



16-18 ТРАВНЯ, ЛЬВІВ, УКРАЇНА

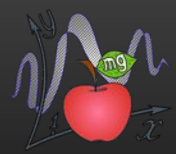


МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ СТУДЕНТІВ І МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ
З ТЕОРЕТИЧНОЇ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ФІЗИКИ “ЕВРИКА-2017”



І.В. Гайворонський, В.В. Гіржон
ЗНУ, кафедра фізики металів
e-mail: igor.gayvoronsky@gmail.com
<http://www.znu.edu.ua>

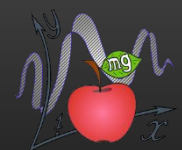




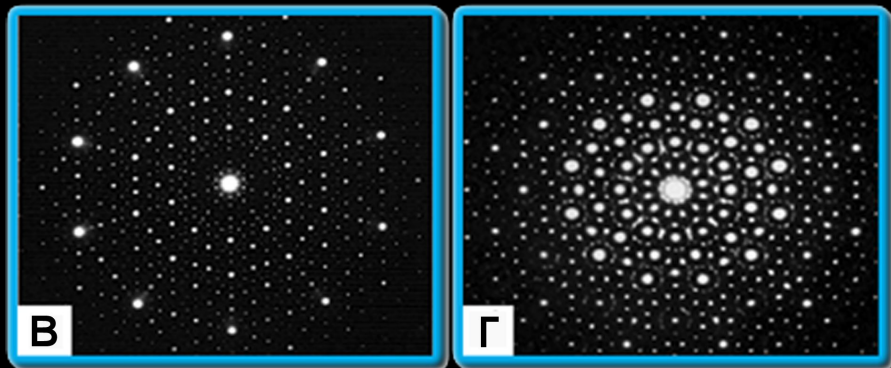
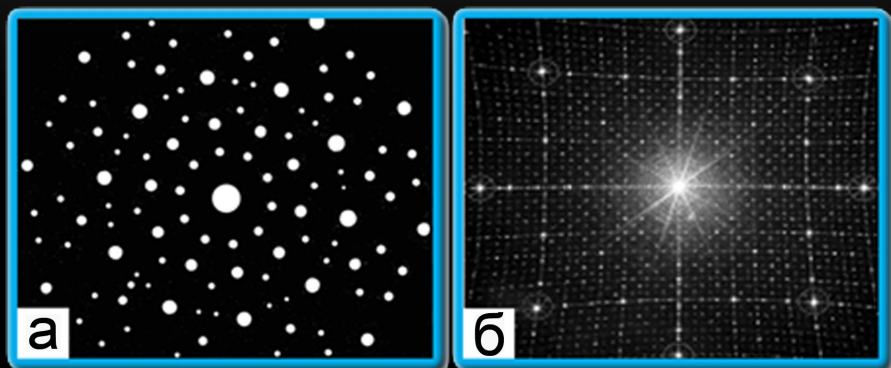
Квазікристалічні матеріали

Властивості

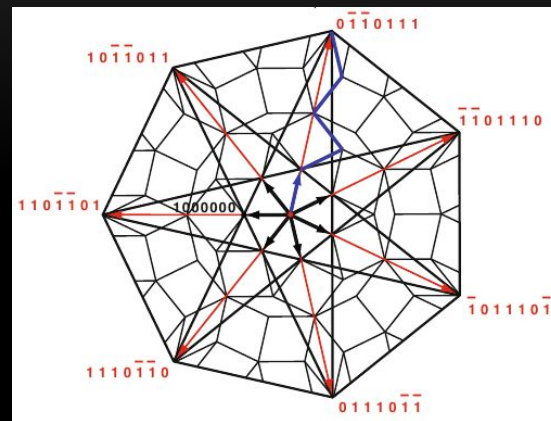
- висока твердість і зносостійкість
- висока корозійна стійкість
- низька теплопровідність
- низький коефіцієнт тертя



