

A fémek egyensúlyi viselkedése

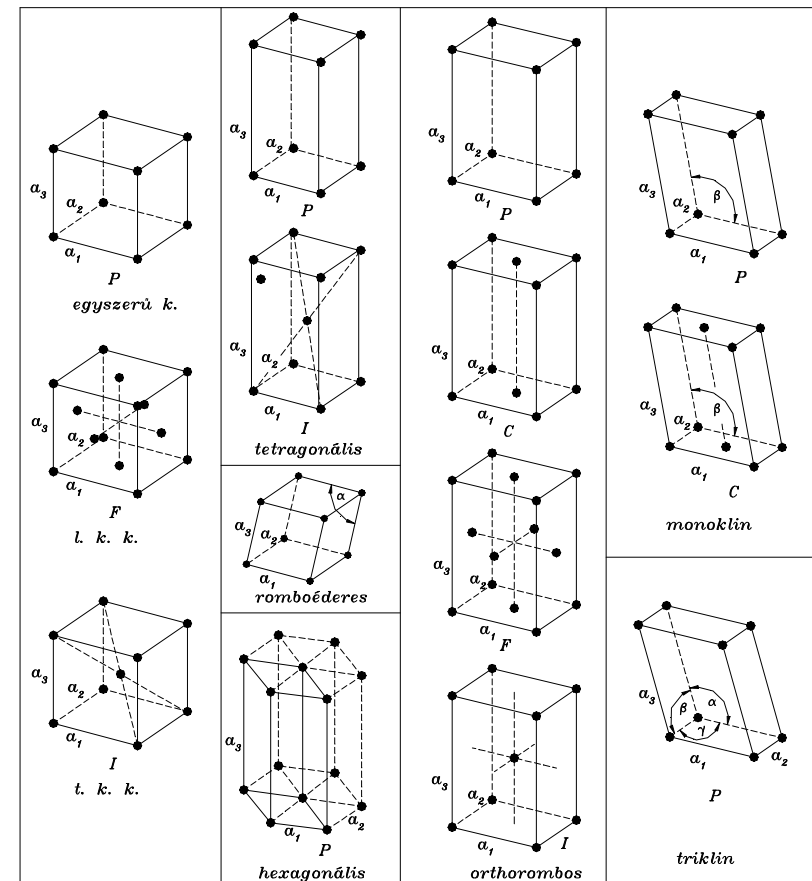
A fémek kristályos szerkezete

Kristályos szerkezet

- A kristályos szerkezetben az atomok **szabályos geometriai** rendben helyezkednek el.
- Azt a legkisebb - több atomból álló - **szabályos idomot**, melynek ismételtetésével a rácsszerkezet leírható a **rácselemnek**, vagy **elemi cellának** nevezzük.

A kristályos szerkezet leírása

- A rácsszerkezet leírására koordináta rendszereket alkalmazunk.
- A rácsszerkezet x, y, z , koordináta rendszerben a rácselem oldaléleinek nagyságával (a, b, c) és a tengelyek által bezárt szöggel a jellemezhető.
- A lehetséges kristályrácokat 7 koordináta rendszerrel ill. 14 Bravais rácstípussal le lehet írni.



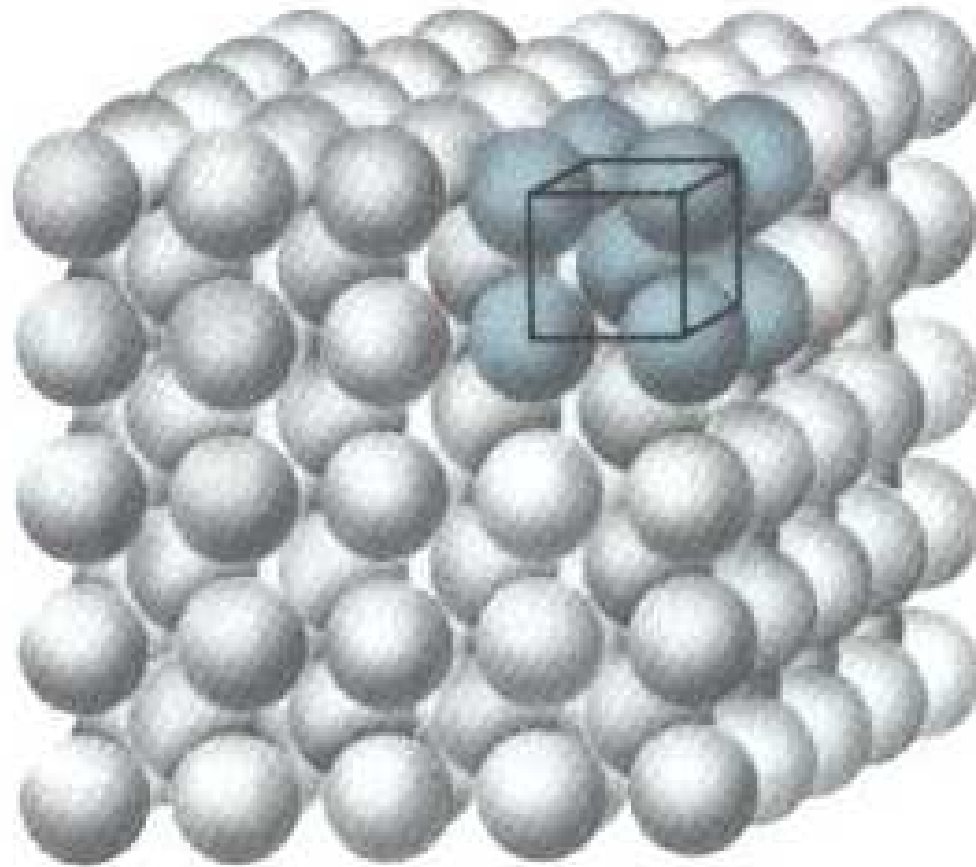
A rácsszerkezet jellemzői

- **Koordinációs szám**
- **atomátmérő**
- **elemi cellát alkotó atomok száma**
- **térkitöltési tényező**
- **elemi cellába illeszthető legnagyobb gömb**
- **legsűrűbb illeszkedési sík és irány**

Köbös vagy szabályos rendszer

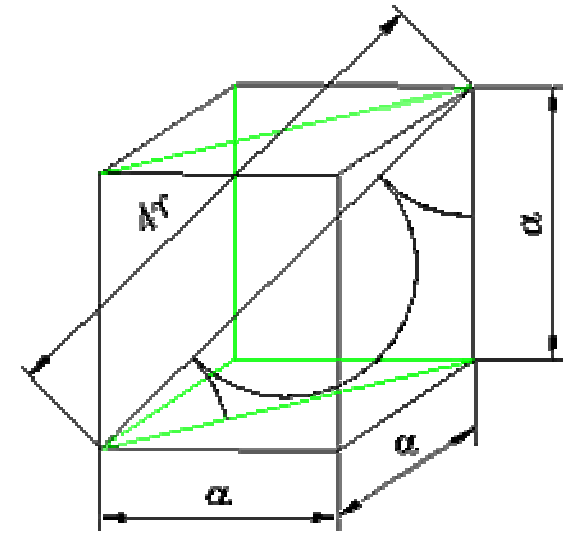
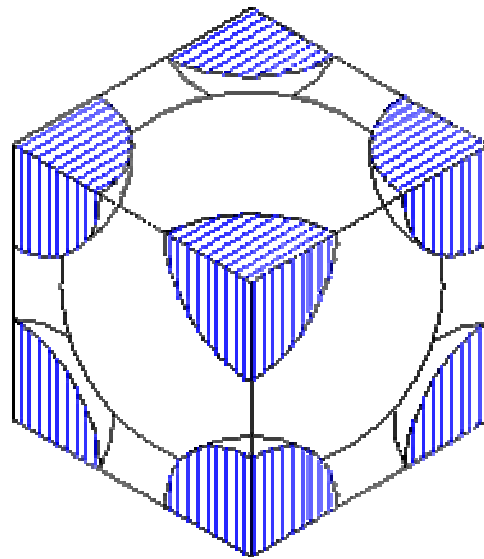
- **Egyszerű vagy primitív (Po)**
- **Térközepes**
- **Lapközepes**
- **gyémántrács**

Térközepes köbös rácsszerkezet

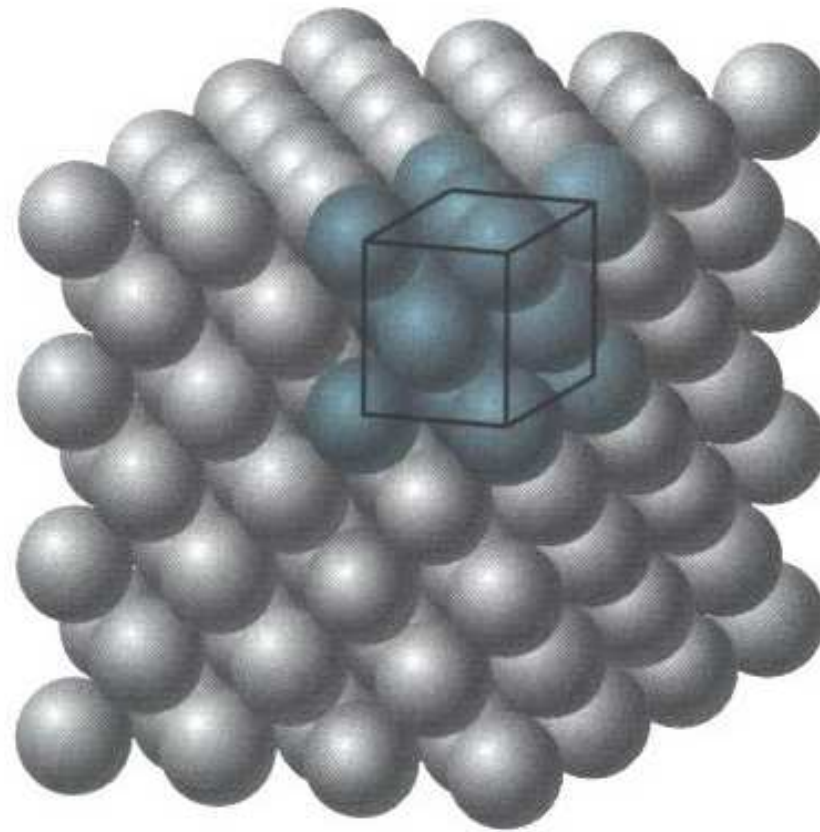


Térközepes köbös

Li, Na, K, V,
Cr, W, Ta, és a
vas (δ -Fe) 1392
 $^{\circ}\text{C}$ és az
olvadáspont
(1536 $^{\circ}\text{C}$)
között illetve
911 $^{\circ}\text{C}$ (α -Fe)
alatt.

