

Név: Szatai Sebestyén Zalán  
Neptun-kód: C7283Z

N

I

11

A

# Újrakristályosodás

## (Rekristallizáció)

### Eszközök:

99,99%-os tisztaságú alumínium próbatest  
Fém körző  
Vonalzó  
Karcólótű  
Fémnyújtó  
600°C-ra hevített kemence  
Sav(folysav (HF), sósav (HCl) és salétromsav (HNO<sub>3</sub>) keverék)  
Víz  
Csipesz

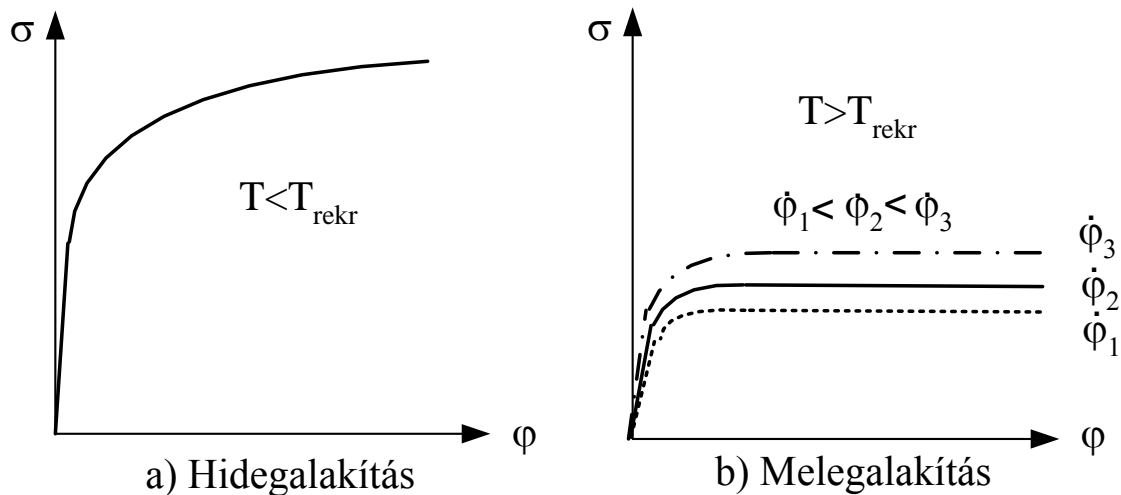
### A mérés leírása:

A mérés elvégzéséhez szükséges eszközök összegyűjtése után az alumínium próbatesteken bejelöltünk egy 100mm-es szakaszt és a karcoló tűvel jól láthatóan bejelöltük azt a szakaszt. Fémnyújtóval különböző hosszúságúra ( $\epsilon\%$ ) nyújtottuk a próbatesteket. Eztán a 600°C-os előmelegített kemencébe helyeztük ahol kb. 30percig hevítettük. A próbatest hűtése után a kristályszemcséket savval(folysav (HF), sósav (HCl) és salétromsav (HNO<sub>3</sub>) keverék) tettük láthatóvá, majd eztán is vízzel tettük veszély nélkül vizsgálhatóvá a próbatestet. A kristályméretekől függően kétféle képen lehet az átlagos kristályméretet kiszámolni. Mi a területes módszerrel oldottuk meg, mi szerint ha a kristályok mérete nagyobb mint 5 mm akkor bekarcolunk egy szakaszt úgy hogy a kristályokat amiken átmegy többnyire felezze. Eztán megszámloljuk az egész kristályokat, és megmérjük a szakasz hosszát, majd ebből a következőképp kiszámoljuk az átlagos kristályméretet:  $\bar{d} = \sqrt{\frac{L*10}{n}}$ . Végül a különböző értékekből ábrákat, grafikonokat készítünk és következtetéseket vontunk le.

A mérés dátuma: 2009.09.29.

## Elméleti leírás:

A hideg- és a melegalakítás közötti különbség igen szemléletesen érzékeltethető a valódi feszültség-valódi nyúlás görbék alapján (**Hiba! A hivatkozási forrás nem található.a**). Az ábrából jól látható, hogy hidegalakításnál a valódi feszültség nagysága a maradó alakváltozás függvényében nő, melegalakításnál viszont a valódi feszültség gyakorlatilag az alakváltozástól függetlenül közel állandó (ideálisan képlékeny anyag), de igen érzékenyen függ az alakváltozási

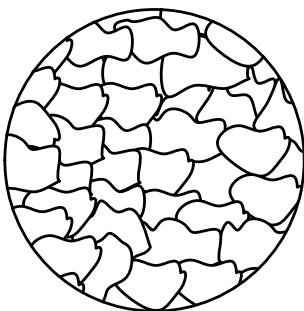


sebességtől.

