

METALLOGRÁFIAI VIZSGÁLATOK

ÍRTA: CSEH-BOGNÁR SÁNDOR
CSEHBOGNAR@T-ONLINE.HU

LEKTORÁLTA: CSEHNÉ DR BÁDER ENIKŐ

AZ ATESTOR KFT MEGBÍZÁSÁBÓL

2012 JANUÁR

TARTALOMJEGYZÉK

1.	Mintavétel:	4
2.	Mintabefogás és beágyazás	5
3.	Csiszolás.....	7
4.	Polírozás.....	11
5.	Maratás.....	13
6.	Mikroszkópos vizsgálat.....	17

A metallográfia a fémek és ötvözetek fizikai, kémiai tulajdonságait kutatja, a fémek síkcsiszolatainak készítésével és elemzésével foglalkozik. Segítségével információkat nyerhetünk az anyag mikroszkópon megfigyelhető szerkezetéről (mikroszerkezetéről vagy szövetszerkezetéről). Megismerhetjük az anyag kristályszerkezetét, az anyagot alkotó fázisok mennyiségét, milyenségét, szemcsenagyságát, szemcseeloszlását stb. Felismerhetjük az anyagban lévő anyaghibákat (repedéseket, zárványokat, dúsulásokat, inhomogenitásokat, korróziót, stb.). Metallográfiai módszerekkel nemcsak fémek, hanem kerámia, polimer, kompozit és más anyagok is vizsgálhatók.

A vizsgálathoz elengedhetetlen a mintavétel és a minták szakszerű előkészítése.

Ahhoz, hogy az anyagok szövetszerkezetét mikroszkóppal eredményesen lehessen vizsgálni, megfelelő csiszolatot kell rajtuk készíteni (azaz a mintadarabon egy sima, sík felületet kell kialakítani.). Ez nem egyszerű feladat; különösen, ha figyelembe vesszük a vizsgálandó anyagok sokféleségét és a vizsgálatok változatos céljait. Másképpen kell csiszolni, polírozni, maratni az alumíniumot, a keményfémeket, az öntöttvasat, a lágyacélt, a sárgarezet; a kerámiákat, a kompozitokat, stb.

A megfelelő módszerek és eszközök (minta-előkészítő és a vizsgáló berendezések) kiválasztása és helyes alkalmazása kulcskérdése a metallográfiai vizsgálatoknak. A csiszolatok gyenge minősége miatt a vizsgálatokból származó következtetések nem mindig megfelelőek. A gazdasági szempontokat is figyelembe véve az sem mindegy, mennyit kell várni egy anyagvizsgálat eredményére és ez mekkora munkaerő ráfordítást igényel. A következőkben ezért foglalkozunk alaposabban a metallográfiai csiszolatkészítés korszerű módszereivel.

1. Mintavétel

A mintavétel során figyelembe kell venni a vizsgálni kívánt anyag tulajdonságait. Fontos, hogy a vizsgálatra kijelölt mintadarab valóban a vizsgálandó anyagra jellemző legyen (pl. magába foglalja az anyaghibás részeket) és változatlan maradjon a kivágás műveletei közben. Fokozottan ügyelni kell arra, hogy a mintát a mintavétel (vágás, darabolás) során mechanikai vagy hőhatás ne érje, hogy ne következzen be szövetszerkezet- vagy kristályszerkezet-változás, mert ezzel meghamisítjuk az eredményt!

A megfelelő mintavételhez alkalmazandók az olyan vágógépek, amelyek hűtőrendszerrel is rendelkeznek (1., 2. ábra). A különféle anyagokhoz különböző típusú vágótárcsák állnak rendelkezésre. A darabolni kívánt minta anyagának (keménységének) és geometriai méretének függvényében kell megválasztani a megfelelő vágótárcsát, és kiválasztani a vágás fő- és mellékmozgásainak sebességeit (tárcsa fordulatszáma és a tárcsa eltolásának sebessége).



1. ábra. Servocut vágógép



2. ábra. Micracut vágógép

A vágótárcsák anyaga általában alumínium-oxid vagy szilícium-karbid valamilyen kötőanyagba ágyazva. A gyémánszemcséjű tárcsák is nagyon népszerűek, mivel bármilyen anyag vágására alkalmasak.

A helyes vágási sebesség megválasztásával javítható a vágás felületének minősége, így a csiszolási művelet ideje csökkenthető. A minta mérete elsősorban attól függ, hogy makroszkópos vagy mikroszkópos vizsgálatot akarunk végrehajtani. A minta maximális méretét az esetlegesen alkalmazott beágyazás határozza meg. A mikroszkópos vizsgálatra kivágott mintadarab optimális mérete 10 - 25 mm élhosszúságú kocka vagy ugyanilyen átmérőjű és magasságú henger.