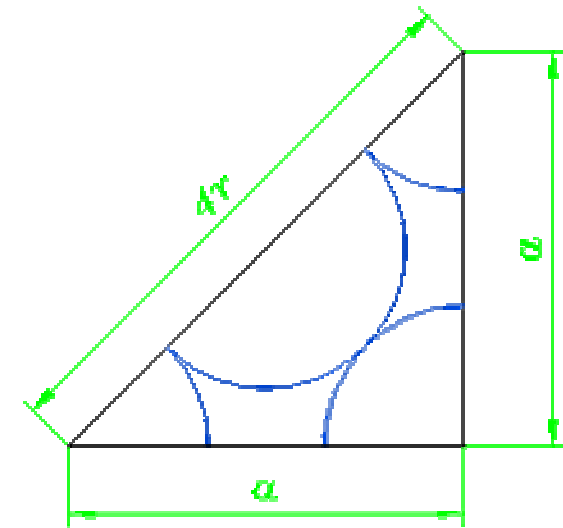
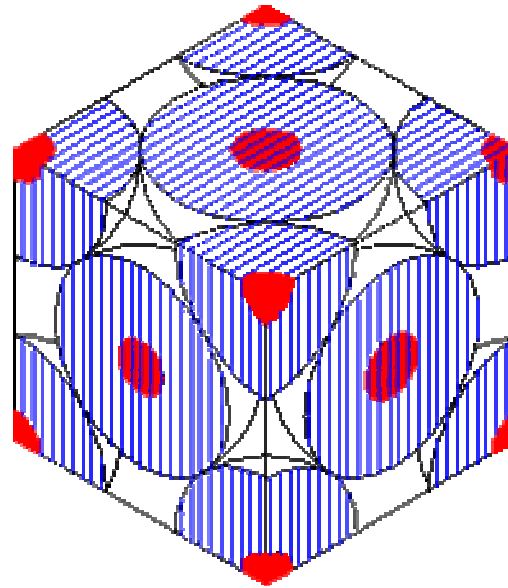


Lapközepes köbös rácsszerkezet



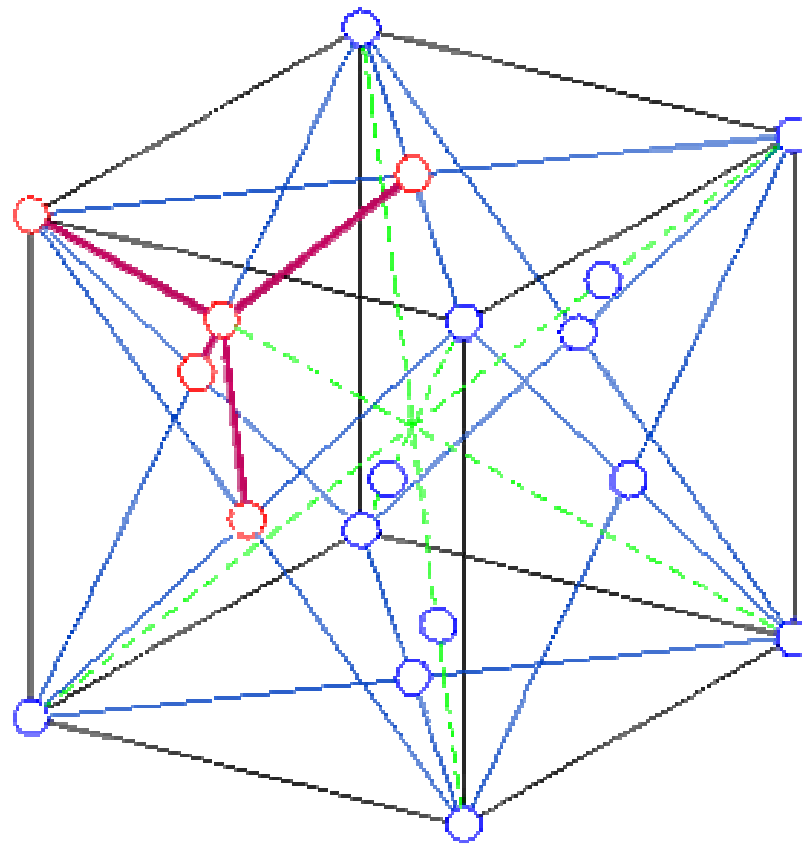
Lapközepes köbös

Al, Cu, Au,
Ag, Pb, Ni,
Ir, Pt
valamint a
vas (γ -Fe) 911
C° és 1392 C°
között.

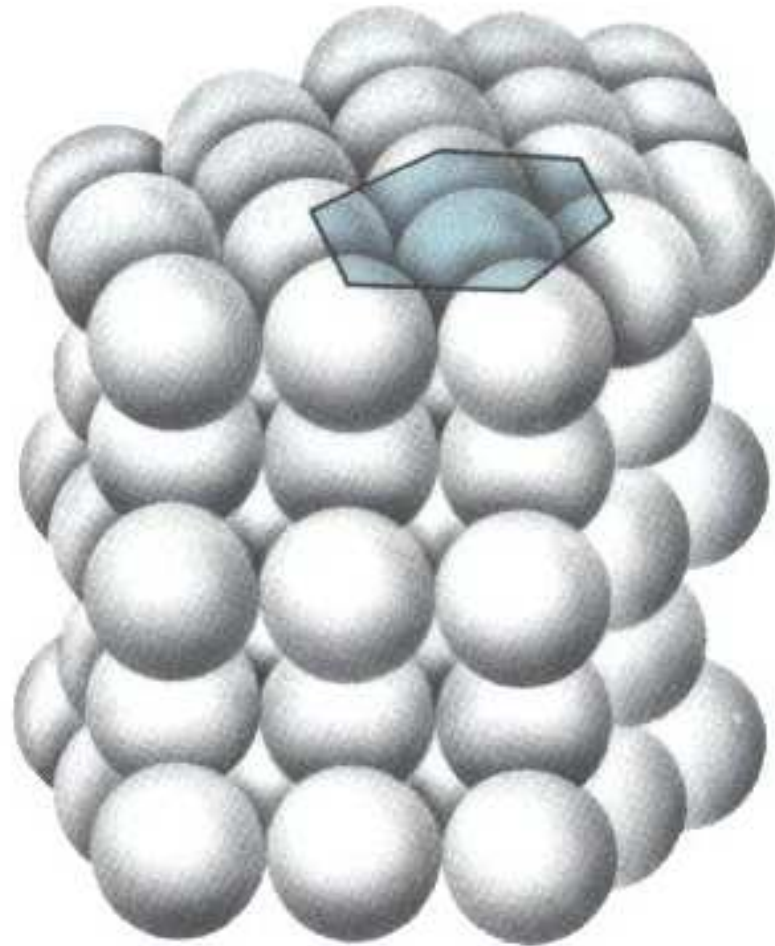


Gyémántrács

**minden C
atom között
kovalens
kapcsolat
van.**

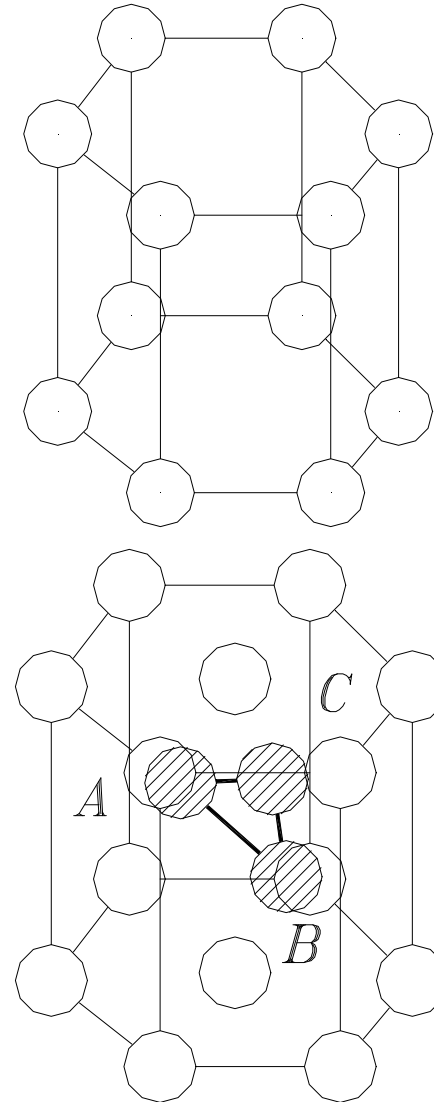


Hexagonális rácsszerkezet



Hexagonális rendszer

- **Egyszerű pl. grafit**
- **szoros illeszkedésű
pl. Be, Zn, Mg, Cd
és a Ti egyik
módosulata**



Polimorfizmus, allotrópia

A kristályos szerkezet néhány esetben nincs egyértelmű kapcsolatban az összetétellel. A rácsszerkezet a fizikai paraméterek: hőmérséklet és nyomás függvényében megváltozhat.

Ez a **polimorfizmusnak** nevezett jelenség pl. SiO_2 kvarc vagy a grafit és a gyémánt

A színfémek polimorfizmusát **allotrópiának** nevezzük.

Allotróp átalakulás

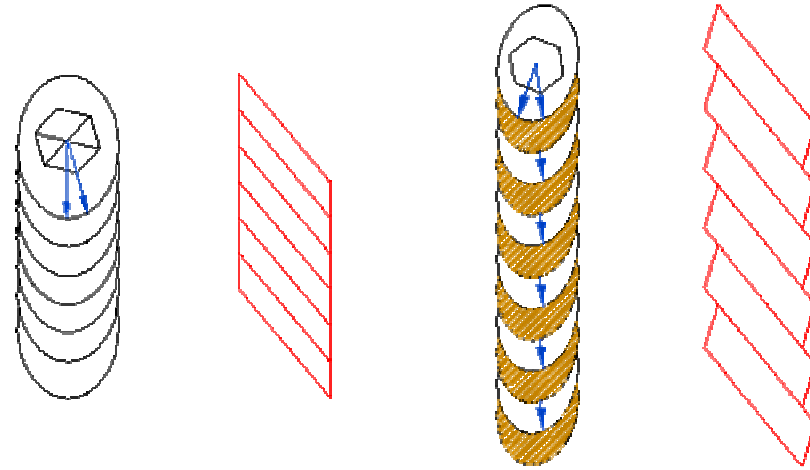
- Az elem egymás után előforduló rácsú változatait az un. **allotróp módosulatait** a hőmérséklet növekvő sorrendjében a **görög ábécé betűivel**,
- az átalakulások **hőmérsékleteit** pedig rendre **$A_1, A_2 \dots A_n$** betűkkel jelölik.