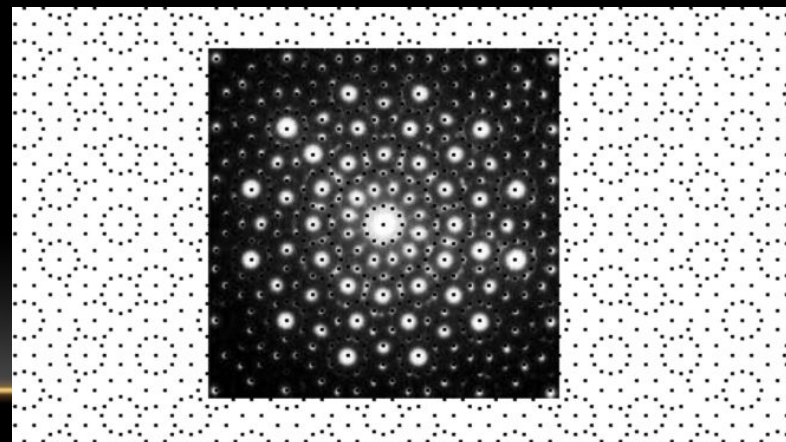
Квазікристалічні матеріали



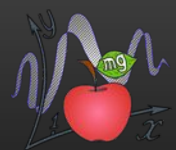
Електронограми від квазікристалів:
а) ікосаедричний; б) октагональний
в) декагональний; г) додекагональний



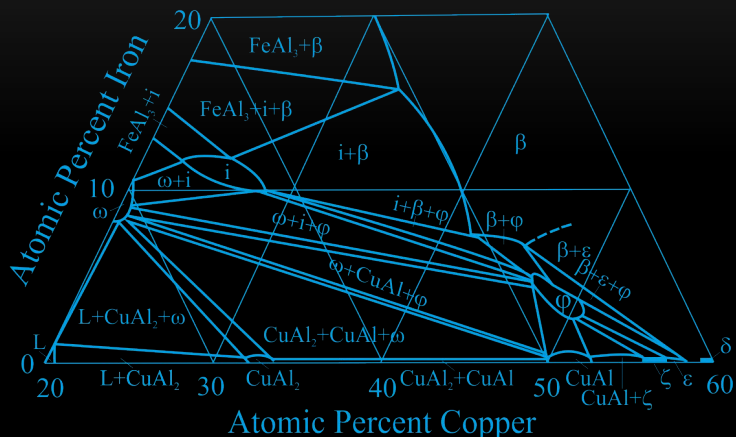
Симетрія гептагонального
покриття поверхні



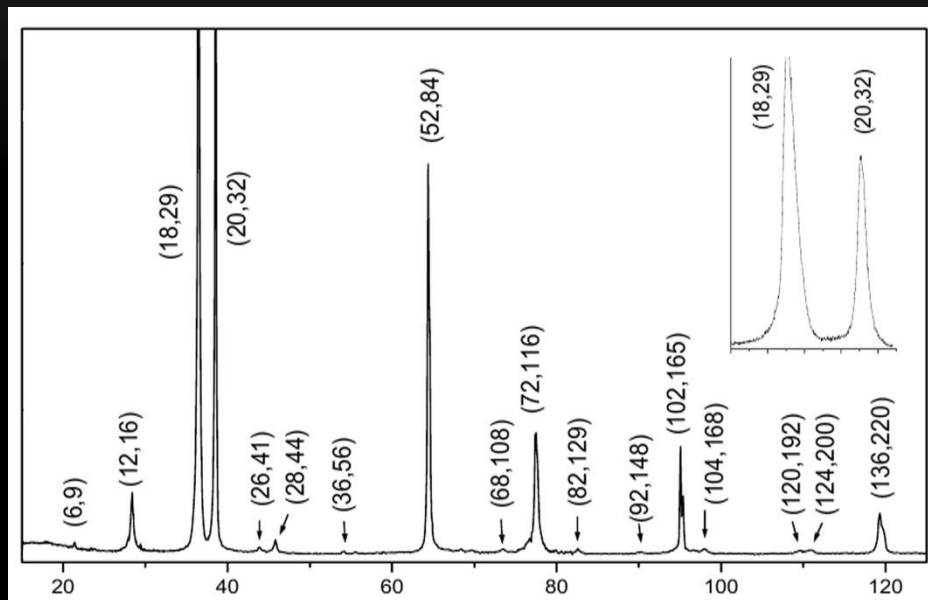
Моделювання структури
додекагональних квазікристалів



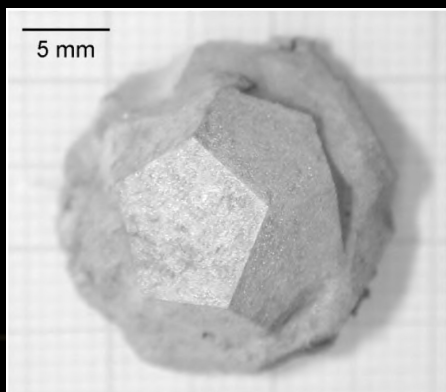
Квазікристалічні матеріали



Ізотермічний зріз діаграми фазових рівноваг системи Al-Cu-Fe при температурі 500 C



