

RAZVOJ NOVIH METODA I OPREME ZA SINTEZU I KARAKTERIZACIJU SAVREMENIH METALNIH MATERIALA

Milan Bizjak



Univerza v Ljubljani

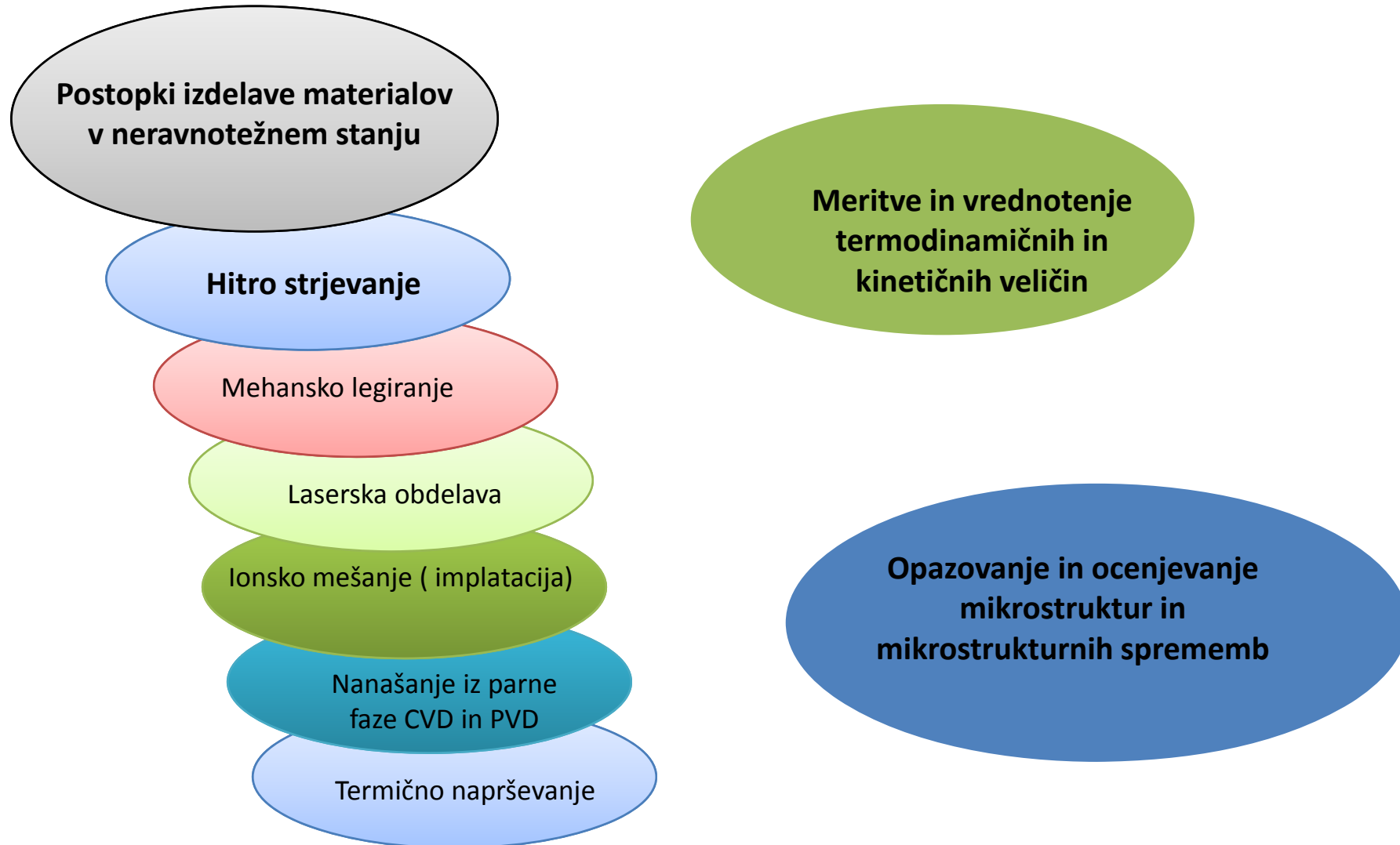
Naravoslovnotehniška fakulteta

Oddelek za materiale in metalurgijo





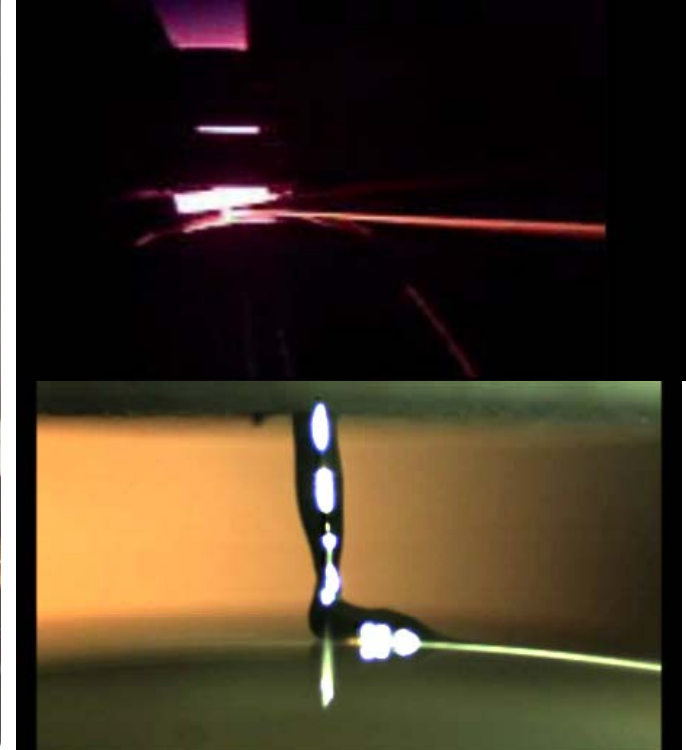
Kovinski materiali v neravnotežnem stanju