Rácsrendezetlenségek, rácshibák

- A kristályszerkezet megismerése lehetővé tette a maradó alakváltozás kezdetét jelentő feszültség ($R_{P0,2}$) számítását, modellek alapján
- Az elcsúszást előidéző feszültség számított és a mért értékek között **nagyságrendnyi eltérés volt**

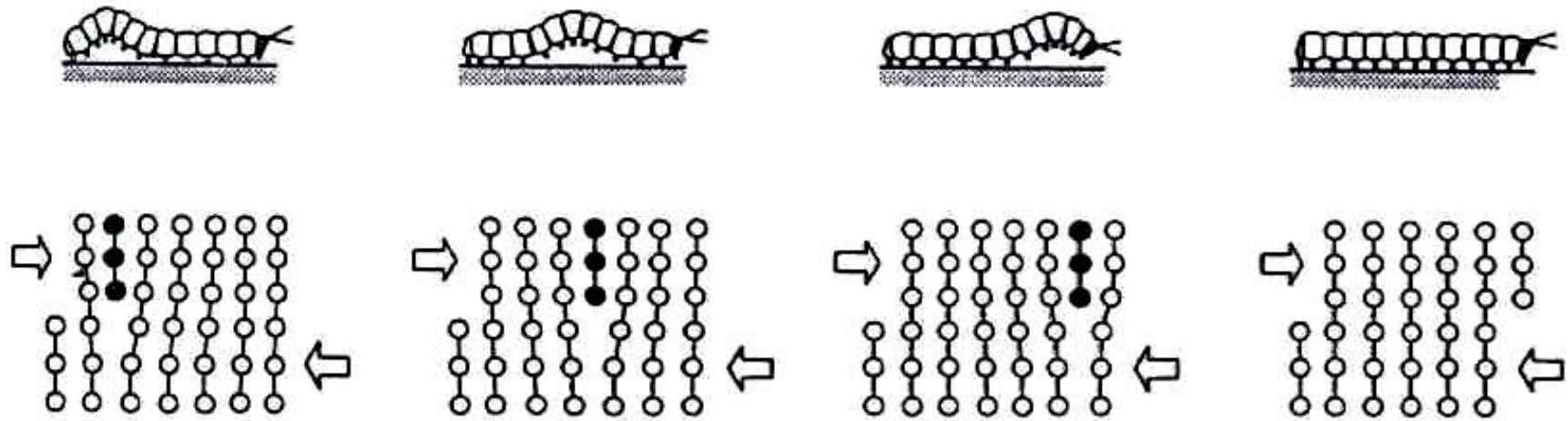
Magyarázat 1

- A fémkristályokban az elcsúszás a képlékeny alakváltozás nem egyszerre következik be, hanem egy adott síkon és adott irányban „fokozatosan”



Magyarázat 2

Az elcsúszás nem egyszerre megy végbe
Ez csak akkor lehetséges, ha a kristály
tartalmaz **egyméretű rácshibákat,**
diszlokációkat.



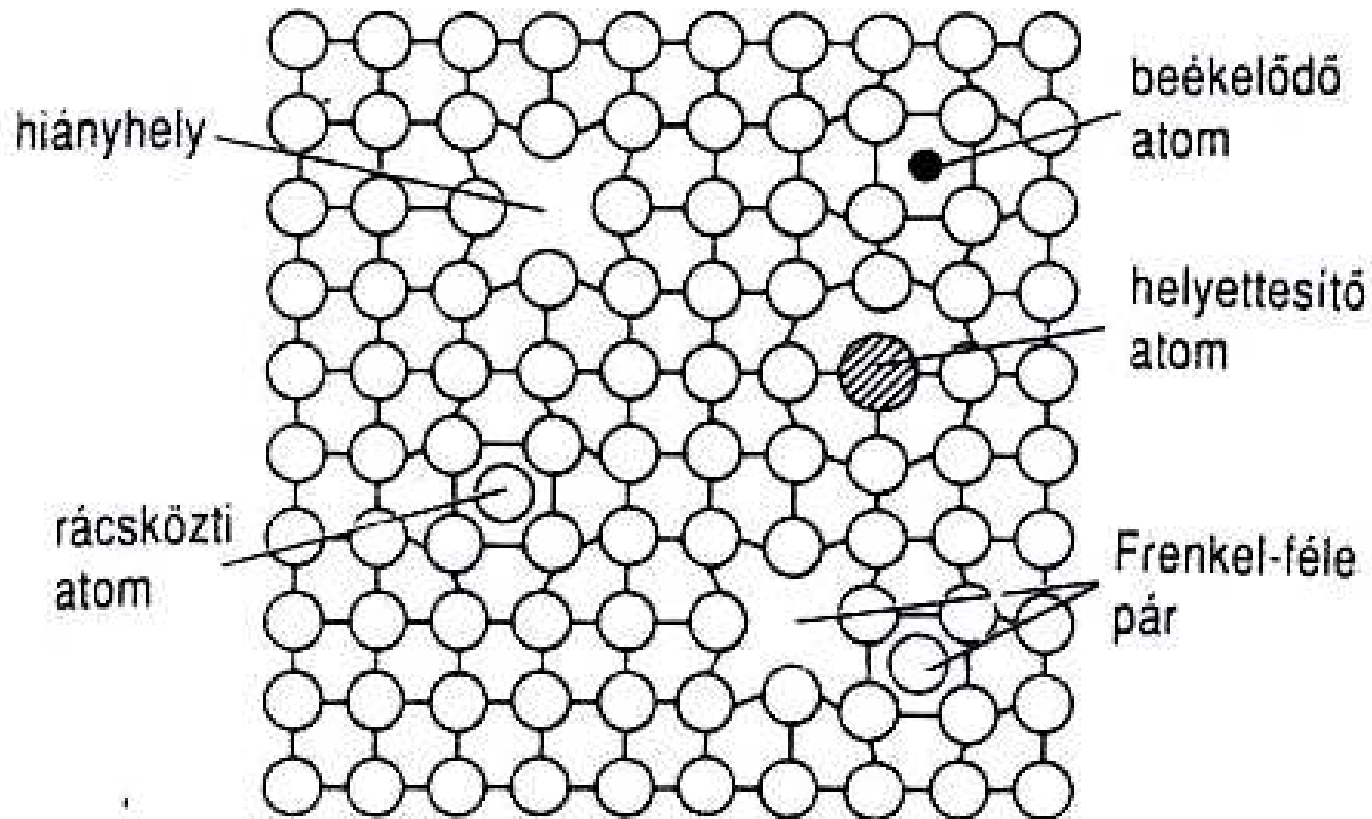


Reális rács, rácsrendezetlenségek, rácshibák

A rácsrendezetlenségeket kiterjedésük szerint csoportosíthatjuk:

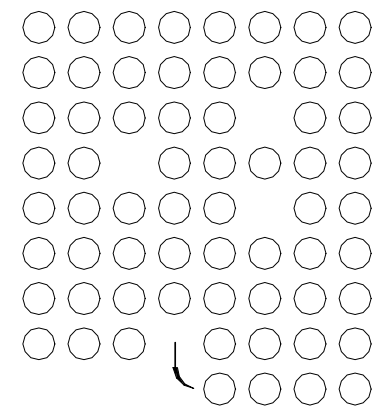
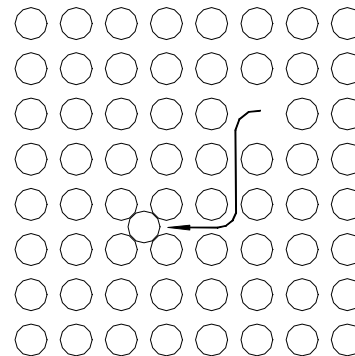
- Nulladimenziós (pontszerű) rácshibák**
- Egydimenziós (vonalszerű) rácshibák**
- Két- és háromdimenziós (sík és térbeli) hibák**