Дифрактограма сплаву системи Ti-Ni-Zr

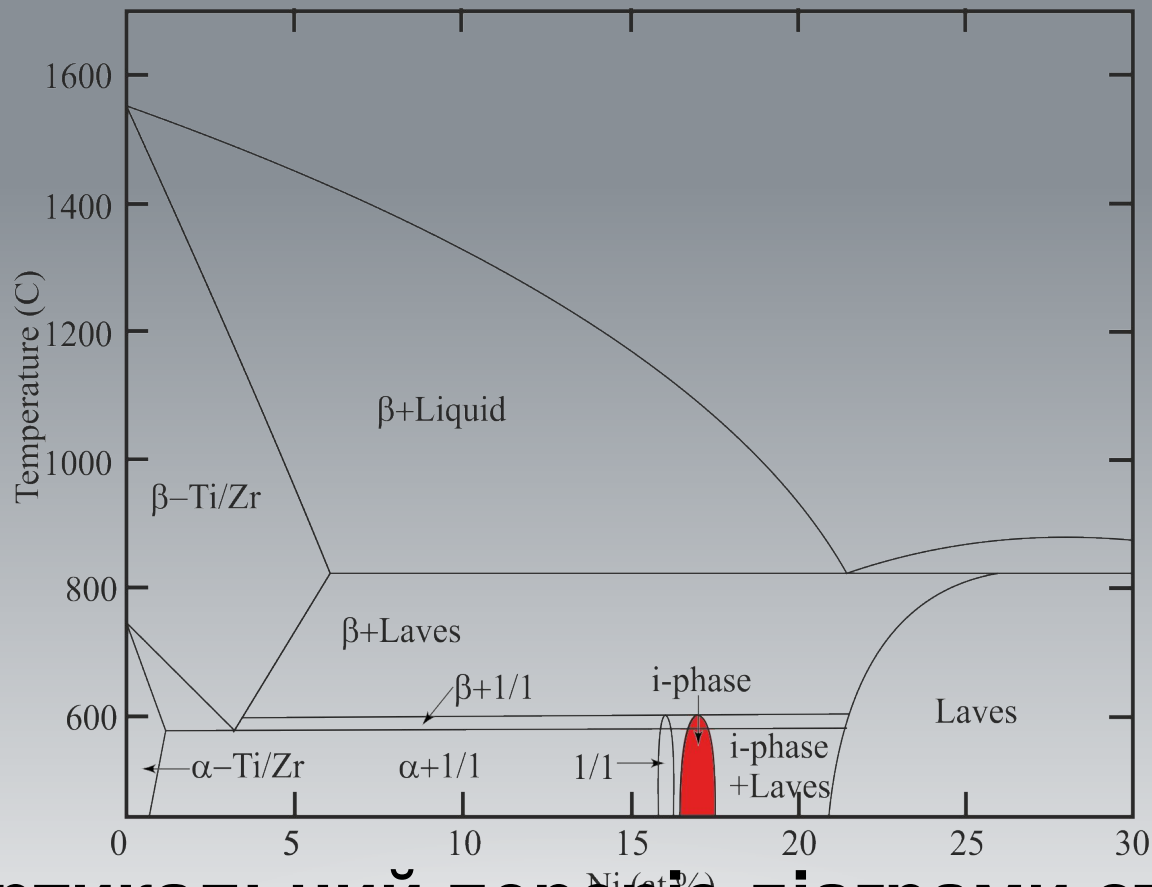


Монокристал сплаву Zn-Mg-Ho

$$N = 2 \sum_{i=1}^6 n_i^2 = h^2 + h'^2 + k^2 + k'^2 + l^2 + l'^2$$

$$M = h'^2 + k'^2 + l'^2 + 2(hh' + kk' + ll')$$

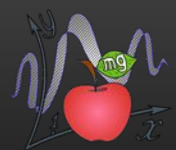
$$Q^2 = N + M\tau$$



**Вертикальний переріз діаграми стану
Ti-Zr-Ni**

при атомному співвідношенні Ti:Zr =

1:1



Мета роботи