Hitro strjevanje

Naprava za hitro strjevanje na vrtečem se kolutu



Brizganje taline na vrteči se kolut



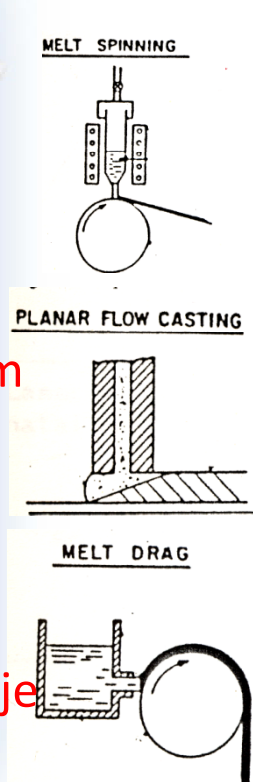
Hitro strjevanje na vrtečem se kolotu

Prednost naprave je v izvedbi nosilca talilnega agregata, ki omogoča tri postopke hitrega strjevanja:

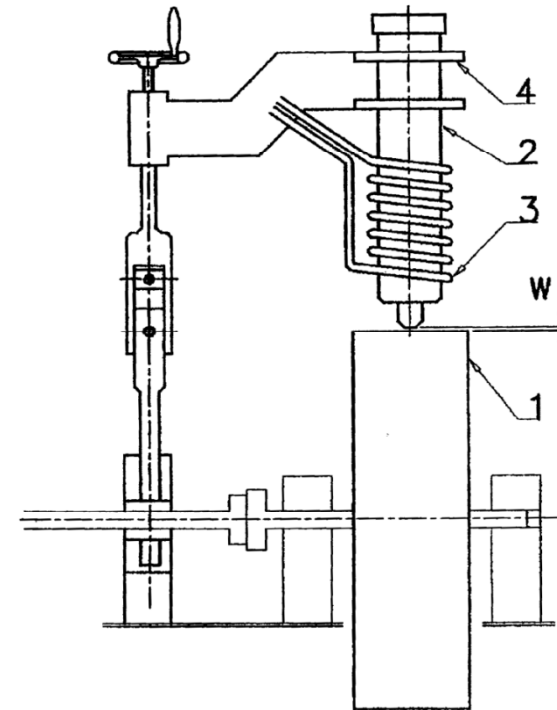
- prosto strjevanje

- strjevanje z ravnim tokom taline

- povlečno strjevanje



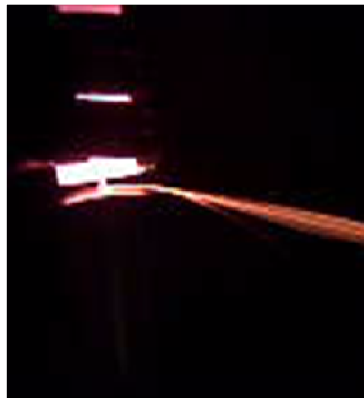
PATENT 20835



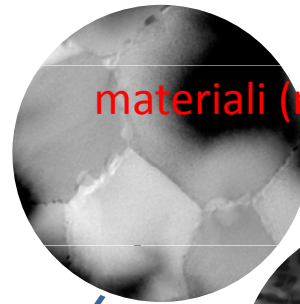
Postopki hitrega strjevanja omogočajo izdelavo trakov, kosmičev debeline od 10 μm , pa do več mm in širin od 1 pa do 12 mm pri hitrostih strjevanja od 10^2 do 10^6 $^{\circ}\text{C/s}$



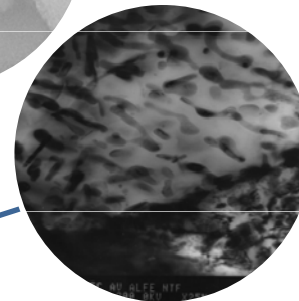
Hitro strjevanje na vrtečem se kolutu



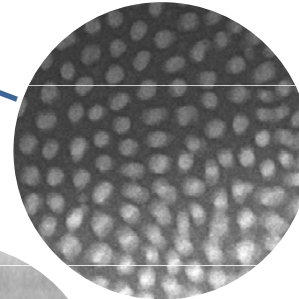
Brizganje taline na vrteči se kolut



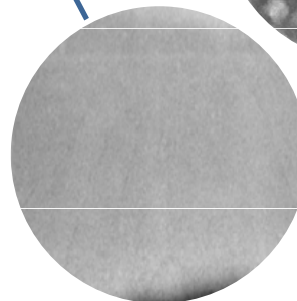
Polikristalinični kovinski materiali (materiali za izvore energije, materiali s spominom oblike itd)



Kvazikristalni kovinski materiali



Nano materiali



Kovinska stekla-amorfni materiali



Naprava za detekcijo mikrostrukturnih sprememb v kovinskih materialih

Električna upornost omogoča točno merjenje sprememb v materialu.