Pontszerű rácshibák

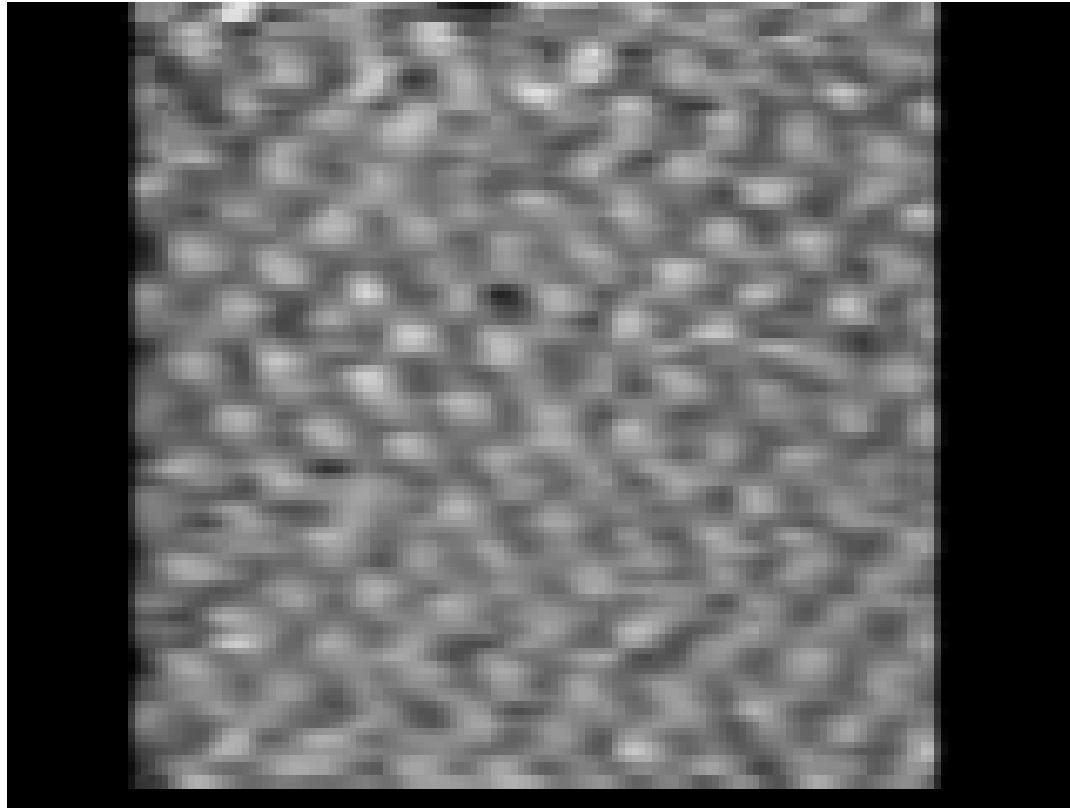


Üres rácshelyek

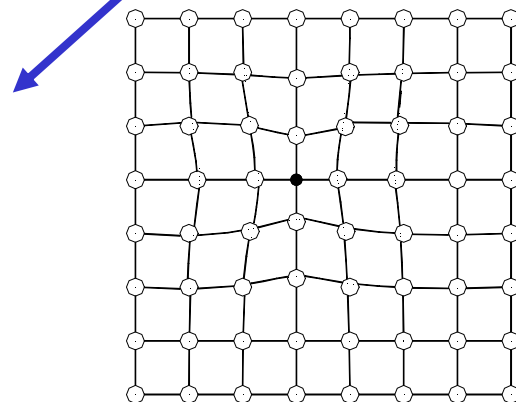
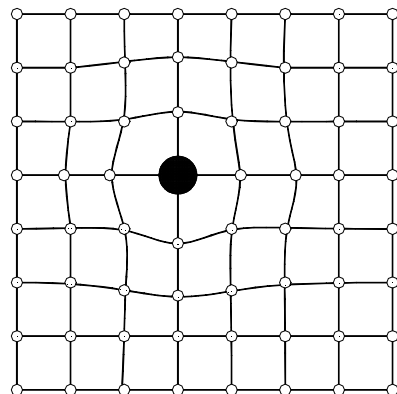
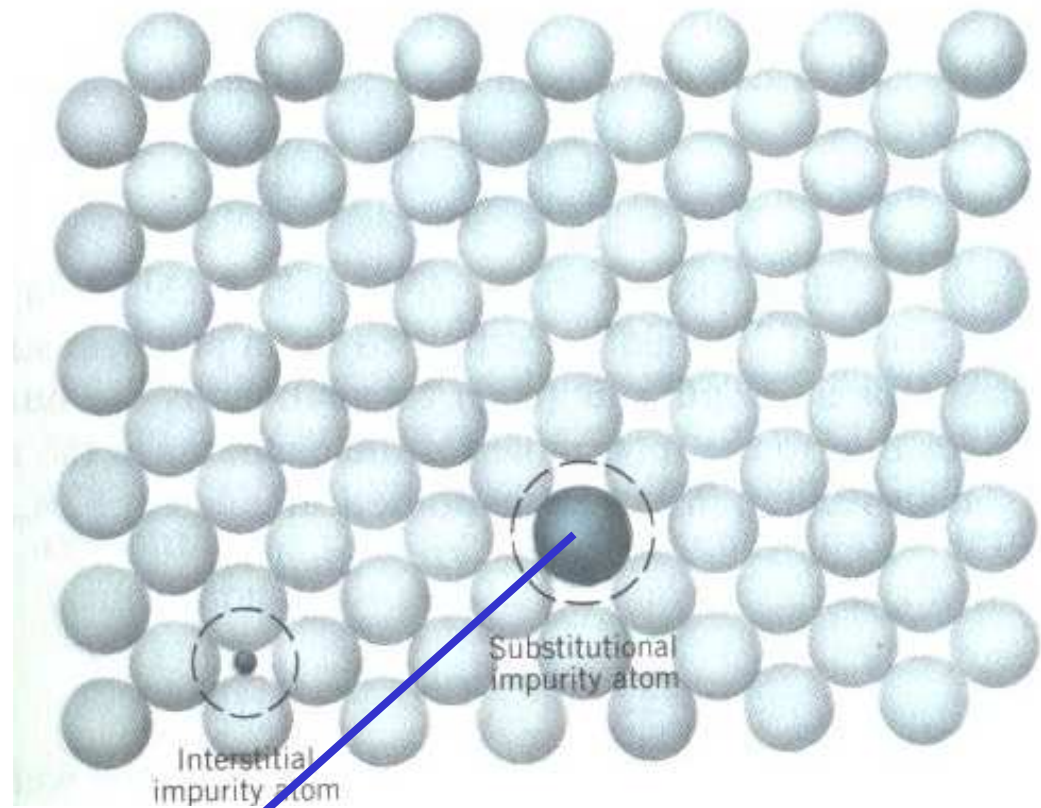
- **Egységnyi térfogatuk a hőmérséklet emelkedésével nő**
- **Szobahőmérsékleten kb. 10^{18} 1000 K-nél már 10^5 atomra jut üres rácshely**
- **Fontos szerepük van a diffúzióban**



Üres rácshely



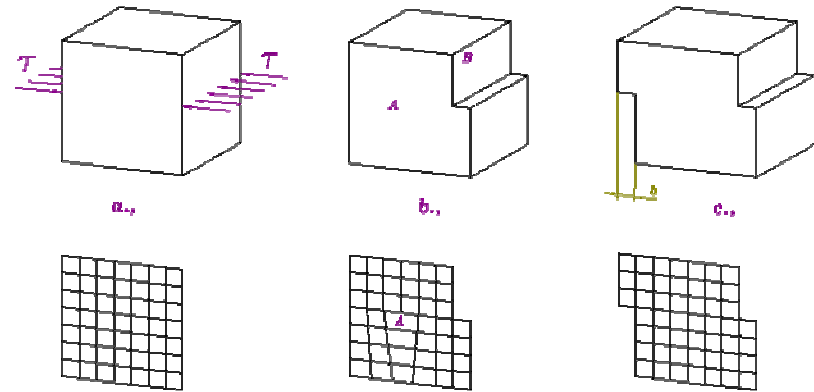
Idegen atom a rácsban



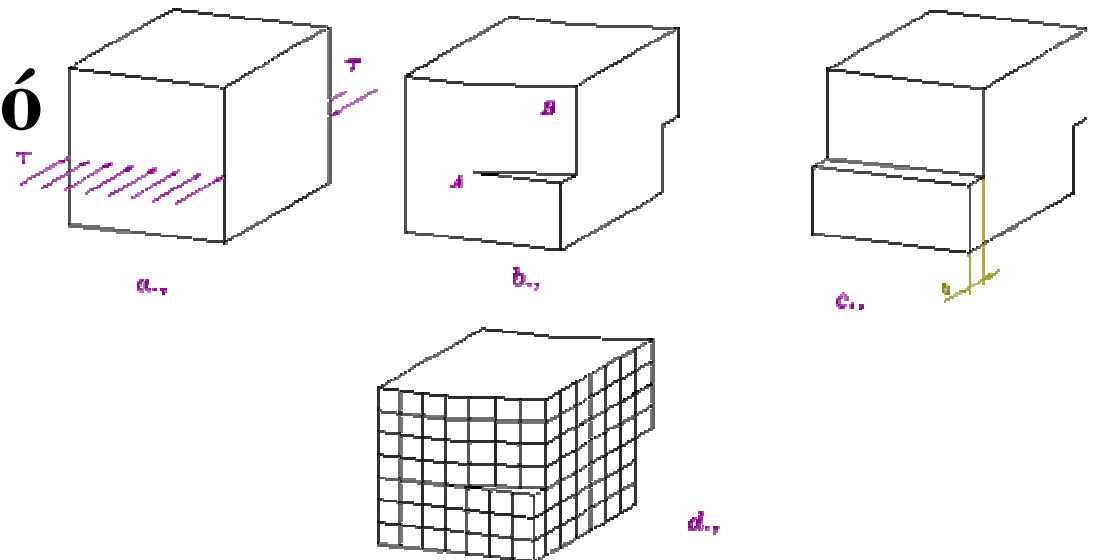
Egydimenziós rácshibák

Diszlokáció

- **Éldiszlokáció**



- **csavardiszlokáció**





Diszlokáció

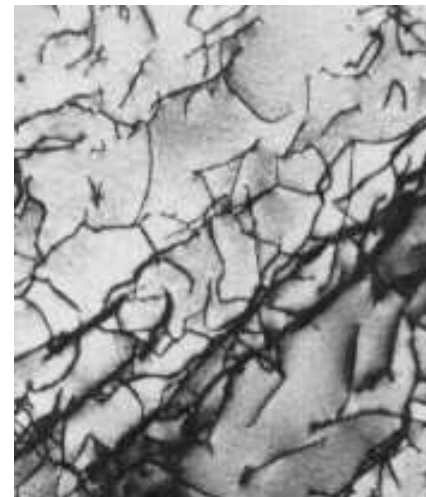
- **A diszlokáció az elcsúszott és el nem csúszott részek határvonala!**
- **A diszlokációk elmozdulásával jön létre a fémekben a képlékeny alakváltozás!**

Diszlokáció

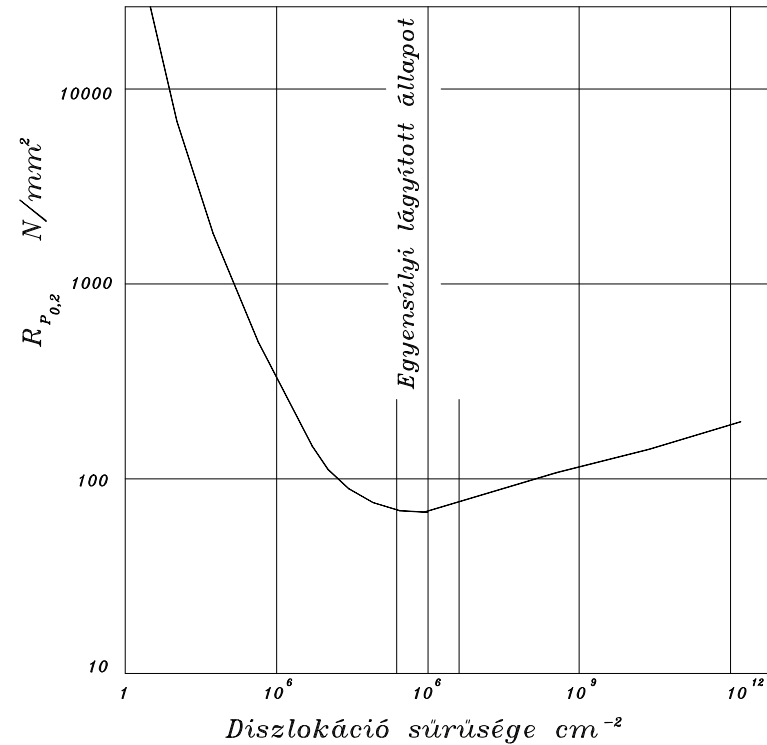
- **Diszlokáció**
rozsdamentes
acélban (Cr-Ni
ötvözés)