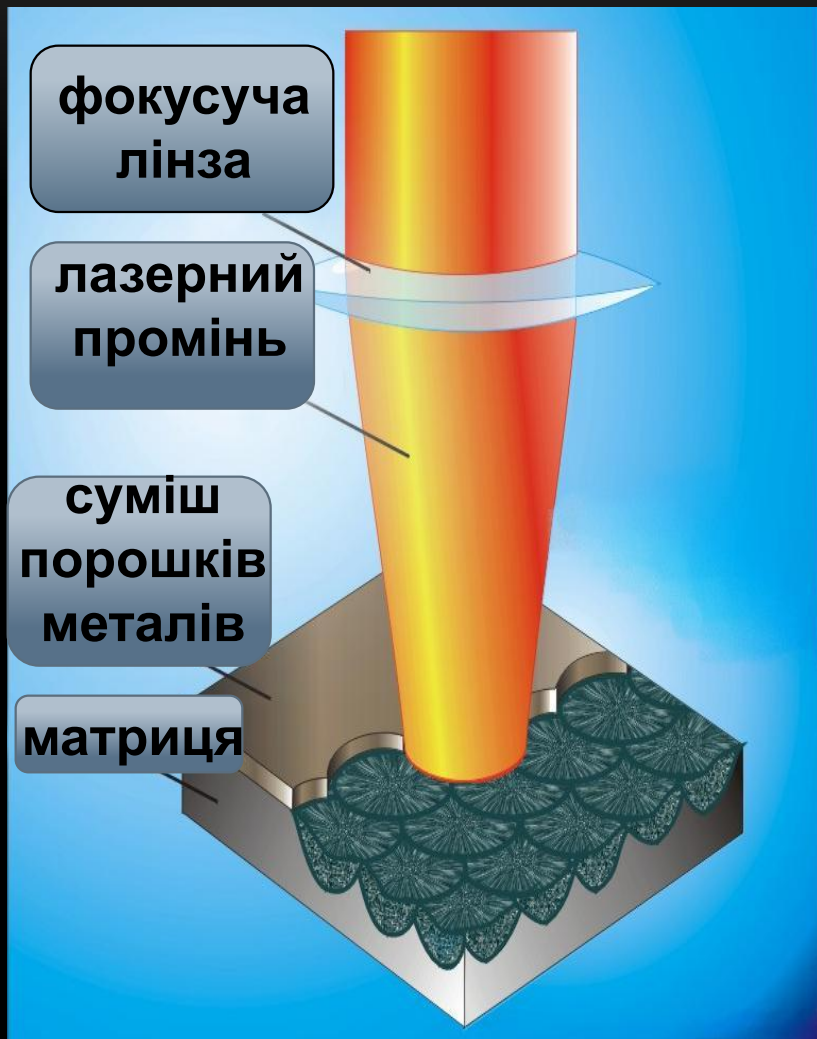
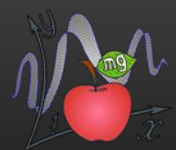
Дослідження формування структури сплаву системи Zr-Ti-Ni при лазерному легуванні

Матеріали

- 1) йодидний циконій, суміш порошків титану та нікелю;
- 2) йодидний титан, суміш порошків цирконію та нікелю

Методи дослідження

- Рентгенографічний (Cu-K_α - випр.)
- Оптична металографія
- Растрова електронна мікроскопія
- Вимірювання мікротвердості