2. Mintabefogás és beágyazás

A mintabefogás kicsi, kézzel nehezen fogható daraboknál elengedhetetlen (rugó, csavarfej, forgács stb.). A minták befoghatóak mechanikusan egy arra alkalmas tartóba, vagy beágyazhatóak pl. műanyagokba, alacsony olvadáspontú fémekbe vagy ötvözetekbe.

Mechanikus befogás során a mintát leggyakrabban fémkeretbe teszik és csavarral rögzítik. Ennél egy korszerűbb módszer a beágyazás. Nagyobb darabokat is praktikus beágyazni, egyrészt az egységes tárolás érdekében, másrészt a beágyazó anyagra könnyű feliratokat, azonosítókat jelölőtollal felvinni. Szintén szükséges a minta beágyazása automata polírozó alkalmazásánál, mivel a fejbe csak szabályos (25, 30, stb. mm átmérőjű) minta fogható be (azaz beágyazott vagy méretre esztergált minta szükséges).

Napjainkban a műgyantába való beágyazás a legelterjedtebb, ezért részletesen erre a módszerre térünk ki. A beágyazásnak két típusa van, a hideg és a meleg beágyazás. Melegbeágyazás során a műgyanta melegen, nyomás alatt

keményedik meg a minta körül, míg hidegbeágyazáskor nyomás nélkül, hidegen (szobahőmérsékleten) keményedik. A minta anyaga alapján lehet eldönteni, hogy alkalmazható-e a melegbeágyazás, ha igen, ezt kell választani, mert gyorsabb és a mintarögzítés stabilabb. Tudnunk kell ugyanakkor, hogy a melegbeágyazó készülékek (3. ábra) emelt hőmérsékletet (kb. 190 °C) alkalmaznak a beágyazó anyag megfelelő térhálósítása miatt, és ez a minta szerkezetében változást okozhat. Ezért amikor a minta sérülhet a nagyobb hőmérsékleten (pl. elektronikai alkatrészek, implantátumok esetében) a hideg beágyazást célszerű választani.



3. ábra. Ecopress melegbeágyazó berendezés



4. ábra. Vacumet hidegbeágyazó berendezés

A beágyazó anyagot úgy kell megválasztani, hogy kopási jellemzője megegyezzen az alapanyagéval. Azonos anyagú beágyazót több színben is választhatunk, ennek az az előnye, hogy a minta és a gyanta kontrasztját megteremtve, pontosabban értékelhető képet kapunk.

Többféle beágyazó műgyanta kapható a kereskedelemben:

- Fekete fenolgyanta
- Piros fenolgyanta
- Átlátszó akril gyanta
- Epoxygyanta
- Diallyphtalat
- Hidegbeágyazó gyanták

A meleg beágyazás előnye a gyorsaság, hiszen lényegesen lerövidül a kikeményedés ideje, pár perc alatt elkészíthető a beágyazott minta, míg hidegbeágyazással ez több órába is telhet. A melegbeágyazásnál kialakuló beágyazó anyag szilárdabb és tömörebb, mint a hidegbeágyazásnál. Ennek oka, hogy a beágyazó a hőmérsékleten kívül nagy nyomást (250 – 330 bar) is alkalmaz a kikeményedés során, így a tömörség növekszik, stabilabb a minta befogása.

Hidegbeágyazó berendezéseknél (4. ábra) nincs hőhatás, a térhálósodás tovább tart, és nyomás helyett vákuum gátolja a buborékok képződését a kétkomponensű műgyantában. A buborékok általában a két komponens összekeverésekor kerülnek a műgyantába. A hidegen beágyazott minta műgyantája nem olyan tömör, mint a melegen beágyazotté, így a dinamikus erőhatásoknak (pl. leejtés) kevésbé áll ellen, könnyebben törnek le darabok belőle, fordul ki a minta csiszoláskor.

A beágyazás után következhet a minta csiszolása.

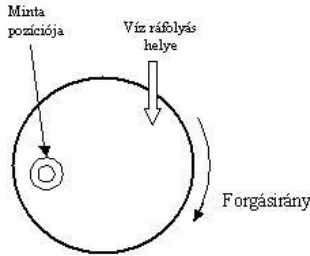
3. Csiszolás

A beágyazott minták felületének durva előkészítése csiszolással, több lépcsőben, egyre finomabb szemcsenagyságú korongok segítségével történik. A csiszolókorongok szemcséinek anyaga leggyakrabban szilícium-karbid, cirkónium-oxid, króm-oxid vagy gyémántszemcse. A csiszolópapírok szemcséfinomságát számmal jelzik, minél finomabb szemcsék vannak a korongon, annál nagyobb a számozása.