- **diszlokáció Ti**
ötvözetben
N 51 450x

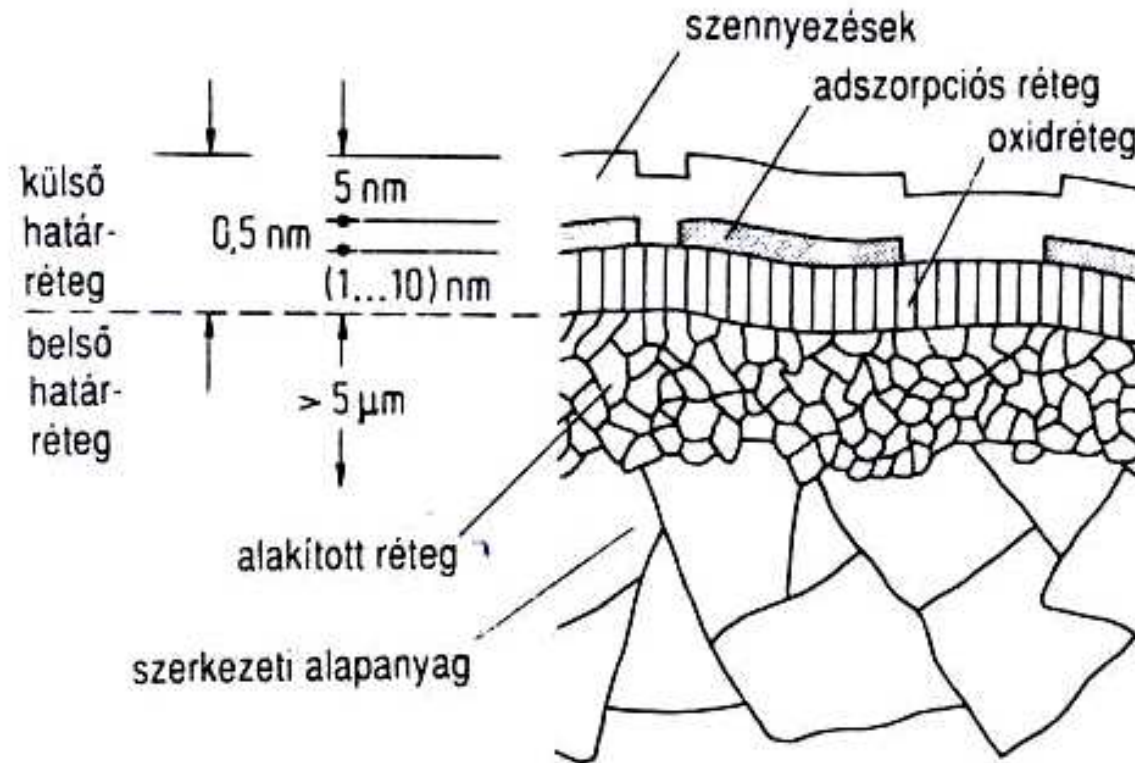


A diszlokációsűrűség és a szilárdság közötti összefüggés



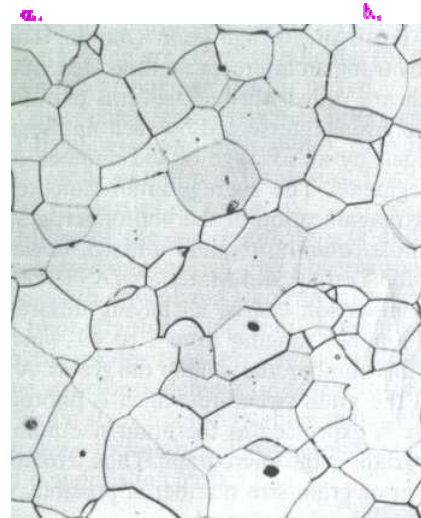
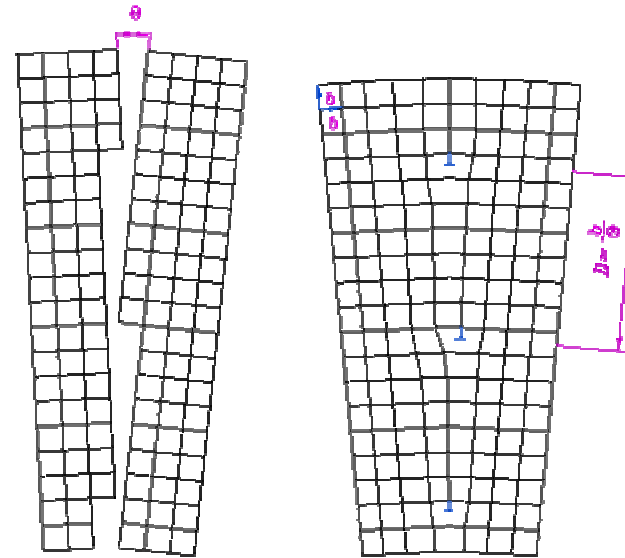
Kétdimenziós rácshibák

- Felület



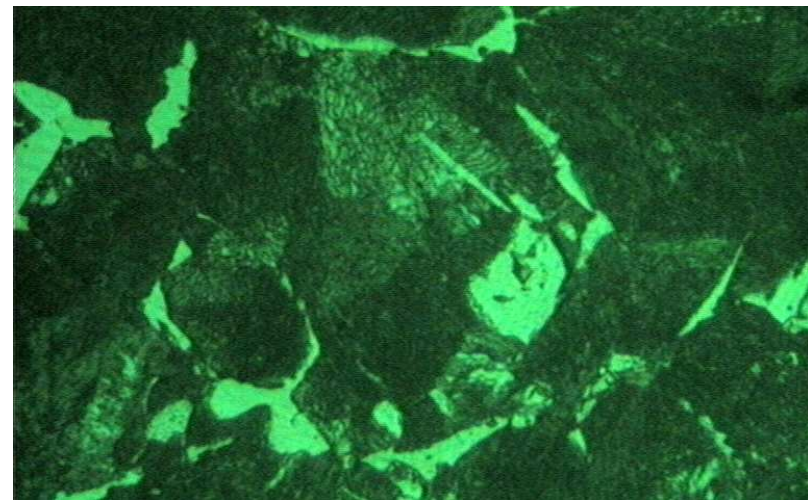
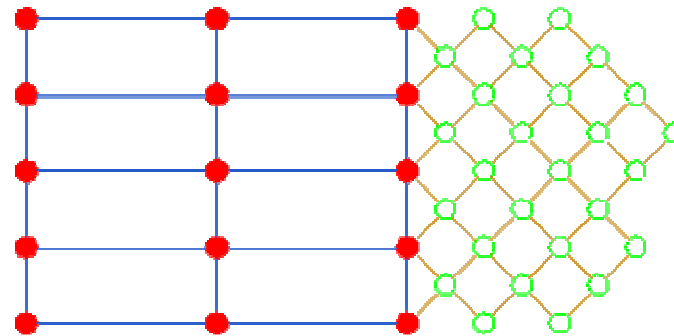
Kétdimenziós rácshibák

⇒ kristályhatár



Kétdimenziós rácshibák

- **Fázishatár**
a fázisok
határfelületei
 - koherens
 - semikoherens
 - inkoherens



Ötvözetek

- **Színfémek** nem tudják az ipar igényeit kielégíteni
- **ötvözet**= olyan , legalább látszatra egynemű, fémes természetű elegy, amelyet két vagy több fém összeolvasztása, vagy egymásban való oldása útján nyerünk.

☞ **Alapfém**

☞ **ötvöző**

☞ **szennyező**

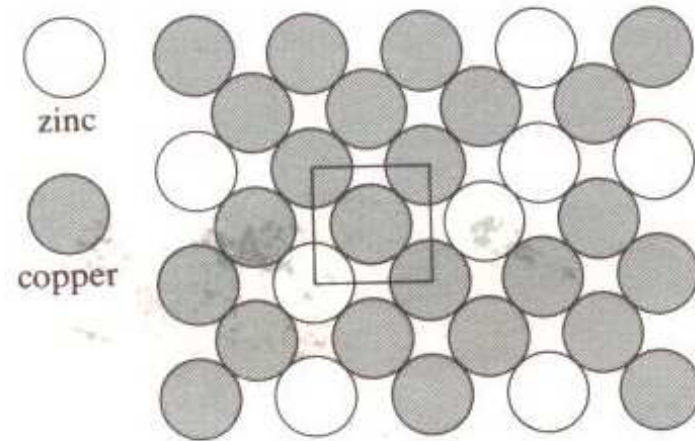
Az ötvözetek szerkezete, fázisai

- színfém,
- szilárdoldat
- vegyület

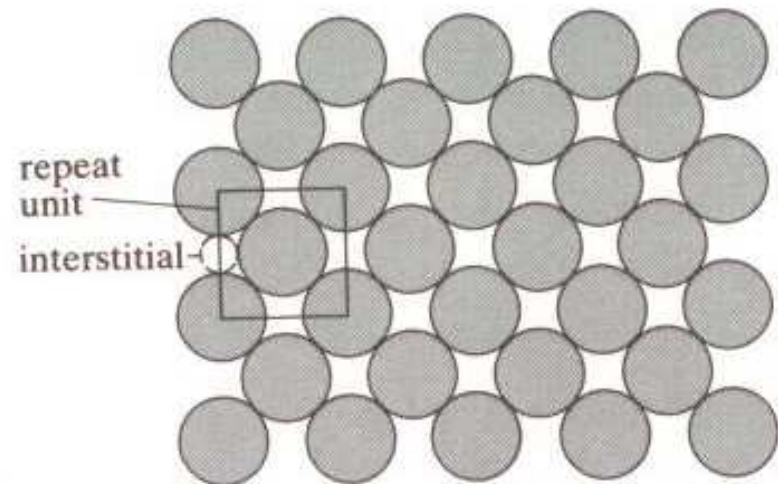
Ezek a kristályos fázisok előfordulhatnak önállóan, mint egy fázisú szövetelemek, de alkothatnak egymással kétfázisú heterogén szövetelemeket is .(eutektikum, eutektoid)

Szilárd oldat

⇒ **szubsztitúciós** az
alapfém atomját
helyettesíti



⇒ **intersztíciós** az
alapfém atomjai közé
beékelődik



Az oldódás lehet:

- **Korlátlan, ha: (csak szubsztitúciós)**
 - azonos a rácsszerkezet
 - atomátmérőben $\pm 14 - 15\%$ -nál nem nagyobb az eltérés
 - azonos a vegyérték



- **Korlátozott**



Fémvegyület

- **Ionvegyületek** pl. NaCl , CaF_2 , ZnS
- **elektronvegyület** pl. CuZn , Cu_5Zn_8 ,
 CuZn_3 vagy AgZn , Cu_5Si
- **intersztíciós vegyület** pl. A_4B , A_2B , AB
vagy AB_2 lehet vagy ilyen pl. a Fe_3C ,
 Mn_7C_3

Az ötvözet alkotó nem oldják egymást

Ha az ötvözet alkotói nem oldják egymást szilárd állapotban az ötvözetrendszerben megjelenik az eutektikum

A fémek és ötvözetek kristályosodása, átalakulásai

Hogyan jön létre a szilárd szerkezet?

Vizsgálatainkat az anyagnak a külvilágtól elkülönített részén az un. rendszerben végezzük.

A rendszer az anyagnak a külvilágtól megfigyelés céljából elkülönített része.

- **Homogén** vagy egyfázisú
- **heterogén** vagy többfázisú

- **A rendszer homogén, önálló határoló felületekkel elkülöníthető része a fázis. Jele: F**

- A rendszert az **alkotók vagy komponensek építik fel** . Jele: **K**
- A rendszer állapotát az **állapottényezők** határozzák meg.

Ezek:

- a hőmérséklet **T**
- a nyomás **p**
- a koncentráció **c**

Az állapothatározók és a fázisok száma között egyensúly esetén összefüggés van.
Ezt fejezi ki a Gibbs féle fázisszabály.

A Gibbs féle fázisszabály általános alakja

- A Gibbs - féle fázisszabály általános alakja szerint a fázisok (F) és a szabadsági fokok (S_z) számának összege kettővel több, mint a komponensek (K) száma

$$F + S_z = K + 2$$

- A képletben szereplő 2-es szám, a nyomást és a hőmérsékletet, mint független változókat jelenti.