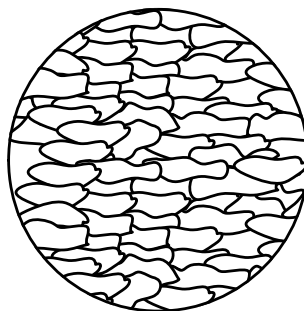
Valódi feszültség – valódi nyúlás görbék

Ez a következőkkel indokolható: az alakítási keményedés – amint az az előzőkből nyilvánvaló – az alakváltozás nagyságától függ és lényegében igen kis időt igényel. Ezzel szemben a lágyulás diffúziós jelenség, amely az időtől jelentősen függ. Következésképpen minél nagyobb az alakváltozás sebessége, a lágyulás annál inkább késik, amely a valódi feszültségi görbén a valódi feszültség nagyobb értékében nyilvánul meg. A melegalakítás hőmérsékletén, amint a **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.a** alapján is látható, adott alakításhoz sokkal kisebb alakítóerő szükséges mint a hidegalakításnál, ezért a melegalakítás a szobahőmérsékleten nagy szilárdságú, és a nagy méretű munkadarabok alakítástechnológiája.

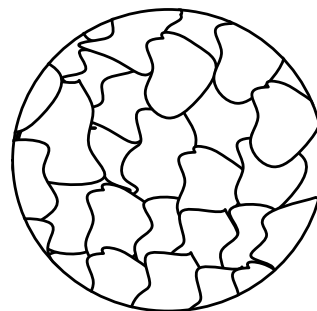
A szemcseszerkezet változását elemezve hidegalakításnál, három jól elkülöníthető stádiumot figyelhetünk meg. A lágyított állapotú, fémbe alakítás előtt részarányos, közel egyenlő térfogatú szemcséket találunk (**Hiba! A hivatkozási forrás nem található.a, α-részlete**).



$V = V_0$   
alakítás előtt



$V_1 = V_0$   
alakítás után



$V_2 \begin{matrix} < \\ \approx \\ > \end{matrix} V_0$   
újrakristályosodás után

A hidegalakítás során (itt az alumínium megnyújtása) az anyag ridegedik, az anyagban belső

feszültségek lépnek fel, amelyek később belső repedésekhez, az anyag roncsolódásához, eltöréséhez is vezethetnek. Az kristályszerkezetben az alakítás hatására diszlokációk (kristálysíkok egymáson való elmozdulása) jönnek létre, pontszerű rácshibák képződnek, a kristályokban energia halmozódik fel. Az újrakristályosodás során hő hatására az atomok mozgékonyasága, rezgésük frekvenciája megnő, a rácshibák, okozta energia (belső feszültség) csökken (megújulás), új kristálycsírák jönnek létre, növekednek és a további hőkezelés hatására bekövetkezik a szemcsedurvulás (a kialakult kristályszemcsék továbbnövekedése illetve eltűnése)

### Mérési eredmények:

Sorszám	$L_0$ [mm]	L [mm]	$\epsilon$	$\bar{d}$
1	100,5	106/105,7	0,05174129	6,2
2	99,9	107/106,7	0,06806807	5,3
3	99,6	108/107,5	0,07931727	3,9
4	100,3	109/109	0,08673978	3,5
5	100,1	110/109,8	0,0969031	3,0
6	100,1	111/111	0,10889111	2,0
7	100	112/112	0,12	2,0
8	100,1	115/114,5	0,14385614	2,1

$L_0$  : a próbatest kezdeti hossza

L : a próbatest nyújtás utáni hossza

$\epsilon$ : a nyújtás aránya,  $(L - L_0) / L_0 * 100$  [%]