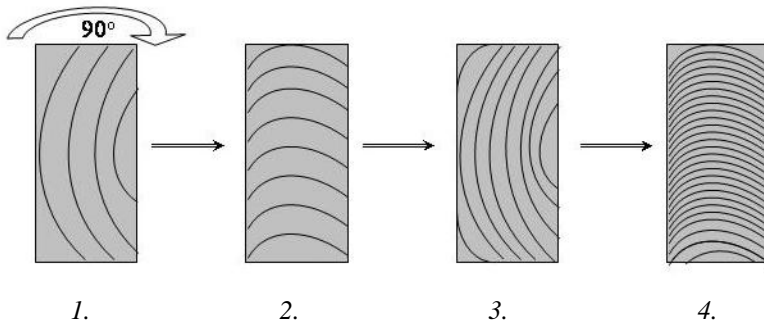
A csiszolást lehet kézzel, géppel (automatikus befogó segítségével), szárazon vagy nedvesen végezni. A nedves csiszolás előnye, hogy csiszoláskor por nem keletkezik, a víznek (vagy egyéb folyadéknak) hűtő és kenő hatása csiszoláskor a próbát nem engedi felmelegedni.

Kézi csiszolás során a mintát a csiszolást végző kézzel tartja a forgó csiszolókorongon állandó pozícióban, nem túl erősen nyomva a koronghoz. A korongra folyó víz biztosítja a minta hűtését és a megfelelő kenést, valamint eltávolítja a levált részecskéket (5. ábra). A víz vékony sugárban folyik a korongra, azt állandóan vízréteggel bevonva, de nem fröcsögve. A csiszolást addig kell folytatni az adott fokozaton, amíg a csiszolt felületen már csak az utoljára használt szemcsék egyenletes karcai láthatók. A csiszolást úgy végezzük, hogy a frissen keletkezett karcok merőlegesek legyenek az előző művelet nyomaira – azaz a mintát 90°-kal kell elforgatni minden egyes csiszolási fokozatban (6. ábra). Két fokozat között a mintát minden esetben alaposan meg kell mosni, hogy a nagyobb csiszolószemcsék a finomabb fokozatra ne juthassanak át, azok ugyanis összekarcolják a csiszolatot.

A csiszolást a legdurvább (120, 180 vagy 240-es jelű) papíron szokás kezdeni, hogy a vágási nyomok eltűnjenek (itt kapjuk vissza azt az előnyt, ha nem kézzel, hanem korszerű, hűtéssel, automata előtolással, állítható fordulatszámmal ellátott profi vágógéppel vágtuk le a mintát). Ezután térhetünk át a következő, finomabb szemnagyságú (320-as, 400-as, majd 600-as, 800-as, végül az 1000-es, 1200-as jelű) csiszolópapírra. Ha a minta csiszolt lapján már csak a legfinomabb papír karcai láthatók, a csiszolást befejezettnek tekinthetjük (a barázdáltság itt már egy CD vagy DVD lemez „írt” oldalához hasonlít finomságában).



5. ábra. A minta pozíciója csiszolás során



6. ábra. A különböző csiszolási fokozatokban a mintadarabon keletkezett karcok iránya

A 1. táblázat példaképpen szemcsesorozatokat foglal magába a csiszolási fokozatokhoz. Természetesen el lehet térni a táblázattól.

1. táblázat
Ajánlott csiszolás fokozatok

	Csiszolási fokozatok			
	1.	2.	3.	4.
Csiszolópapír szemcsemérete	120	240	400	800
	180	320	600	1000

Minden csiszoláshoz célszerű új csiszolólapot felhelyezni a precíz munkavégzés érdekében. Sérült, szakadt lap balesetet okozhat!

A csiszológépek (7., 8. ábra) lehetnek állandó vagy szabályozható fordulatszámúak, egy vagy két tárcsásak. A csiszolópapírt a korong méretéhez megfelelően kell kiválasztani, s az általában leszorító gyűrű segítségével rögzül a koronghoz. Korszerű és gyors csiszolópapír-cserét tesz lehetővé a mágneses tárcsa. A korszerű csiszológépek tartozéka az automatikus folyadékadagoló és az automatikus mintatartó fej, mely segítségével egyszerre több minta is csiszolható. A kéttárcsás polírozó előnye, hogy nem kell minden fázisnál csiszolópapírt cserélni, ez gyorsítja a munkát.