A Gibbs féle fázisszabály fémekre érvényes alakja

A fémek esetében a nyomásnak alig van hatása, ezért állandónak tekintjük. Ezért a **fázisszabály fémekre vonatkozó alakja:**

$$F + S_z = K + 1$$

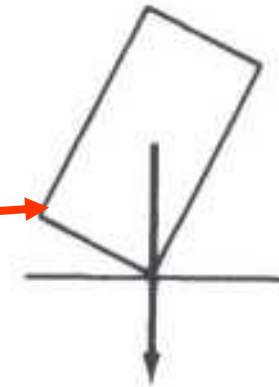
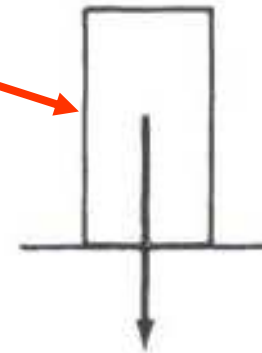
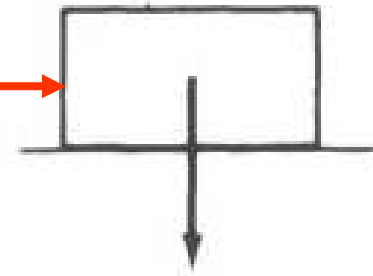
A rendszer állapotának termodinamikai vizsgálata

A rendszer, adott körülmények között akkor van termodinamikai egyensúlyban ha a szabadenergiája minimális. A rendszer mindig a legalacsonyabb energiaszintre törekszik.

A spontán, külső beavatkozás nélkül létrejövő folyamatok, minden esetben csökkentik a rendszer szabadenergiáját

A rendszer állapota lehet

- **Stabil** (legalacsonyabb energia szint)
- **metastabil** azt jelenti, hogy a rendszer fázisainak energiája nem a legkisebb, mégis hosszú ideig képesek ebben az állapotban maradni
- **instabil**



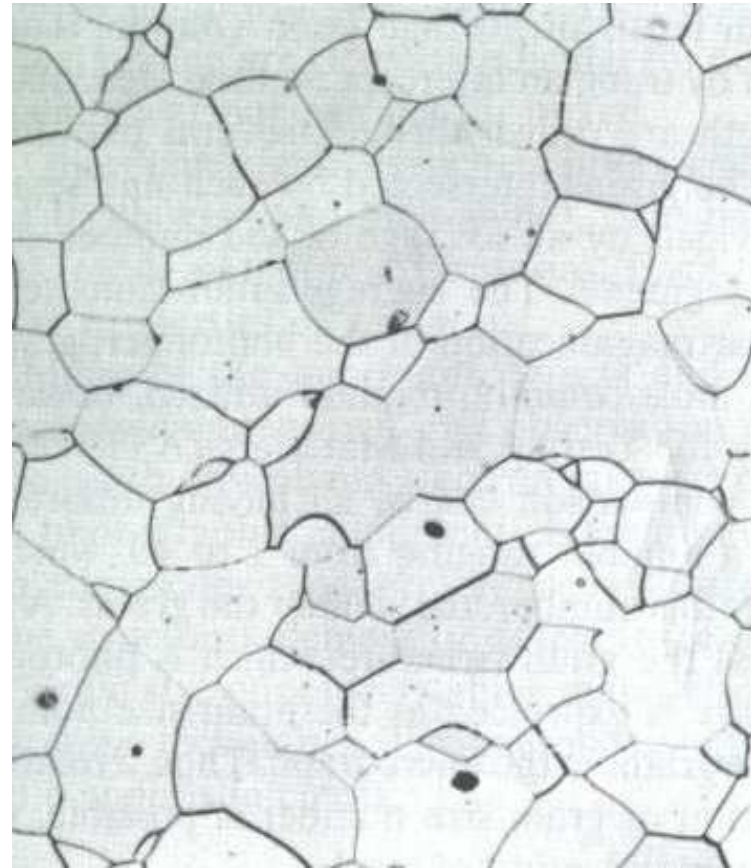
Kristályosodás

A kristályos szerkezet rácselemekből épül fel, melynek alakja változatos és jellegzetes. Az ionos és kovalens kötéssel rendelkező anyagok, az ásványok, kerámiák kristályainak külső alakja formatartó, magán viseli a rácstípus jellegzetességeit. Ezek az egyedülálló kristályok az **egykristályok**.



Fémkristályok, kristallitok

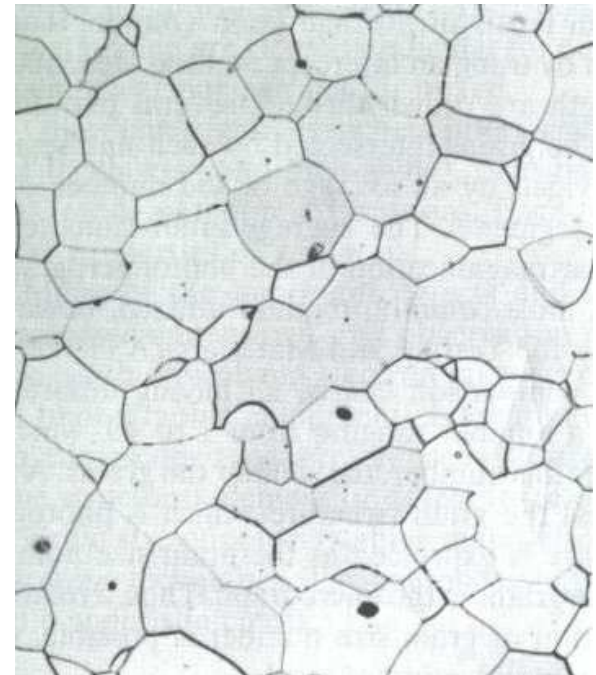
- A fémek esetében csak **speciális hűtési módszerrel tudunk egykristályokat kialakítani**. Bármely fémdarabot megnézve azon a kristályosság nem fedezhető fel.
- Ezek a **kristallitok**



Olvadék dermedése

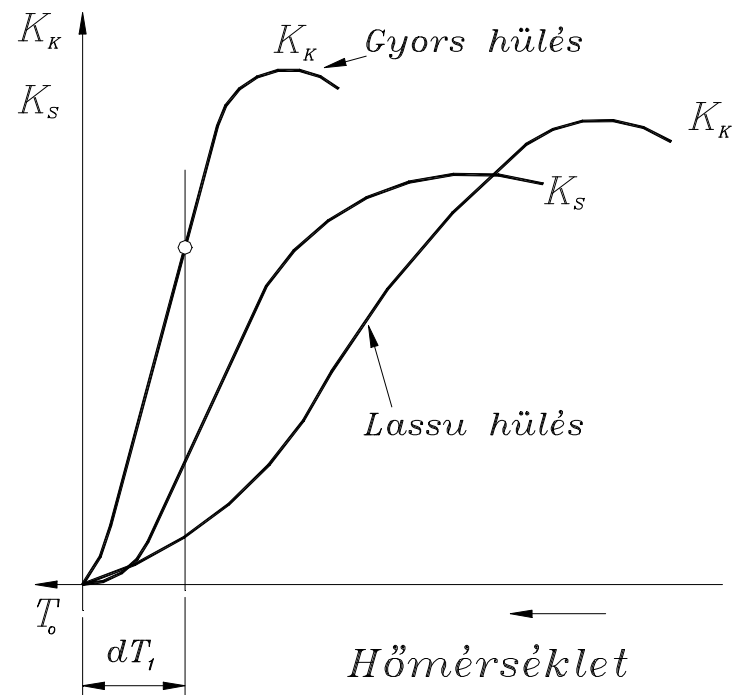
az olvadékban az atomok összekapcsolódásával **kristálycsirák** képződnek. A kristályosodás során a meglévő csirákhoz további atomok kapcsolódnak, a **csirák növekedni** kezdenek. Növekedés közben a szomszédos, szabályos lapokkal határolt kristályok egymásba érve akadályozzák egymást, így szabálytalan határfelületekkel határolt szemcsék un. **krisztallitok** keletkeznek.

Olvadék dermedése



Kristályosodás

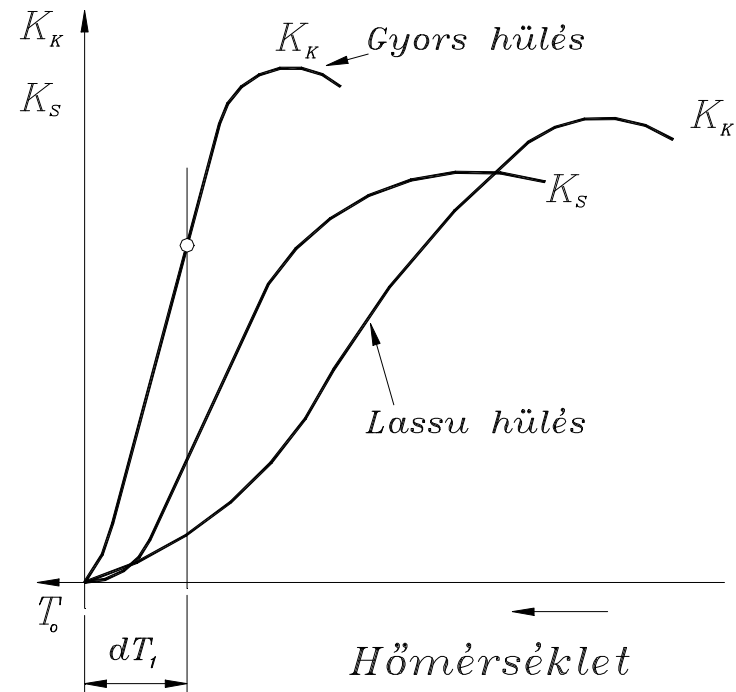
A kristályosodás, a kristallitok jellege és mérete a **kristályosodási képességtől**, vagy csiraképződéstől, és a **kristályok növekedésének sebességétől** függ. Mindkét tényezőt befolyásolja az olvadásponthoz képesti **túlhűtés mértéke**.



Milyen szemcseméret alakul ki dermedéskor?