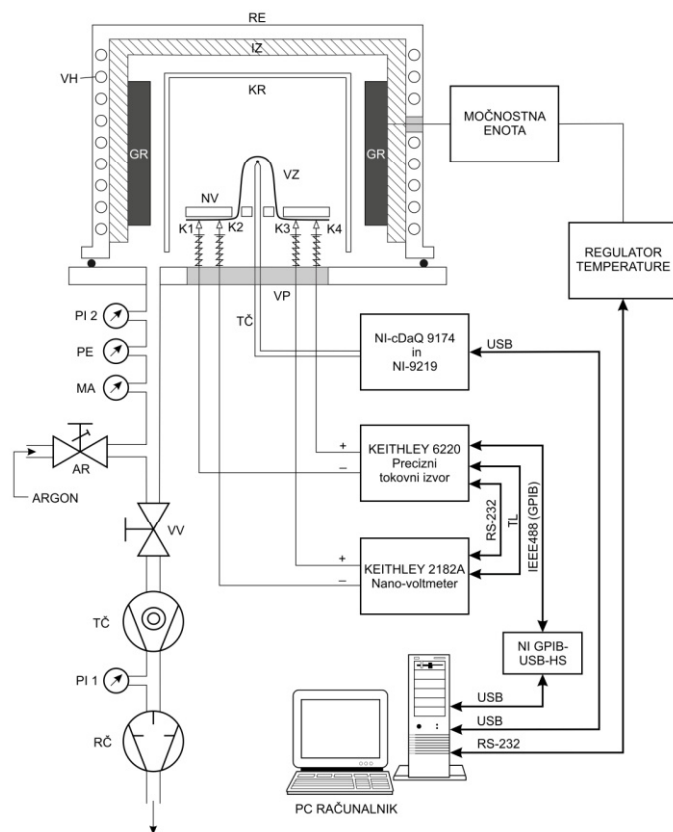


Celoten merilni sistem je izdelan tako, da kompenzira napake, ki bi nastale zaradi vplivov:

- kontaktnih upornosti spojev v merilni verigi
- upornosti merilnih kablov
- generiranih termonapetosti na kontaktnih spojih različnih materialov
- segrevanja vzorca z merilnim tokom
- elektromagnetnih motenj iz okolice



Merilni sistem



Shema merilnega sistema

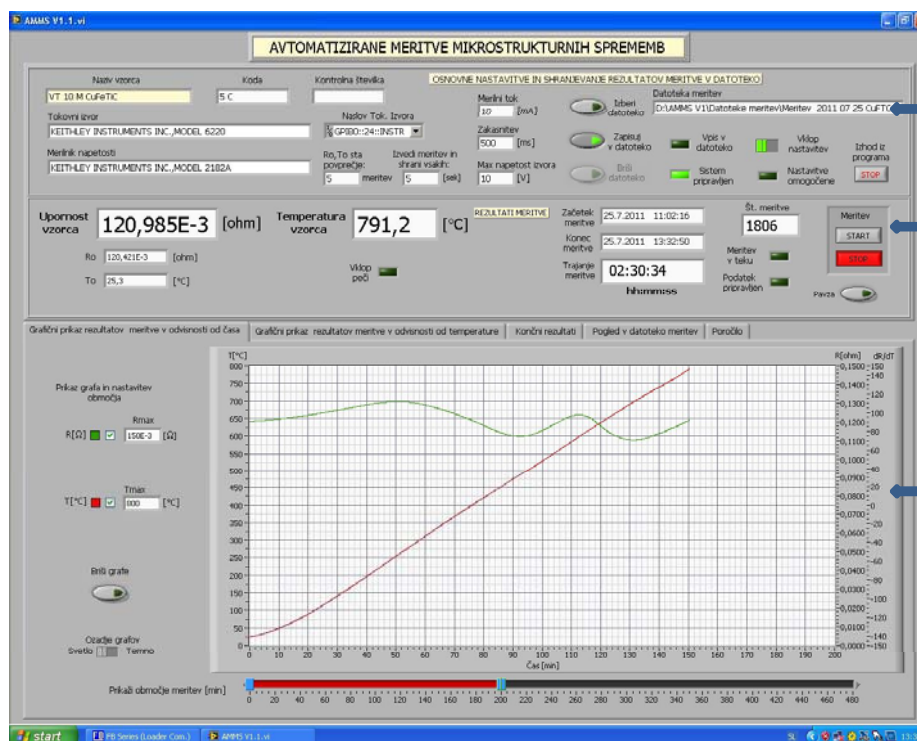
Merilni sistem sestavljajo naslednje komponente:

- visoko vakuumski sistem
- sistem za uvajanje argona
- močnostna krmilna elektronika
- regulator temperature
- sklop za montažo vzorca z merilnimi kablji
- sistem za meritev temperature vzorca
- elektronska merilna oprema
- PC računalnik s programsko opremo



Uporabniški vmesnik

Krmiljenje merilnega sistema poteka preko virtualne komandne plošče na zaslonu računalnika



Osnovne nastavitve in shranjevanje podatkov

Rezultati meritve

Grafični prikaz merilnih rezultatov

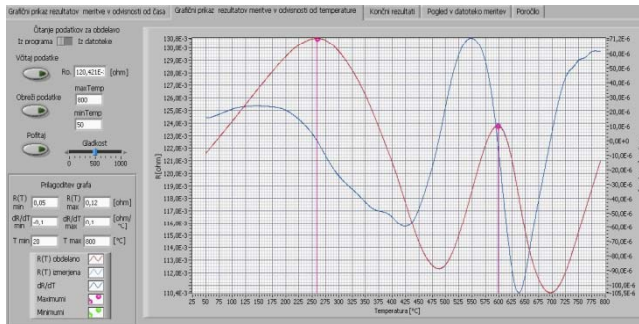
Uporabniški vmesnik – virtualna komandna plošča



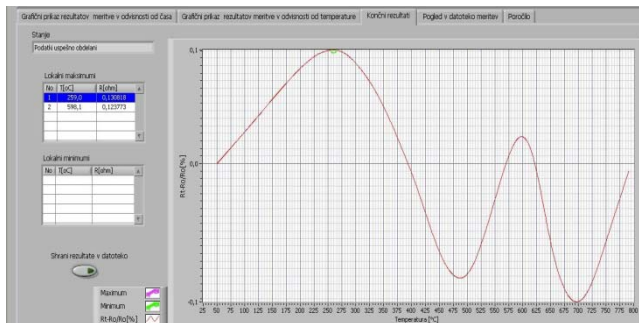
Grafični prikaz merilnih rezultatov



Časovna sprememba temperature in električne upornosti



Temperaturna odvisnost električne upornosti in njen temperaturni odvod

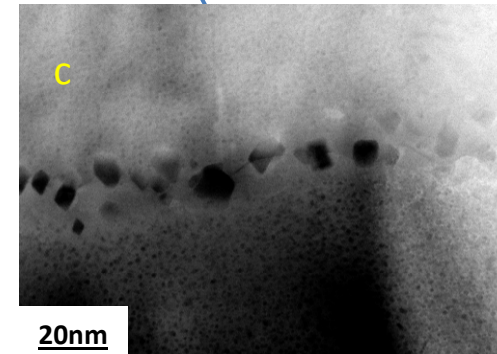
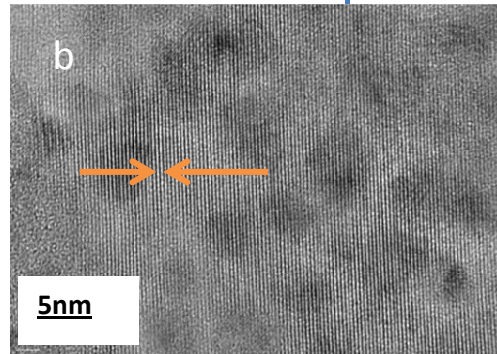
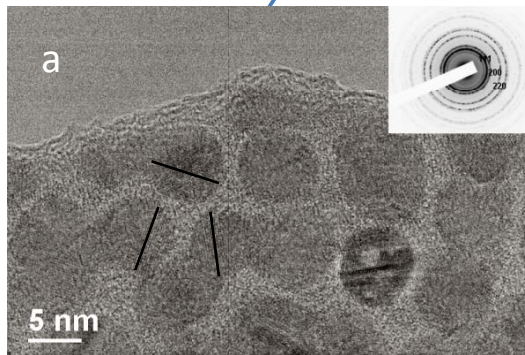
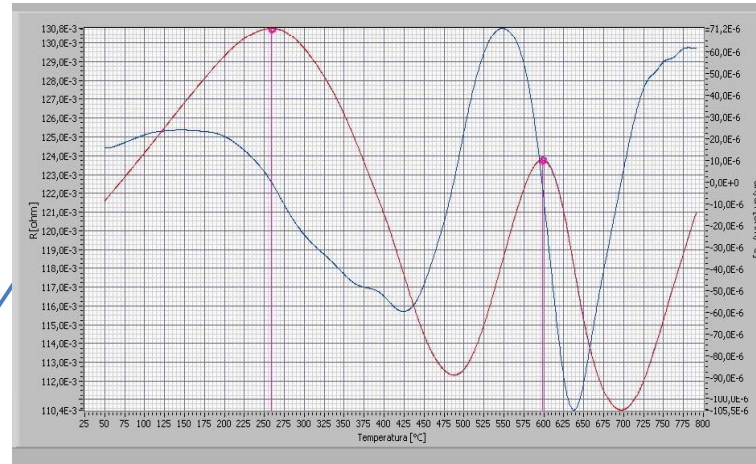