7. ábra. Forcipol csiszoló és polírozó gép (kéttárcsás)



8. ábra. Digiprep csiszoló és polírozógép automata polírozófejjel (egytárcsás)

A legfinomabb szemcseméretű papírral készre csiszolt felületet polírozással fényesítjük tovább. Minél finomabb szemcsézetű a befejező fokozat csiszolókorongja, annál kevesebb idő kell a polírozáshoz.

4. Polírozás

A polírozás során a mintának tükörsima felületet adunk, ezt a polírozó anyag és polírozó korong segítségével alakítjuk ki. A polírozást mechanikus-, kémiai- és elektrolitos úton egyaránt elvégezhetjük.

A mechanikus polírozáshoz a korongos csiszológépekhez hasonló berendezéseket használunk. A korong anyaga lehet filc, bársony, vászon, vagy egyéb, finom tapintású korszerű anyag. A polírozó anyag leggyakrabban desztillált vízben szuszpendált alumínium-oxid, magnézium-oxid por vagy gyémántpaszta (ez utóbbi a rendkívüli keménysége miatt manapság a legtökéletesebb csiszolóanyag).

A polírozás a polírozógépen végezhető kézzel, vagy automata polírozó fejjel. Az automata polírozó gépen (7., 8. ábra) szabályozni lehet a csiszolótárcsa és a mintatartó fordulatszámát, a minta leszorítási erőt és az adagolt polírozó anyag mennyiségét.

A polírozó fej (9. ábra) alkalmazásánál a beágyazott minta méretének illeszkednie kell a fej fészkébe. Behelyezés után kell beállítani a leszorítás erejét, ez egyes fejek esetében történhet mintánként külön- külön (egyedi leszorítás), de lehetőség van azonos szorítási erő (központos leszorítás) választására is. A fej polírozás során mozgatja a mintákat a korongon. Típusonként eltérő a mozgás, lehet forgatás vagy excentrikus mozgás.



9. ábra. Automata polírozó fej

Kézi polírozásnál a mintát a forgásiránnyal ellentétesen mozgatjuk körbe (ujjaink között forgatjuk) a korongon (10. ábra), enyhe nyomással. Ennek oka, hogy ne alakuljon ki egyirányú barázdáltság. A polírozás során a polírozó anyagot szükség szerint juttatjuk a korongra.



10. ábra. Kézi polírozás

A polírozás végeztével a mintáról a csiszolóanyag maradványait desztillált vízzel kell lemosni, majd alkohollal leöblíteni és meleg levegő áramban foltmentesen kell megszáritani. A polírozás után a polírozó korongot alaposan ki kell mosni.

A helyesen elvégzett polírozás után a minta felülete teljesen sima, tükörfényes. Mikroszkóp segítségével vizsgálhatók rajta például a repedések, üregek, zárványok és az egymástól eltérő színű fázisok. Fémes anyagok esetében a csiszolatot savval szokták maratni, így láthatóvá válnak a kristályhatárok. A maratás történhet később is, vagy a szárítást követően azonnal.

5. Maratás

Maratáshoz a minta anyagától függően eltérő kémiai maratószeret használunk. A maratás a polírozott mintafelületnek oldó vagy színező hatású oldattal történő kezelése. A használatos maratószer a kevésbé nemes kristályszemcséket oldják, a nemesebbiket kevésbé vagy egyáltalán nem. Az ilyen anyagokban a nem maródott és a maródott részek jól megkülönböztethetőek (mikroszkóppal nézve világosabb, ill. sötétebb részek láthatóak). Ha a minta szerkezete olyan, hogy mindegyik kristály ugyanolyan összetételű (azaz homogén az anyag), akkor a kristályok egyforma mértékben maródnak, s csak a kristályok határvonala oldódik s ez jelenik meg éles vonalként a mikroszkopikus képen.

Több információt kaphatunk a mintáról a színes maratási technika segítségével. Egyre több festő maratószer fejlesztenek ki, amelyek a minta felületén stabil, színes filmet képeznek oxid, szulfid, kromát vagy valamilyen komplex formájában.

A kémiailag ellenálló anyagok (nemesfém ötvözetek, erősen sav – és hőálló ötvözetek) maratását elektrolitos úton szokták végezni.