$\bar{d}$  : a kialakult szemcseméret

### Kristályalakok különböző nyújtásoknál:



$L_0$



$L_3, \epsilon_3$



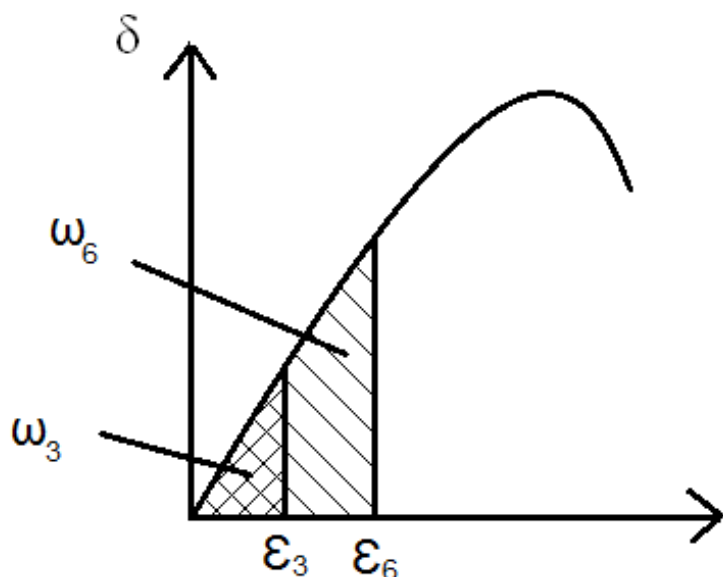
$L_6, \epsilon_6$

mérnöki/névleges nyúlás/alakváltozás  $\epsilon = \frac{L - L_0}{L_0} \left[ \frac{m}{m} \right] \%$

## Kristálycsírák láthatóvá tétele:

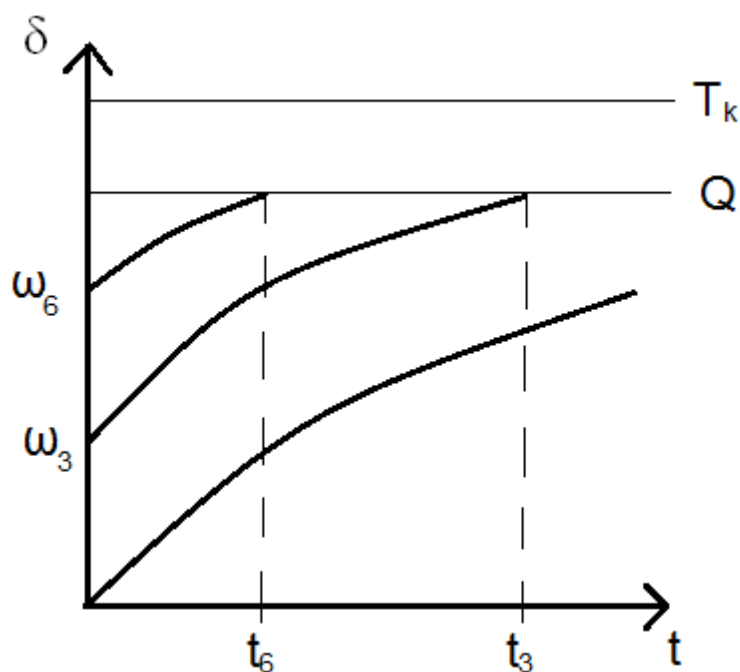
Alap helyzetben szabad szemmel nem látjuk a kristálycsírákat, és így mérni sem tudjuk őket. Ennek kiküszöbölésére egy igen tömény és erős savkeverékkel (folysav (HF), sósav (HCl) és salétromsav (HNO<sub>3</sub>) keverék) lemaratjuk az alumínium felületének egy részét, ezáltal a kristálycsírák másképp verik vissza a fényt, így jól láthatóak, és jól elkülöníthetőek.

## Különböző nyújtásnak megfelelő mechanikai munkák:



Jól látható, hogy a görbe egy ponton visszafordul, vagyis nem lehet a végtelenségig nyújtani egy fémet, illetve nem komoly anyagkárosodás (esetleg szakadás) nélkül biztosan nem.

## Melegítés hatására fellépő energiaváltozás:



$T_k$  : kritikus hőmérséklet, ahol már szemcsedurvulás keletkezik

Q: aktiválási energia

Minél nagyobb munkát „tároltunk el” a próbatestben annál hamarabb éri el az adott aktiválási energiát, vagyis minél kisebb a megnyújtás annál tovább kell hevíteni az újrakristályosodás végbemeneteléhez.