Temperaturna odvisnost relativne spremembe električne upornosti



Primeri uporabe

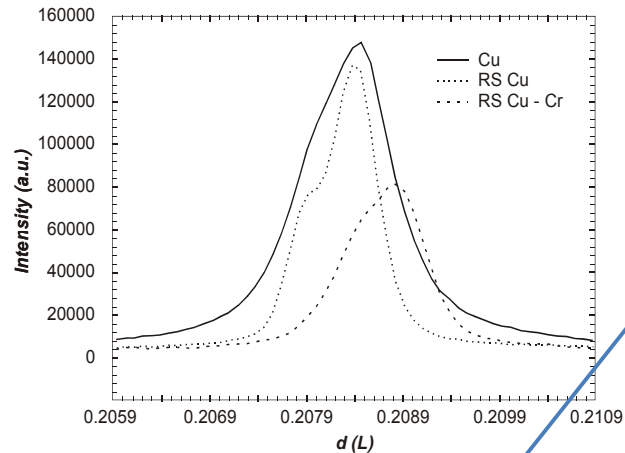
Nanostrukturirani materiali



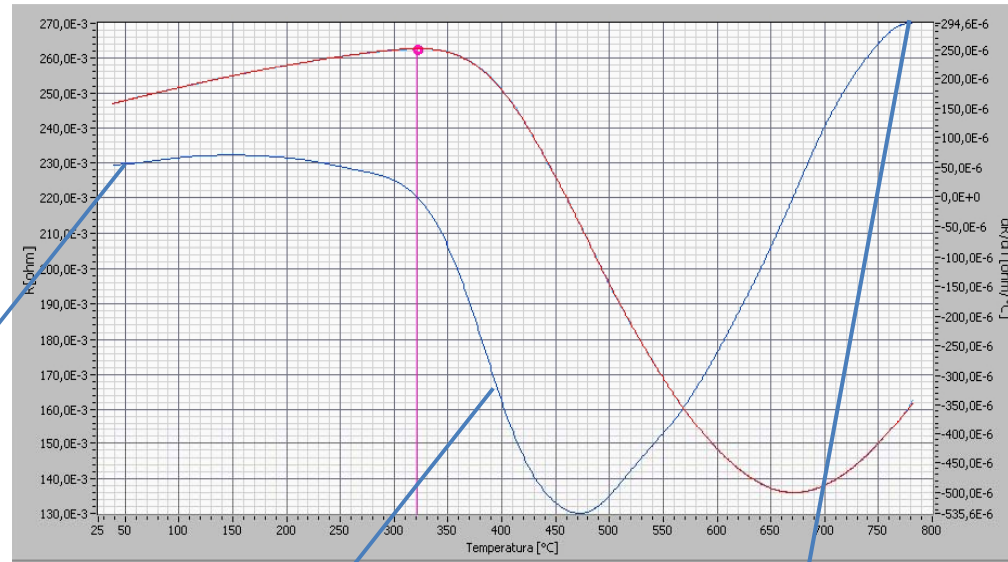
Mikrostruktura hitro strjene zlitine Cu-Fe-Ti-C (a), žarjene na 550 °C (b) in žarjene na 780 °C (c) HREM



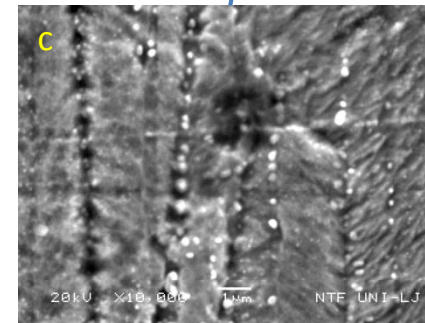
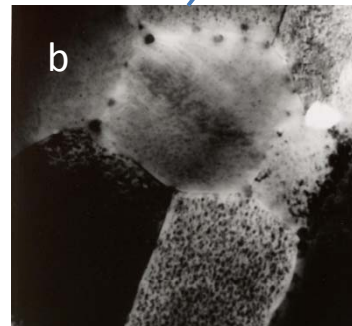
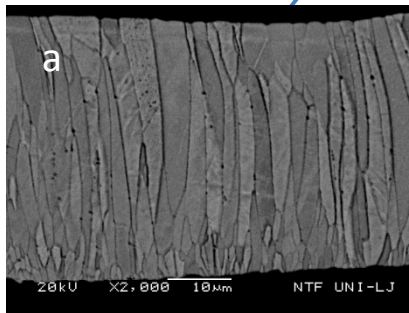
Temperaturna obstojnost- razpad prenasičenih trdnih raztopin



Del rentgenskih spektrov elektrolitskega bakra, hitro strjenega bakra in hitro strjene zlitine Cu-Cr