A maratáskor a maratószer (2. táblázat) edénybe töltjük (1 cm² felületre kb. 10-15 cm³-t számítva). A csiszolatot a maratószerbe mártva mozgatjuk az előírt maratási ideig. Ha a maratási idő nem ismeretes, akkor a csiszolatot szabad szemmel figyeljük, hogy a mintadarab mennyire maródott. A maratást akkor hagyjuk abba, ha a minta felülete elhomályosodott, vagy sötétebbre színeződött. A maratás ideje függ attól is, hogy milyen felbontóképességű mikroszkópon kívánjuk vizsgálni a mintát. Kis nagyítású mikroszkóp esetében erősebben, míg nagyobb nagyításban vizsgált mintáknál gyengébben kell maratni. Maratás után a próbát bő vízzel, majd alkohollal lemossuk és meleg levegőáramban megszáritjuk.

2. táblázat

Fontosabb maratószerke és felhasználási területük

Maratószer	Felhasználási terület
Nital: 98 cm ³ etil-alkohol + 2 cm ³ cc. HNO ₃	Ötvözetlen és gyengén ötvözött vasötvözetek
Pikral: 100 cm ³ etil-alkohol + 5 g pikrinsav	Ötvözetlen és gyengén ötvözött vasötvözetek
Sósavas ferriklorid: 5 g FeCl ₃ + 10 cm ³ HCl + 90 cm ³ etil-alkohol	Saválló- és hőálló vasötvözetek, rézötvözetek
Glicerines királyvíz: 25 cm ³ HNO ₃ + 25 cm ³ HCl + 50 cm ³ glicerín	Saválló- és hőálló vasötvözetek, acélok
Sósavas kupriklorid: 5 g CuCl ₂ + 100 cm ³ HCl	Saválló- és hőálló vasötvözetek
Oxálsavas: 10 g oxálsav + 100 cm ³ desztillált víz	Saválló- és hőálló vasötvözetek
Folysavas: 1 cm ³ 40%-os HF + 1,5 cm ³ HCl + 2 cm ³ HNO ₃ + 95 cm ³ desztillált víz	Alumínium és ötvözetek
Lúgos pikral: 2 g pikralsav + 25 g NaOH + 100 cm ³ desztillált víz forró oldata	Öntöttvas színes maratása (ferrit – grafit kimutatása)
Tioszulfátos: 240 g Na-tioszulfát + 20 g kadmium-klorid + 30 g citromsav + 1000 cm ³ desztillált víz (pikráló előmaratás után használatos)	Öntöttvas és acél színes maratása (ferrit – cementit – foszfid kimutatása)

Ötvözetlen acélokhoz leggyakrabban nital maratószeret használnak. Vasötvözetek nitalal történő maratáskor az egyfázisú szövetelemek (pl. a ferrit és a karbid) egyenletesen oldódnak. A két fázis megkülönböztethető egymástól lúgos nátrium-pikrátban történő maratás segítségével, mert ez a ferritet nem marja, míg a karbidot barnára színezi.

További maratószeres vasalapú ötvözetek primer szövetének és melegen alakított termékek szálfutásának vizsgálatához (a teljesség igénye nélkül):

1. Oberhoffer-féle maratószer:

1 g $\text{CuCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ + 30 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ + 0.5 g $\text{SnCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ + 50 cm³ konc. HCl + 500 cm³ etil-alkohol vagy denaturált szesz + 500 cm³ desztillált víz.

A maratást szobahőmérsékletű oldatban végezzük, előrehaladását figyeljük, és akkor szakítjuk félbe, amikor a primer szövet már jól látszik. Maratás után a próbatestet desztillált vízzel leöblítjük, alkohollal lemossuk, majd foltmentesen megszáritjuk.

A maratószer sötétebbre marja, esetleg cementrézzel vonja be a csiszolatnak kisebb foszfortartalmú részeit (pl. a dendritágakat), a nagyobb foszfortartalmú részeket (pl. a dendritágak közötti anyagot) kevésbé marja, világosan hagyja.

2. Stead-féle maratószer:

10 g $\text{CuCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ + 40 g MgCl_2 + 20 cm³ konc. HCl + 1000 cm³ etil-alkohol vagy denaturált szesz + 500 cm³ desztillált víz. (Célszerű a sókat kis mennyiségű forró vízben feloldani, majd ezt követően az oldathoz adni az etil-alkoholt.)

A maratószer használatának módja és hatása egyezik az Oberhoffer-féle maratószer használatának módjával és hatásával.

3. Meyer-Eichholz-féle maratószer

6 g $\text{CuCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ + 6 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ + 10 cm³ konc. HCl + 100 cm³ etil-alkohol vagy denaturált szesz.