Lassú hűtés

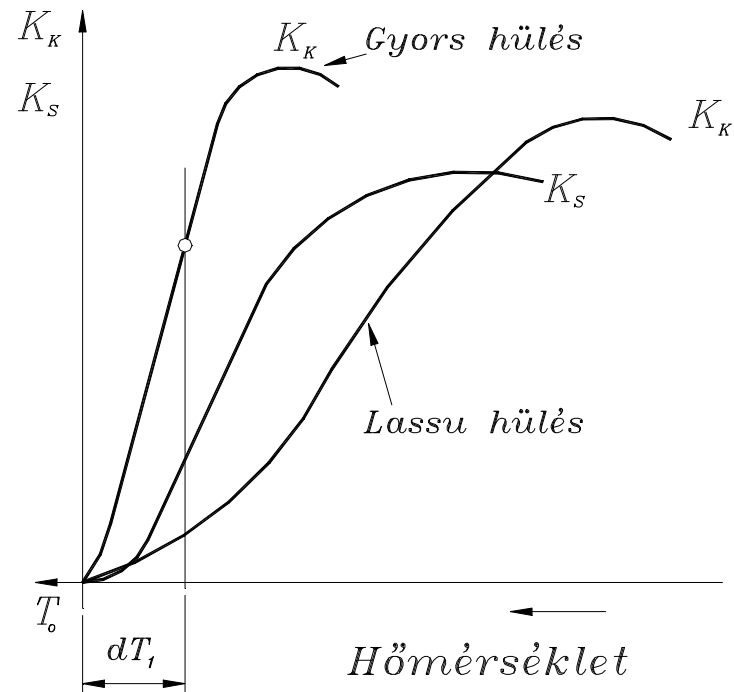
- (pl. homokforma) a csiraképződés kicsi, a növekedés sebessége nagy.
- Az eredmény **durva szemcseszerkezet**



Milyen szemcseméret alakul ki dermedéskor?

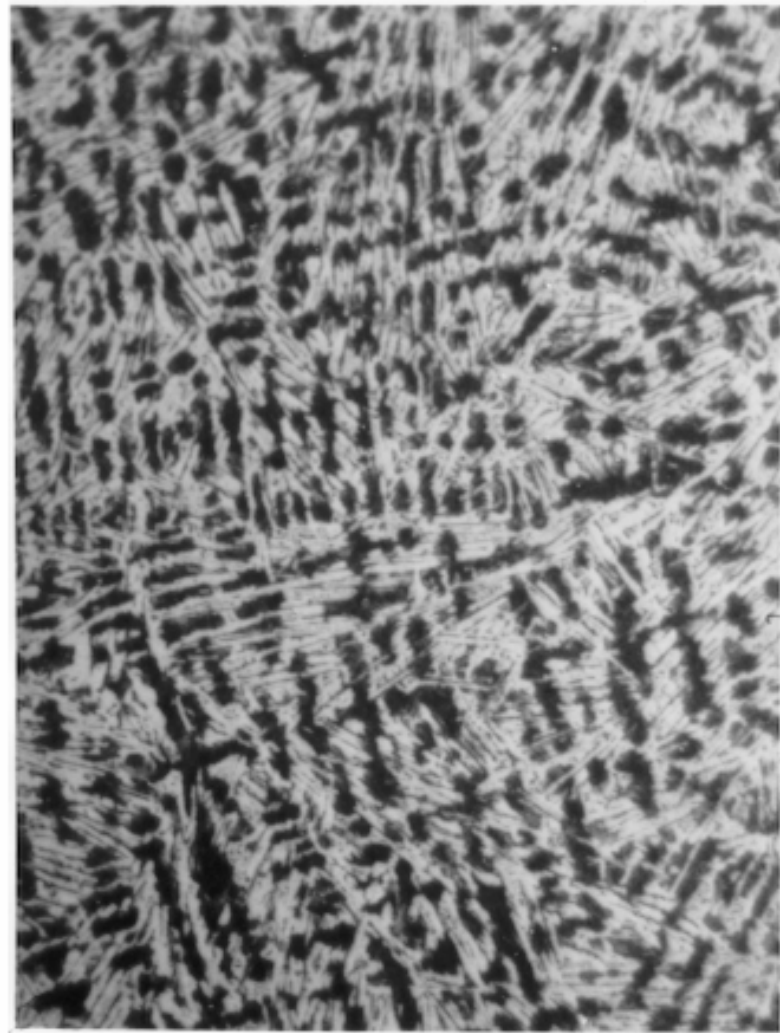
Gyors hűtés

- (pl. fémforma, kokilla)
a csiraképződés nagy, a növekedés sebessége nagy.
- Az eredmény **finom szemcseszerkezet**





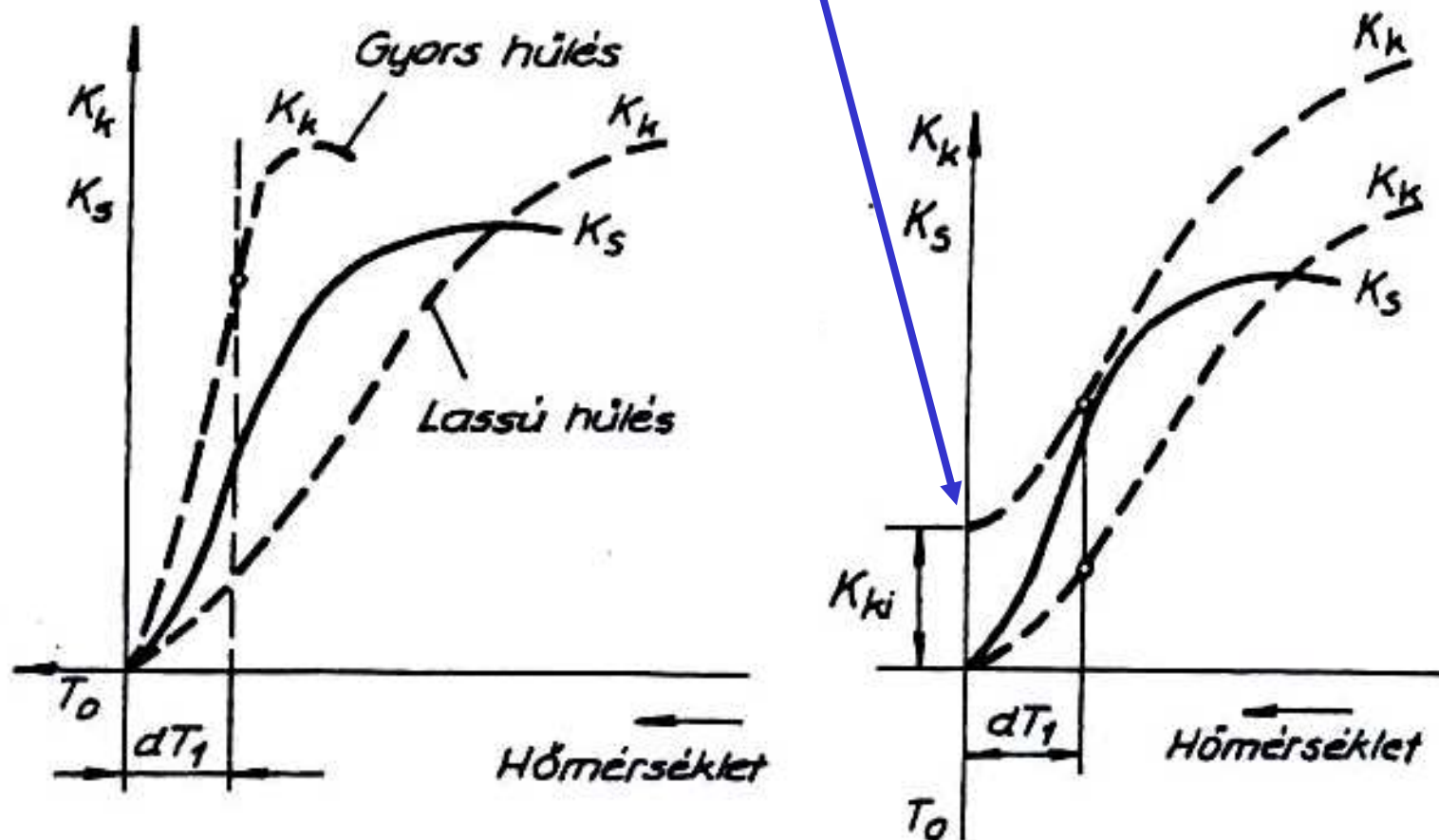
Lassabb hűtés



Gyors hűtés

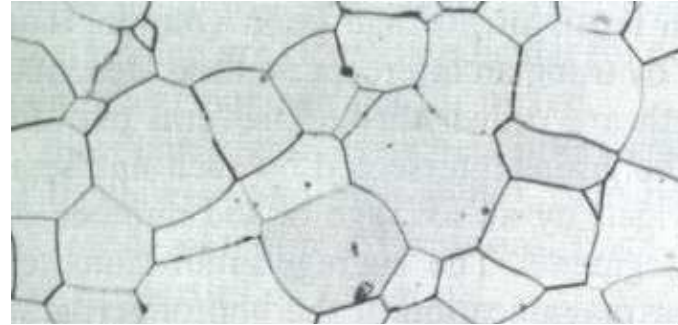
A kristályosodást befolyásoló tényezők

Idegen fajtájú csira

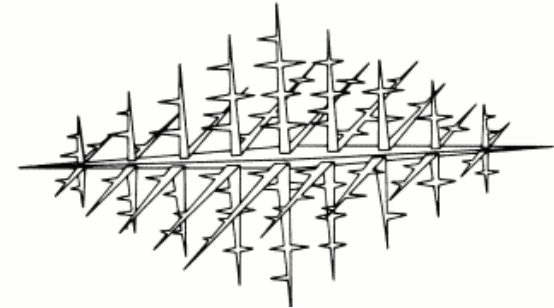
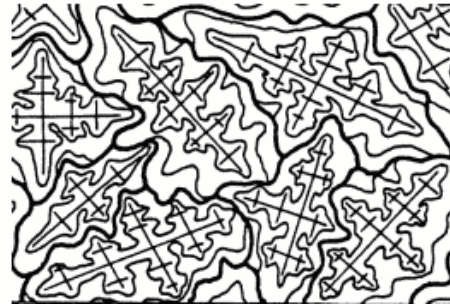