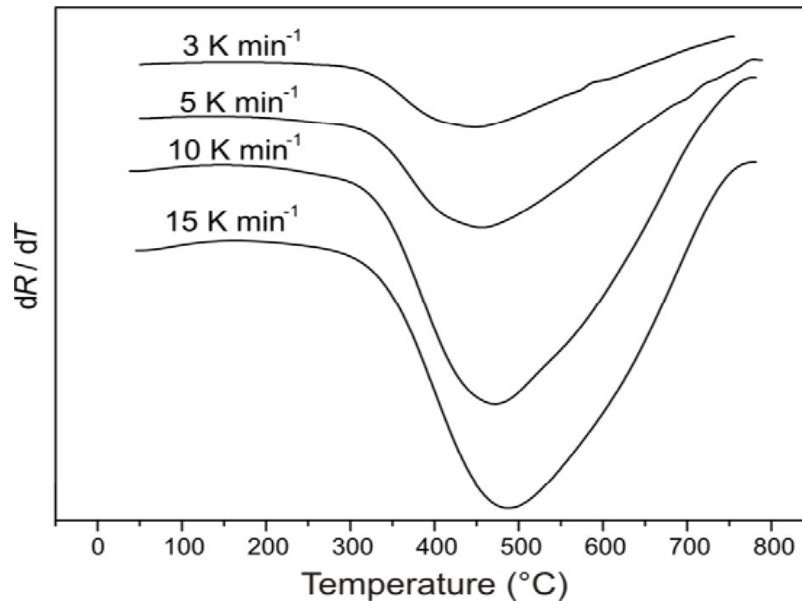
Električna upornost in njen temperaturni odvod v odvisnosti od temperature za hitro strjeno zlitino Cu-Cr



Mikrostruktura hitro strjene zlitine Cu-Cr (a)(SEM), po žarjenju na 400 °C (b)(TEM) in po žarjenju na 780 °C (c) (SEM)



Določitev aktivacijske energije iz meritev upornosti



Temperaturni odvod upornosti v odvisnosti od temperature hitro strjene zlitine Cu-Cr med ogrevanjem s hitrostjo 3, 5, 10 in 15 K/min

Z uporabo enačb:

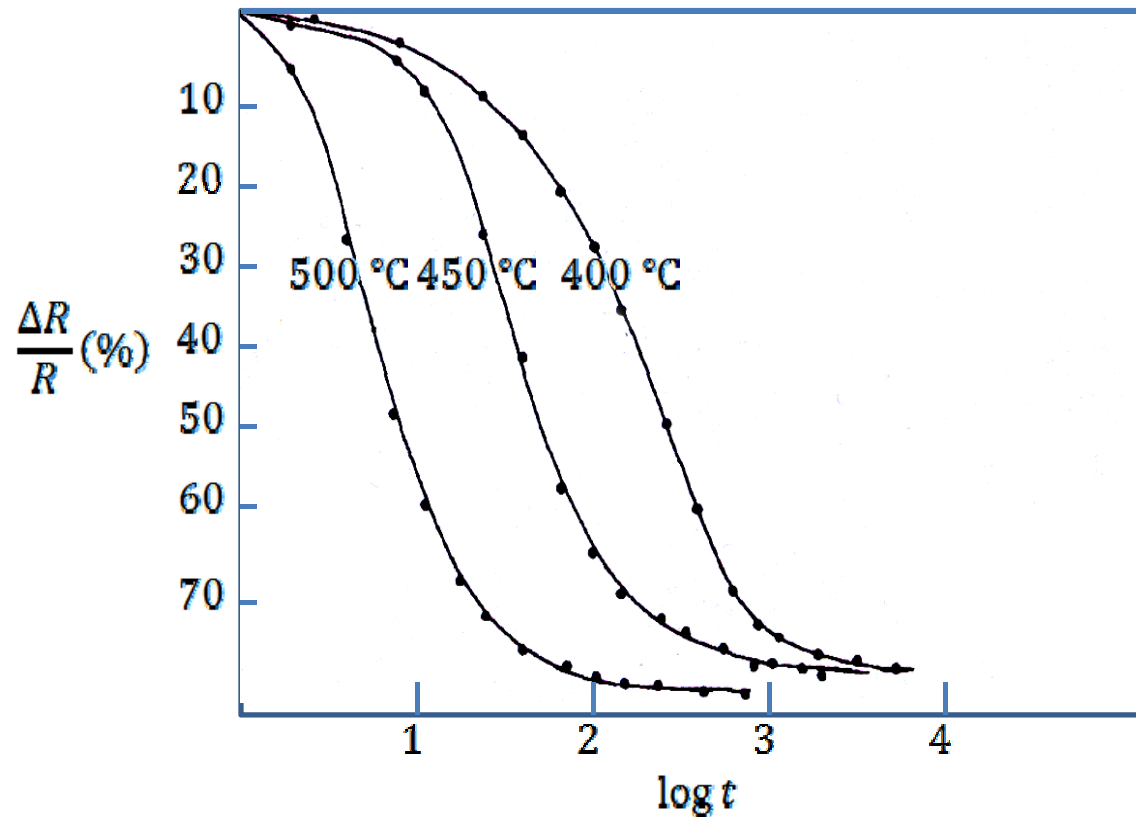
$$\log \beta = -0.4567 \cdot \left(\frac{Q}{R \cdot T_{m1}} \right) + A$$

$$\ln \left(\frac{T_{m1}^2}{\beta} \right) = \left(\frac{Q}{R \cdot T_{m1}} \right) + B$$

lahko po metodi Ozawa in Kissingerja izračunamo aktivacijsko energijo iz minimalnih vrednosti odvodov električne upornosti po temperaturi. Izračunana aktivacijska energija izločanje kroma iz prenasočene trdne raztopine α_{Cu} znaša 196 ± 5 kJ/mol .