A maratást szobahőmérsékletű oldatban végezzük 15-20 órán át. Maratás után a próbatest felületére rakódott rézréteget vízzel hígított salétromsavval oldjuk le, ezután a próbatestet desztillált vízzel lemossuk, majd alkohollal leöblítjük és foltmentesen megszáritjuk.

A maratószer a kisebb foszfortartalmú részeket jobban marja, a nagyobb foszfortartalmú részeket pedig kevésbé. A nagyobb foszfortartalmú részek reliefszerűen kiemelkednek a felületből. A primer szövet (képlékenyen alakított acélok vonatkozásában a szálfutás) még szembetűnőbbé válik, ha a maratott próbatest felületét (szálfutás vizsgálatánál) finom csiszolópapírral óvatosan kissé ledörzsöljük (ekkor a felületből kiemelkedő részek fényesek lesznek).

Ez a maratószer a melegen alakított termékek szálfutásának vizsgálatára kiválóan alkalmas.

4. Hein-féle maratószer:

9 g réz-ammónium-klorid ($\text{Cu}[\text{NH}_4]_2\text{Cl}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) + 100 cm³ desztillált víz.

A maratást szobahőmérsékletű oldatban végezzük. Maratás közben a próbatestet 10-20 másodpercenként kivesszük, a felületére lecsapódott rézréteget vattával ledörzsöljük, amennyiben ez nem sikerül, akkor tömény ammóniával lemaratjuk. A maratást csak akkor fejezzük be, amikor a primer szövet már jól látszik. Maratás után a próbatestet vízzel lemossuk, majd alkohollal leöblítjük és foltmentesen száritjuk.

A maratószer a foszforban dús részeket jobban marja, ezek sötétnek látszanak, a foszforban szegény részeket kevésbé marja, ezek világosnak látszanak.

A maratott mintadarabok vizsgálata történhet szabad szemmel (makroszkopikusan), ill. nagyítás segítségével, mikroszkóppal.

6. Mikroszkópos vizsgálat

A csiszolatok vizsgálatára legelterjedtebben fénymikroszkópokat és elektronmikroszkópokat használnak.

Megkülönböztetünk normál és inverz mikroszkópokat. A normál mikroszkópnál (11. ábra) a tárgyasztal a mintával az objektív alatt, míg inverznél (12. ábra) a minta a tárgyasztalon, az objektív felett helyezkedik el.



11. ábra. Normál sztereo mikroszkóp



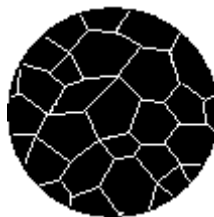
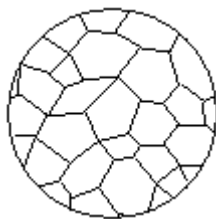
12. ábra. Inverz mikroszkóp

Az inverz mikroszkóp egyik nagy előnye, hogy a minta vizsgált felületének nem kell párhuzamos síkúnak lennie az ellentétes oldallal, míg normál mikroszkópnál a látótér teljes képessége miatt ez követelmény. Másik előnye a mikroszkóp mérete: az inverz mikroszkóp magassága kisebb, mint a normál mikroszkópé. További előny a képesség állítása során, hogy inverz mikroszkóp esetében az objektív megemeli a mintát, így

az nem törhet el, míg normál mikroszkópnál az objektív elroppanhat, megsérülhet, ha véletlenül a mintának feszítjük az objektívet. Mindezek miatt a legelterjedtebben használt mikroszkópok többsége Le Chatelier rendszerű, azaz inverz mikroszkóp.

Fénymikroszkópok esetében a mikroszkópos vizsgálat visszavert fényel történik, mivel a fémek és ötvözeteik nem átlátszóak. A mikroszkópban a megvilágító fény lencséken és prizmákon áthaladva vetül a vizsgálandó tárgy felszínére, onnan pedig visszaverődik az objektívra. Az objektív a tárgyról egy nagyított képet készít, ezt nagyítja tovább az okulárlencse. A mikroszkóp nagyítását az objektív és az okulár nagyításának szorzata adja.

A minta megvilágítása lehet világos (13. ábra) vagy sötét (14. ábra) látóterű. A mikroszkópok többsége világos látóterűvel rendelkezik, azaz az objektív optikai tengelyére merőleges síkok világosnak látszanak, míg a szöget bezáró síkok (a vetett árnyékuk miatt) sötéteknak. A sötét látóterű megvilágításnál fordított a kép. Ekkor, mivel a tárgyat belül üres fénysugárkúppal világítjuk meg, a sík felületekről visszaverődő fénysugarak elkerülik az objektív nyílását, így ezek a felületek látszódnak sötét színűnek. Az ilyen megvilágítás sok részletet jobban felismerhetővé tesz.