Kristályosodási formák

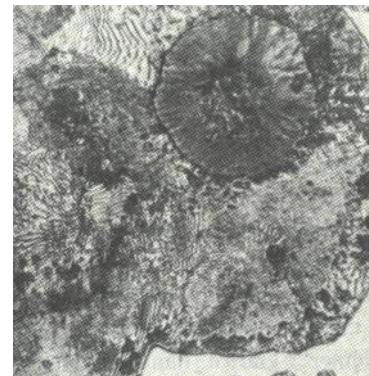
- Poliedereres

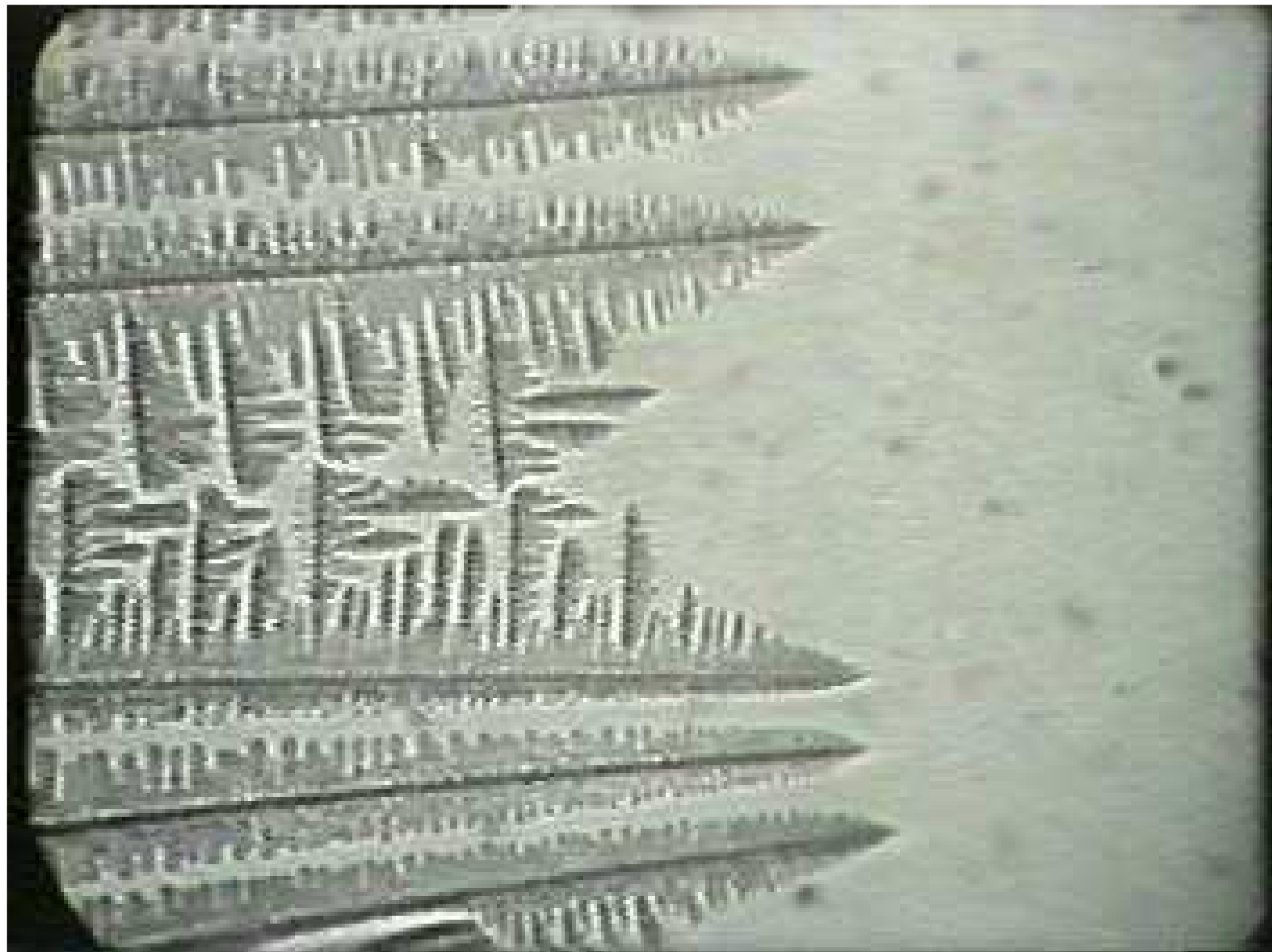


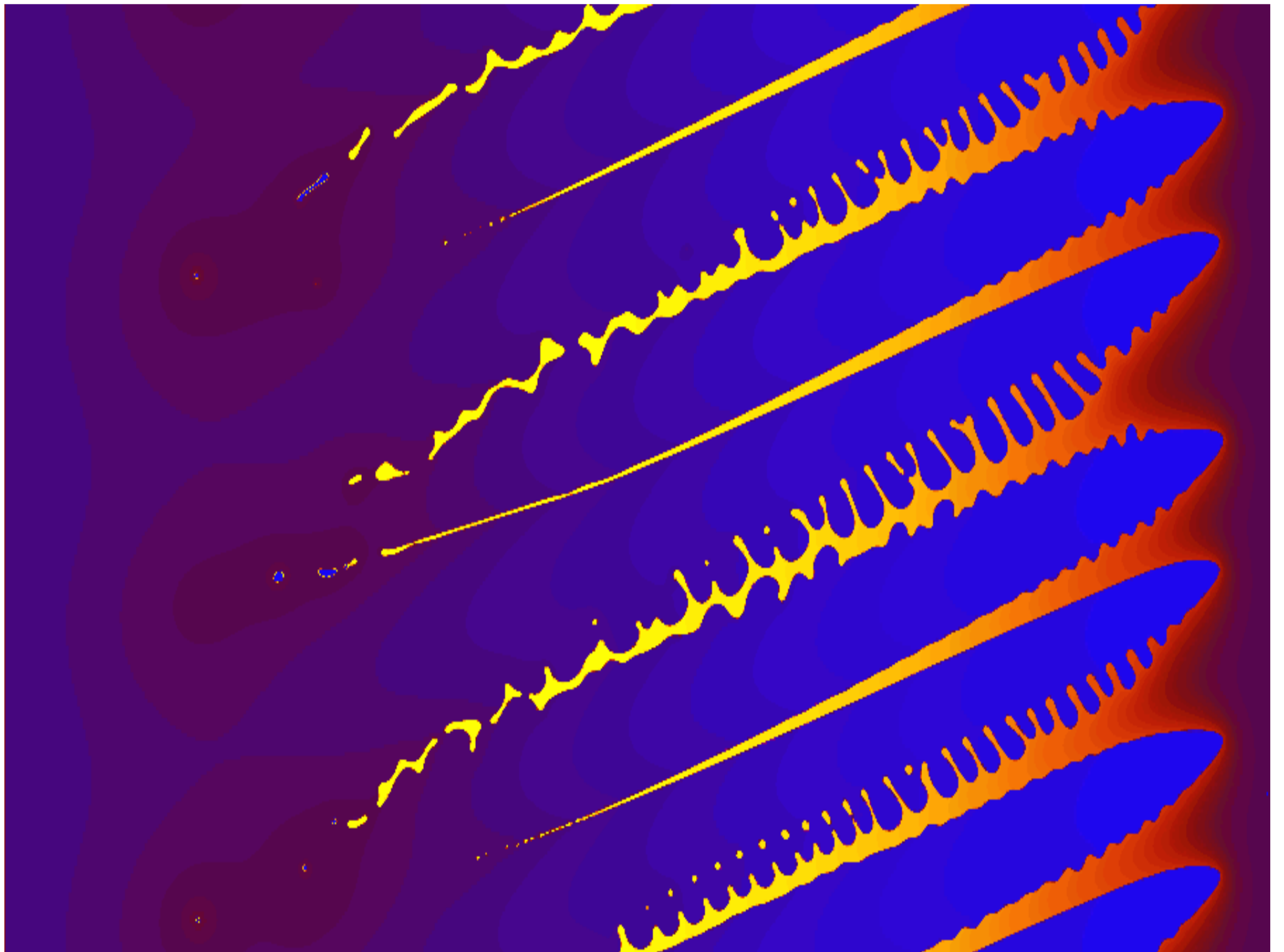
- dendrites

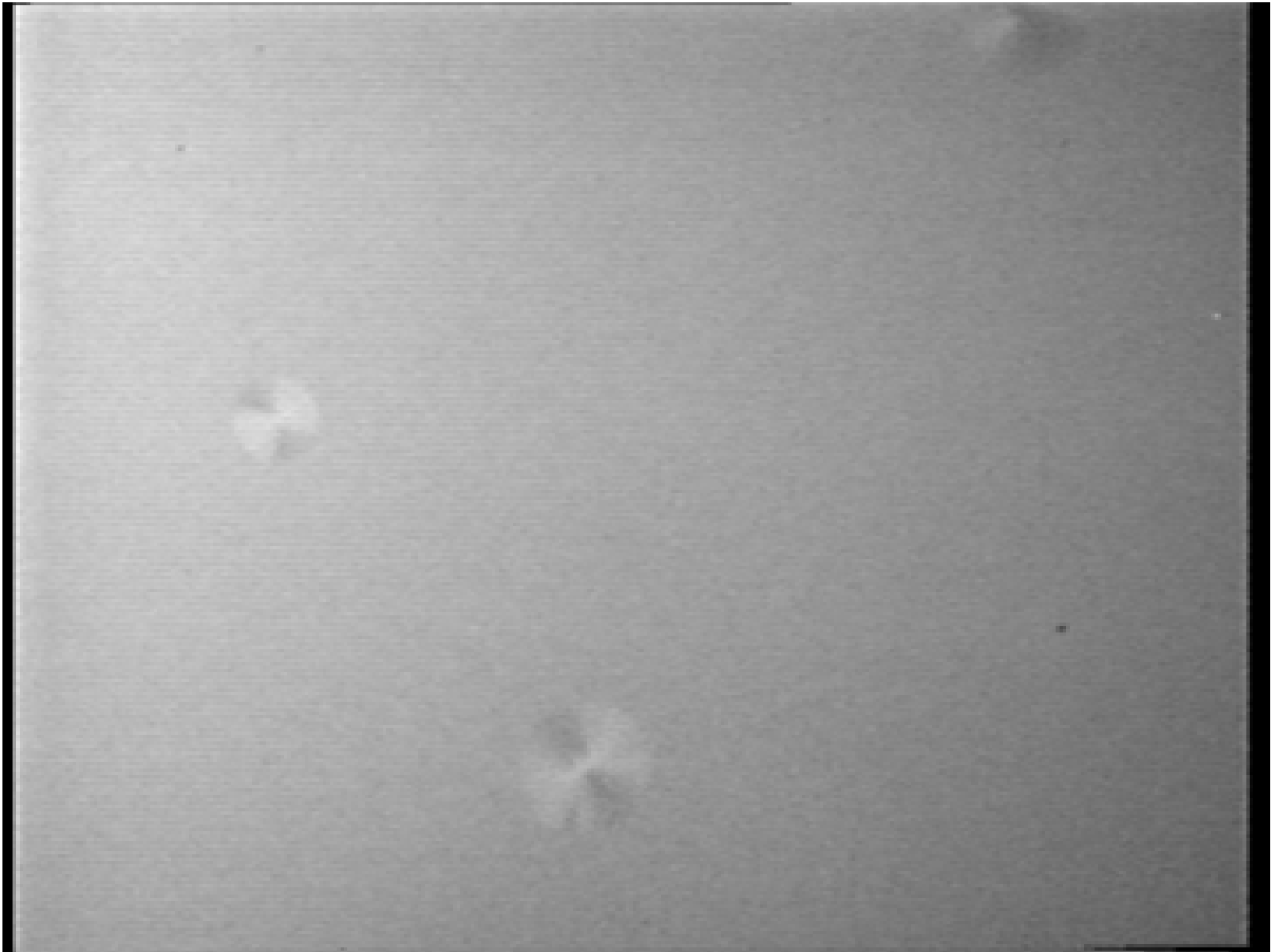


- szferolitos









A kristályosodást befolyásoló tényezők

**Intenzív, irányított hűtélvonalás
(fém forma, kokilla)**