Temperaturna obstojnost- razpad prenasičenih trdnih raztopin

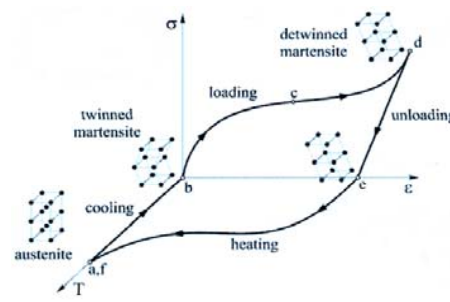
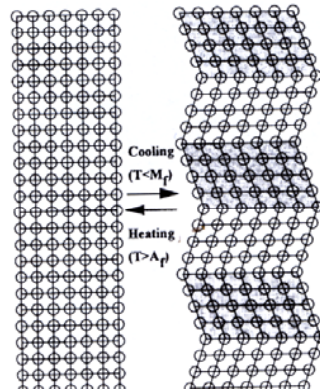
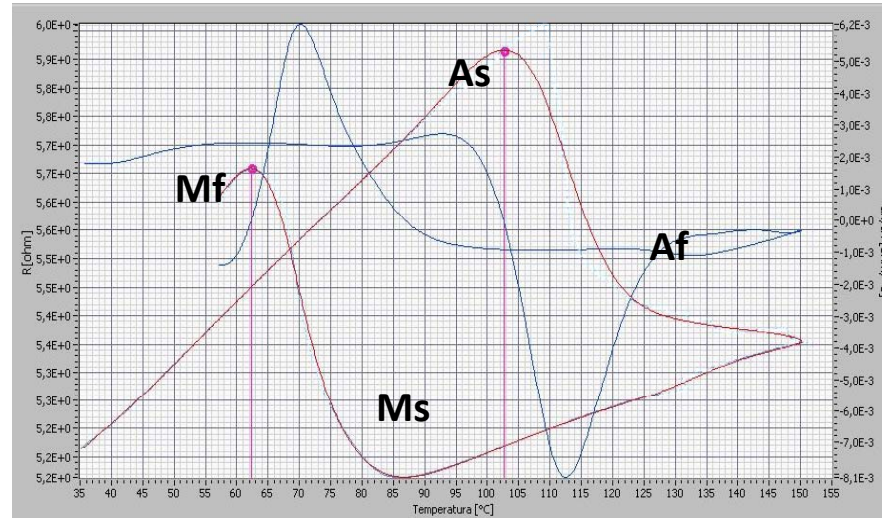


Relativna sprememba električne upornosti pri izotermnem žarjenju hitro strjene Cu-Cr zlitine



Fazne transformacije v zlitinah s spominom oblike

Električna upornost in njen temperaturni odvod v odvisnosti od temperature segrevanja in ohlajanja za Ni-Ti zlitino s spominom oblike.

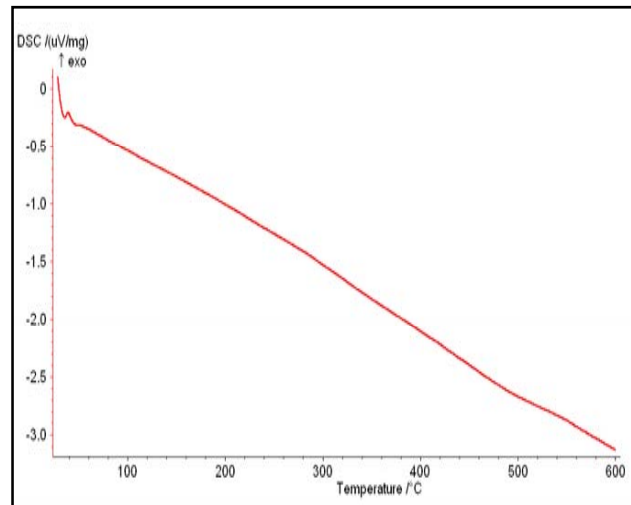


Reverzibilna martenzitna transformacija

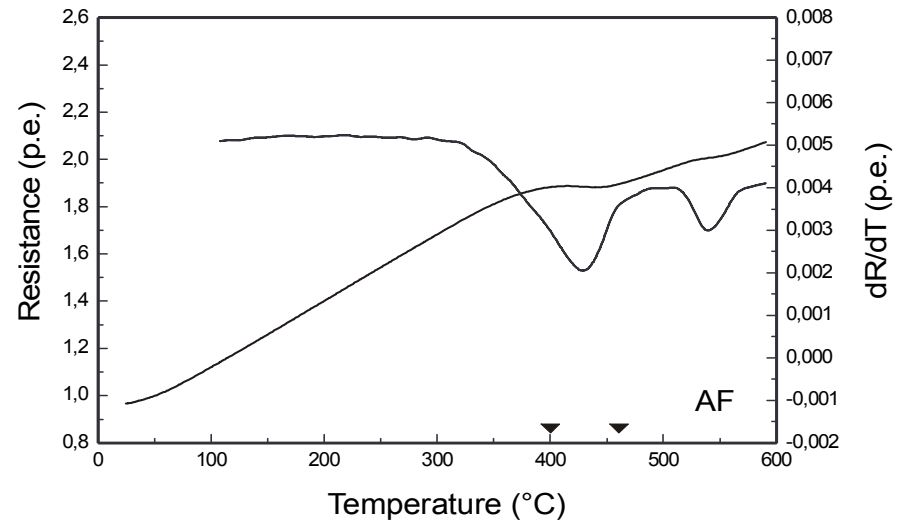
Enosmerni oblikovni spomin
Če zlitino pseudoplastično deformiramo, nato pa segrevamo v avstenitno področje se martenzit transformira v avstenitna zrna, iz kakršnih je nastal.. Materialu se povrne prvotna oblika. Pri ohlajanju v martenzit ostane oblika nespremenjena