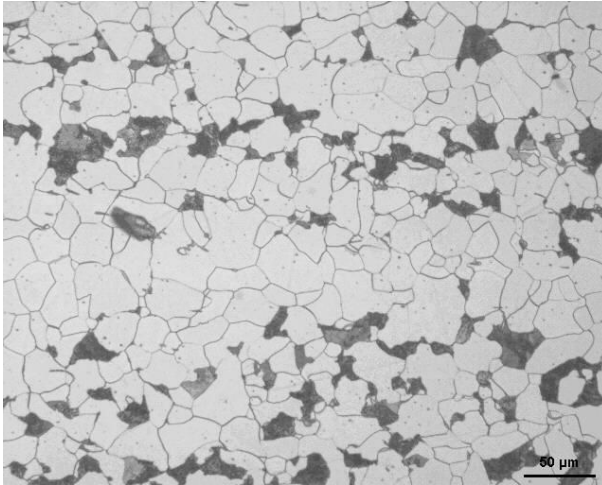


<i>13. ábra.</i> <i>Világos látóterű megvilágítás</i>	<i>14. ábra.</i> <i>Sötét látóterű megvilágítás</i>
--	--

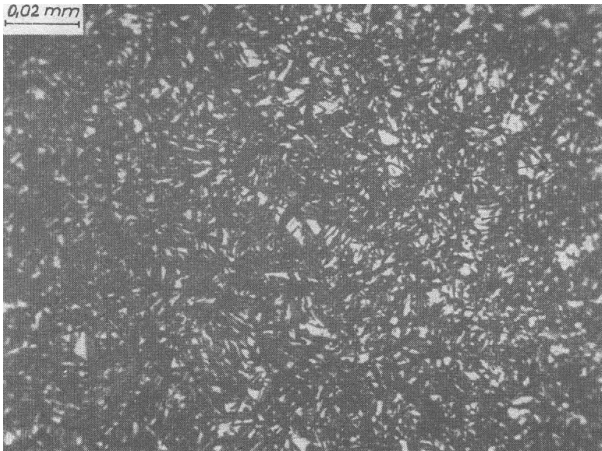
A fénymikroszkópokénál lényegesen nagyobb felbontóképességgel rendelkeznek a pásztázó elektronmikroszkópok. Ezek működési elve hasonló a fénymikroszkópokéhoz, azzal a különbséggel, hogy ekkor a vizsgálandó tárgyra fény helyett nagy sebességű elektronsugarakat irányítanak és ezeket a sugarakat veri vissza a tárgy. A visszavert sugarakat egy arra alkalmas ernyő felfogja és háromdimenziós képpé alakítja. Alapvető követelmény, hogy a vizsgált minta elektromosan vezető legyen, azért hogy a becsapódó elektronok ne halmozódhassanak fel a mintában (ekkor ugyanis a képalkotás lehetetlenné válik). Elektromosan nem vezető minták vizsgálatakor a minta felületét valamilyen jól vezető anyaggal (pl. aranyréteggel) vonják be. A képalkotás jellegéből adódik, hogy nem követelmény a minta sík volta, görbült felületek és töretminták is jól vizsgálhatók.

A mikroszkópok segítségével a minta szövetének alkotóelemeit számszerűen is kifejezhetjük, pl. megállapíthatjuk a repedések, az anyaghibák és a kristályszemcsék valóságos méretét (szemcsenagyságát), alakját, a szövetelemek mennyiségét és azok eloszlását.

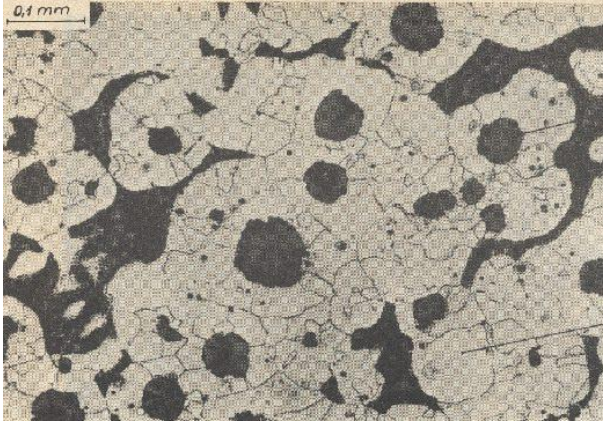
Néhány jellegzetes szövetkép látható a *15 - 20. ábrákon*.