## Átlagos szemcseméret kiszámítása:

### 5 mm-nél nagyobb szemcsék esetén

- Vonalzó és karctű segítségével tetszőleges hosszúságú szakaszt jelölünk ki a próbatesten, úgy, hogy a keresztülkarcolt kristálycsírákat lehetőleg a felénél válasszuk le.
- A szakaszon belül megszámloljuk azon szemcséket, amelyek teljes egészében a kijelölt részen vannak (nem beleszámolandó azokat amelyek a próbatest szélén vannak és onnan láthatóan „lelőgnának”).
- Alkalmazzuk a következő képletet

$$\bar{d} = \sqrt{\frac{L * 10}{n}}$$

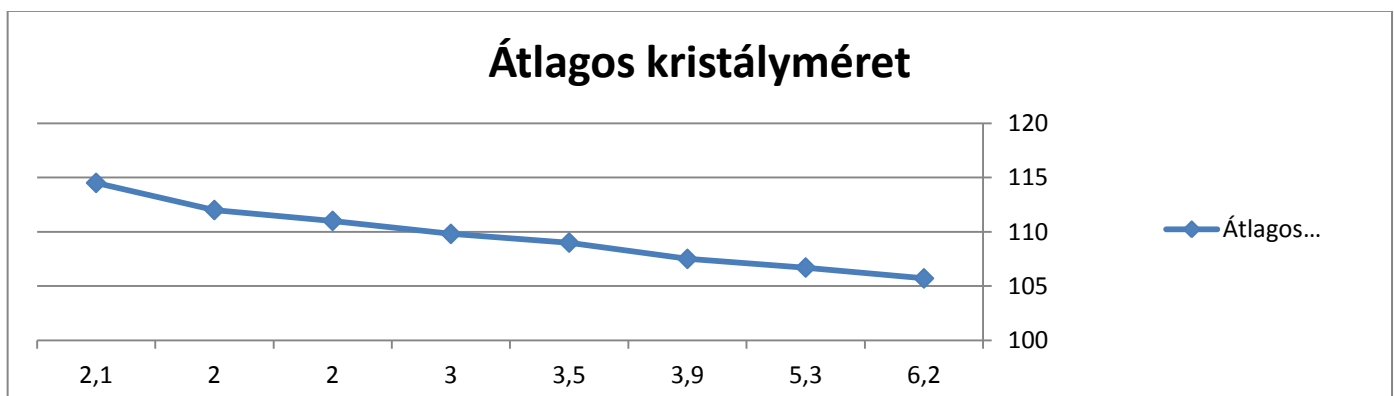
- L: kijelölt szakasz hossza
- n: szemcsék száma

### 0-5 mm közötti szemcseméret esetén

- Vonalzó és karctű segítségével tetszőleges hosszúságú szakaszt jelölünk ki a próbatesten, úgy, hogy a keresztülkarcolt kristálycsírákat lehetőleg a felénél válasszuk le.
- A kijelölt szakaszon bekarcoljuk a negyedelő vonalakat.
- Mindhárom vonal mentén egy a meghatározott szakaszon belüli tetszőleges csírától tíz egymás melletti csíráig leszámolunk, és megmérjük a tíz csíra vonal menti hosszát.
- Ezekkel a hosszokkal elosztjuk a csíraszámot, vagyis tízzel és így megkapjuk az egyes vonalak mentén lévő csíra átlagméretet ( $d_1, d_2, d_3$ ).
- A három különböző ( $d_1, d_2, d_3$ ) kapott hosszúságot az alábbi képlettel átlagolva megkapjuk az átlagos kristálycsíra méretet:

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3}$$

## Mérési eredmények grafikus ábrázolása:



## **Összegzés:**

A mérési eredményeken megfigyelhető, hogy minél több munkát végeztünk, vagyis minél több energiát vittünk a megnyújtás során a próbatestbe, annál több volt rácshiba, és újrakristályosodásnál, annál több kristálycsíra keletkezett melyek, mivel többen voltak kisebbre tudtak csak növekedni, mert összeértek. A mérési eredmények grafikonja egy hiperbolához húzódik, ám ez az anyagban található csekély szennyeződés, és a mérési pontatlanságok miatt nem látszik egyértelműen.

2009.10.10.