Ha a tárgy periódusos jellegű, akkor a diffrakciós képen is különálló (diszkrét) spektrumok jelentkeznek. Ha a tárgy rácszerű periodicitású, az első diffrakciós kép a tárgyács reciprok rácsa; a végső kép pedig ennek a reciprok rácsnak a diffrakciós képe — Természetesen, ha az első képben a színek rácspontszerűen helyezkednek el, akkor a második kép szintén periódusos.

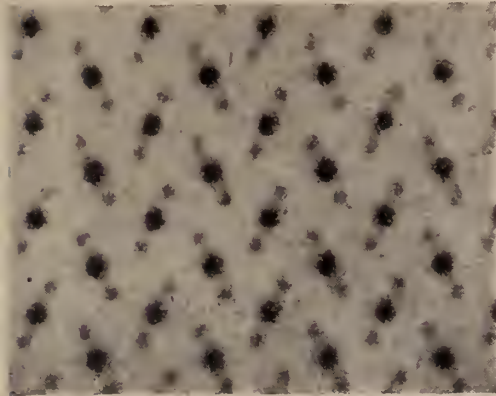
A további lépés annak megállapítása volt, hogy milyen sugárzásokat előnyös használni. Ha mindkét fokozatban ugyanazt a rezgést vesszük igénybe, előbbre nem jutunk (mikroszkóp), de ha két igen különböző hullámhosszúságú sugárzást használunk fel, pl. először röntgenfényt, majd látható fényt, akkor igen nagy nagyítást lehet — a  $\lambda$ -különbségből eredően — elérni (*MoK $\alpha$* -sugárzással, majd egyszínű zöld fény felhasználásával  $3 \times 10^5$ -szeres nagyítást kapunk). Ezzel a nagyítással egy  $\text{Å}$ -nyi átmérőjű atom  $0,03$  mm átmérőjű körként jelenik meg, amit már megfelelő berendezéssel látni lehet.

Az elv ismertetése után az egyes fogások és részletek elhagyásával, csak azt a főnehézséget említjük meg, mellyel a kivitelezésben meg kellett küzdeni. Ma még nincs olyan berendezésünk mely az első sugárzással a másodikat megfelelő fázisban ki tudná váltani, azaz összefűződve gerjeszteni. Ezen a szerkesztők úgy segítettek, hogy forgókristályos, vagy az újabb de Jong-Bouman módszerrel felvettelt készítettek, erről előállították a reciprok kép modelljét oly módon, hogy fémlemezbe minden színekpi pontnak megfelelően finom lyukacsokat fúrtak. A lyukacsok mindegyikébe kis foglalatban elhelyezett, kényesen preparált csillámlemezket építettek, hogy ennek segítségével hullámváltást, azaz fázismodulációt érhessek el. Az anizotrop lemezek síkjának megfelelő elfordításával minden egyes spektrumponthoz tartozó fázist beszabályoztak.

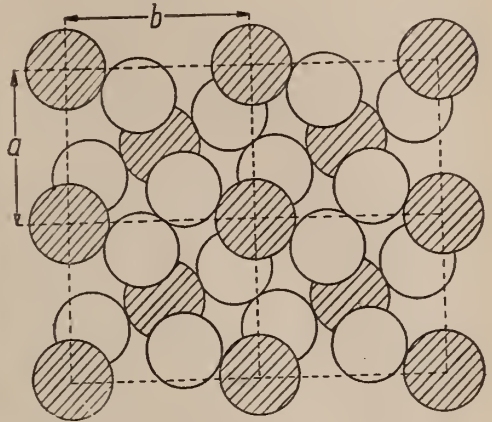
Ezt a rácsmodellt hátulról higanyívlámpával világították meg és  $5460 \text{ Å}$  súlypontú szűrővel egyszínű fényt bocsátottak rajta keresztül; az előálló diffrakciókat pedig lencserendszeren át egy képpé egyesítették. Így a markazit szerkezetéről a  $2/a$  sz. képen bemutatott felvételt nyerték. A képen köralakú fekete pontok rendszeré jelent meg, melyek közül az erősebbek a 26 elektronos vasatomok, a halványabbak és kisebbek a 16 elektronos kénatomok képei. A foltok feketedései tehát pontosan visszaadják az elektronsűrűségi viszonyokat is. A vasatomokhoz nem is volna szükség fázisszabályozásra, de a kénatomok hű leképezése megkövetelte a pozitív és negatív fázisok beállítását. A felvétel és a korábban készült markazit-szerkezet rajza közli egyezés meglepő (2/b kép). E szerkezeti rajz körei nem fejezik ki az elektronsűrűséget; csupán az atomok elhelyezkedésének és — a rádiuszaik méretében — illeszkedésük módjának jelképezésére szolgálnak.

Az új módszer használhatósága még nem jutott odáig, hogy bármely kristályról készíthessünk szerkezeti képet. Még több részlet kidolgozására, ill. finomítására s egyszerűsítő módszeres fogásokra van szükség. De az első eredmények-

ből kitűnik, hogy igen fontos, alapvető kérdések tisztázására alkalmas vizsgálati irány van születőben, melynek jelentősége, ha nem is ér fel az első röntgeninterferenciák felfedezésével, elvében hasonló lépést jelent az anyagfelépítés megismerésének útján.



2/a ábra.



2/b ábra.