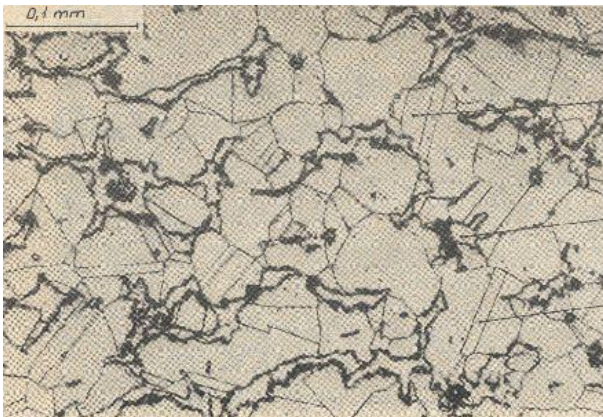
15. ábra. Vasötvözet szövetekepe: ferrit (fehér) és perlit (fekete), maratószer: nital



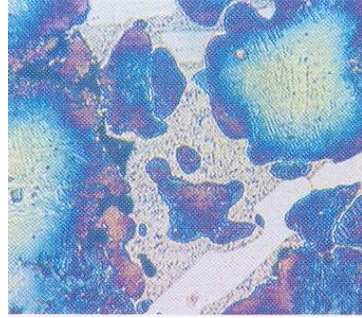
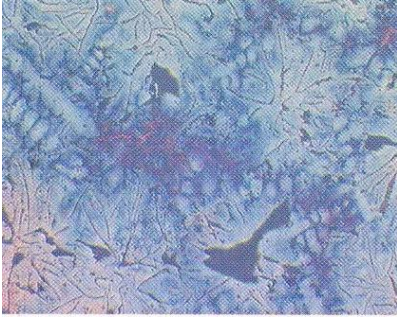
16. ábra. Gyengén ötvözött betétedzett acél szövetekepe: martenzit (fekete) és maradék ausztenit (fehér), maratószer: nital



17. ábra. Gömbgrafitos öntöttvas szövete képe: ferrit (fehér), perlit (fekete) és grafit (kör alakú fekete), maratószer: nital



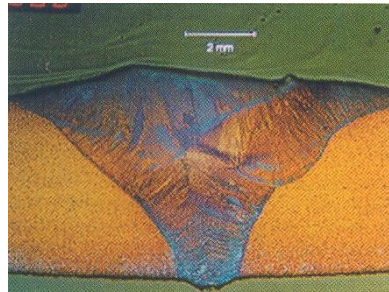
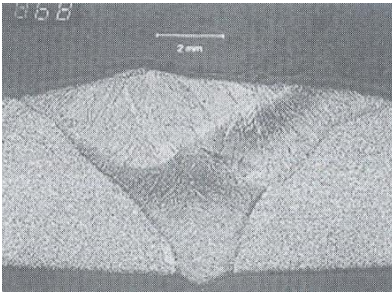
18. ábra. Erősen ötvözött saválló acél szövete képe: ferrit (fehér) és ausztenit (fekete), maratószer: sósavas ferriklorid



*Ferrit (kék) és grafit (fekete)
Maratószer: lúgos pikrál*

*Perlit (sötét), cementit (fehér)
Maratószer: Na-tioszulfátos*

19. ábra. Öntöttvas szövetekepe



*20. ábra. Nikkel ötvözet hegesztési varratának és
hőhatásövezetének hagyományos és színes maratása*

Egyes anyagoknál még mikroszkóp segítségével is nehéz megkülönböztetni bizonyos fázisokat (pl. acél esetében a martenzitet a perlitől és a bainittól). Ekkor a mikroszkóppal és CCD kamerával ellátott mikrokeménységmérő berendezések (21. ábra) segíthetnek.

Az eredmények kiértékeléséhez nagy segítséget nyújt a mikroszkópokhoz illeszthető IMAGIN digitális kamera, és az IMAGIN kiértékelő szoftverrendszer is.



21. ábra. Duroline mikrokeménységmérő berendezés

Eredményes munkát kíván az 

ATESTOR Kft 1016 Budapest, Aladár u 19.

Tel: (06-1) 319-1-319

Email: info@atestor.hu

www.atestor.hu

Felhasznált irodalom:

- Dr. Tóth Tamás: Fémtan II-III., Tankönyvkiadó, Budapest, 1985.
- Verő József – Káldor Mihály: Fémtan, Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.
- Gácsai Zoltán és társai: Sztereológia és képelemzés, Well-Press Kiadó, Miskolci Egyetem, 2001.