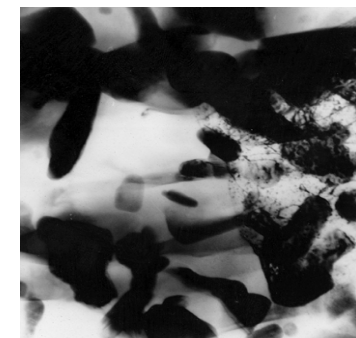
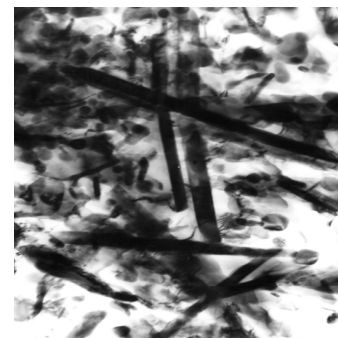
Primerjava med rezultati meritev DSC in meritev električne upornosti



DSC-krivulja za hitro strjeno zlitino Al-Fe-Zr-Netzsch



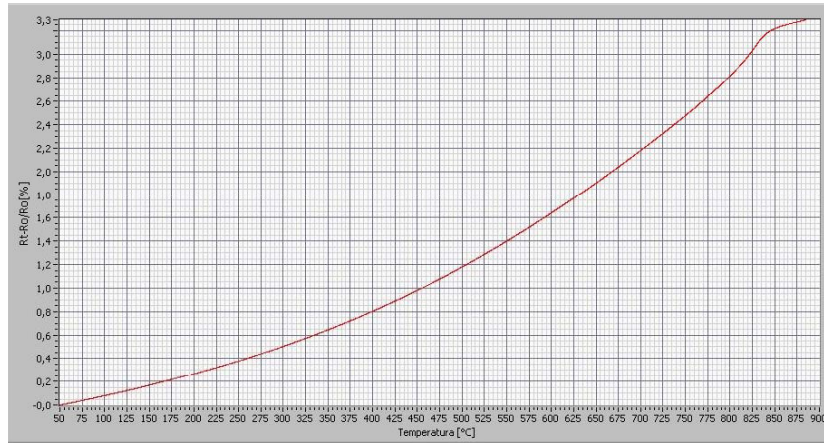
Temperaturna odvisnost električne upornosti in njen temperaturni odvod za hitro strjeno zlitino Al-Fe



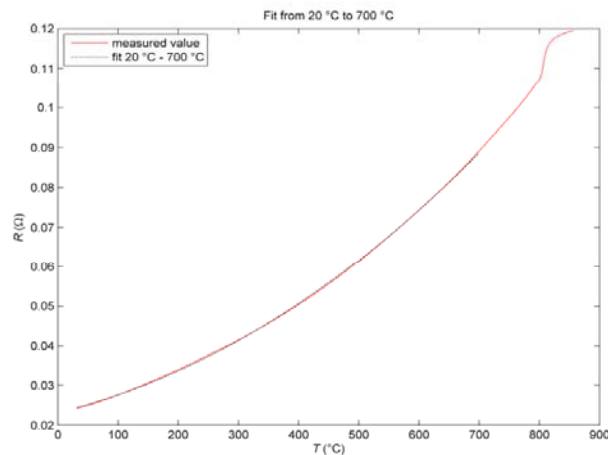
Mikrostruktura hitro strjene zlitine Al-Fe (a), žarjene na 480 °C (b) in žarjene na 580 °C (c). TEM.



Temperaturno odvisnost električne upornosti



Temperaturno odvisnost električne upornosti za jeklo Ck 45, ki je prikazana na sliki, jo opišemo z enačbo oblike $R_T = R_{ref} (1 + \alpha T + \beta T^2)$.



Pripadajoče enačbe krivulj:

20 °C – 700 °C:

Polinomski zapis:

$$R(T) = 3.3329 \times 10^{-8} T^2 + 3.5044 \times 10^{-3} T + 2.3297 \times 10^{-2} \Omega$$

Zapis v obliki $R(T) = R_{ref}(1 + \alpha T + \gamma T^2)$

$$R(T) = 2.3297 \times 10^{-2} (1 + 1.5042 \times 10^{-3} T + 3.5768 \times 10^{-6} T^2) \Omega$$

Hvala na pažnji

Milan Bizjak



Univerza v Ljubljani

Naravoslovnotehniška fakulteta

Oddelek za materiale in metalurgijo