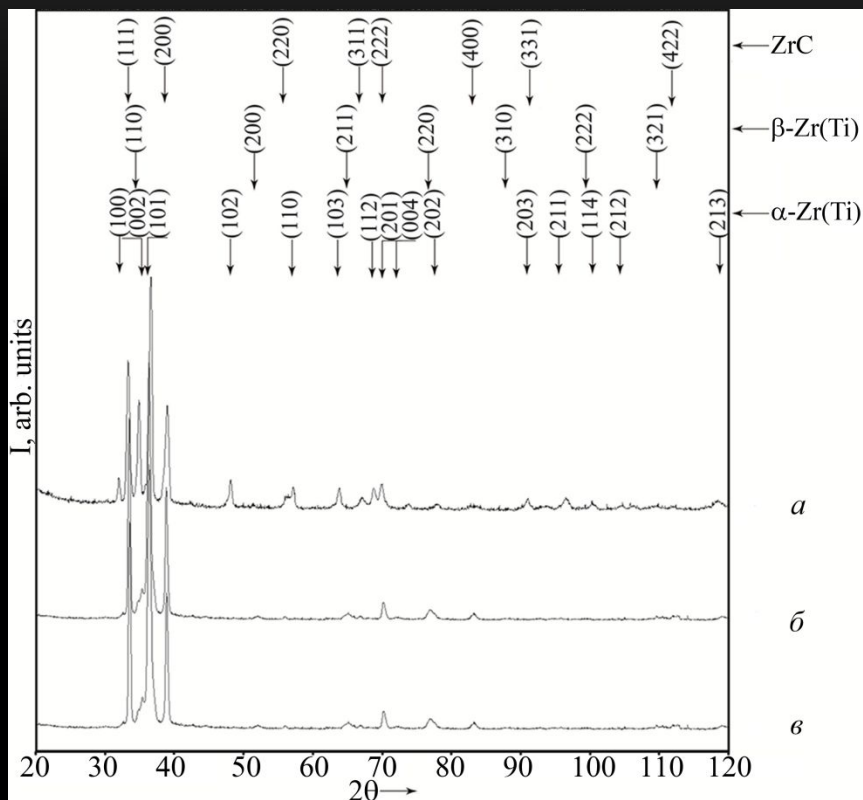
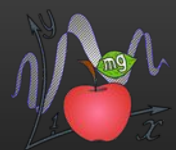
Режими лазерної обробки

$$\lambda = 1,079 \text{ мкм}$$

$$\tau = 3.5 \text{ мс}$$

$$q \sim 0.5-1 \text{ ГВт/м}^2$$

$$\nu = 10 \text{ Гц}; 15 \text{ Гц}$$



Дифрактограми від поверхні цирконію після ЛЛ (Ti/Ni = 2/1): а) в повітряній атмосфері з $q = 1.1 \text{ ГВт/м}^2$, $\nu = 10 \text{ Гц}$; в атмосфері аргону з $q = 1.1 \text{ ГВт/м}^2$: б) $\nu = 10 \text{ Гц}$; в) $\nu = 15 \text{ Гц}$;

Фазовий склад

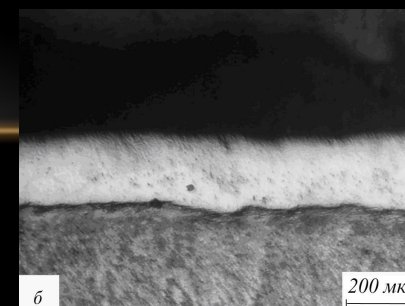
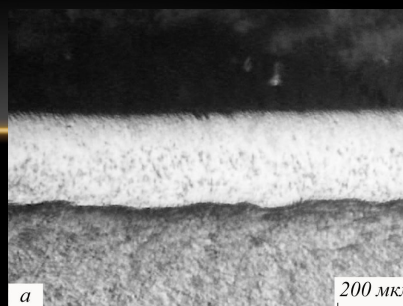
| Зразок | α-Zr | β-Zr | ZrC |
|---|------|------|-----|
| Повітря а) $q \sim 1.1 \text{ ГВт/м}^2$, $\nu = 10 \text{ Гц}$ | + | + | + |
| Аргон б) $q \sim 0.9 \text{ ГВт/м}^2$: $\nu = 10 \text{ Гц}$ | + | + | + |
| Аргон в) $q \sim 0.9 \text{ ГВт/м}^2$: $\nu = 15 \text{ Гц}$ | + | + | + |

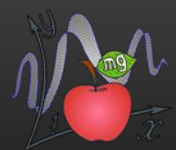
Поверхневі шари цирконію після ЛЛ

$q \sim 0.9 \text{ ГВт/м}^2$:

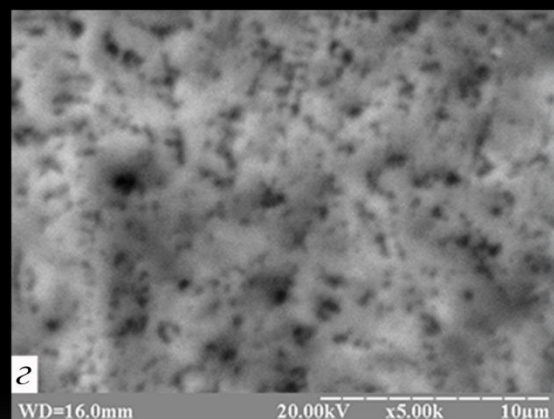
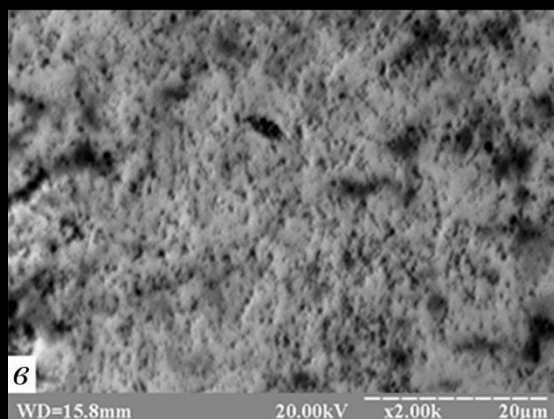
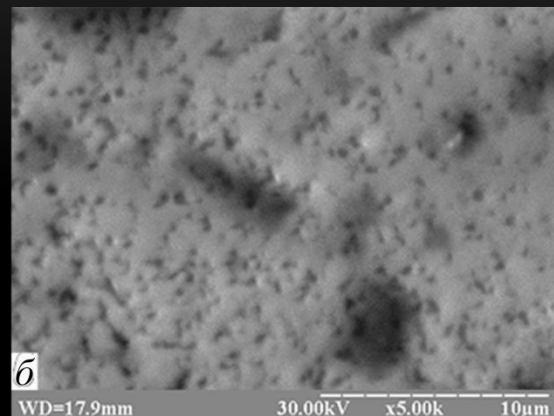
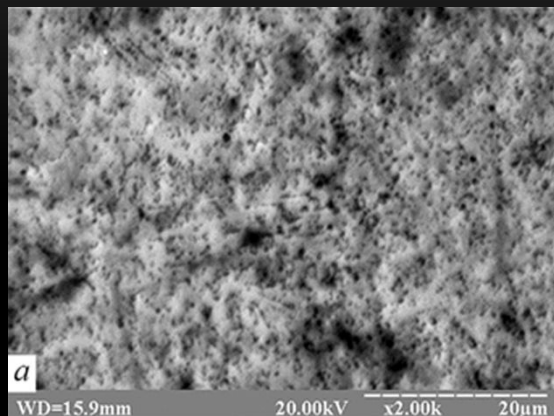
а) $\nu = 10 \text{ Гц}$;

б) $\nu = 15 \text{ Гц}$;

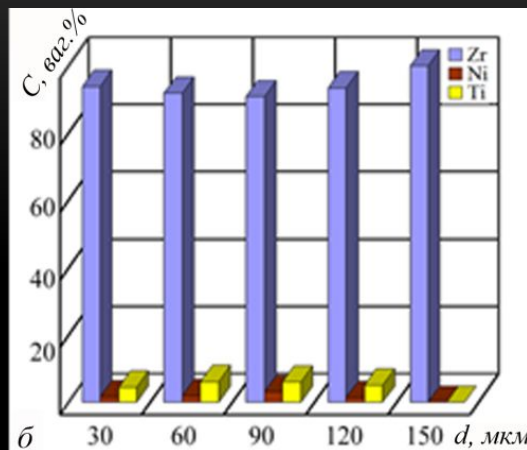
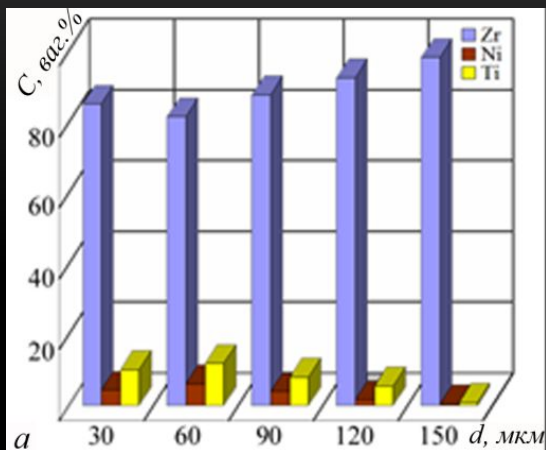
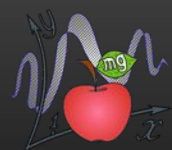




І.В. Гайворонський, В.В. Гіржон
Структура лазерно-легованих сплавів системи Ti-Ni-Zr



Мікроструктура ЗЛЛ: а), б) $\nu = 10$ Гц; в), г) $\nu = 15$ Гц



Розподіл елементів у ЗЛЛ:

- а) $\nu = 10$ Гц;
- б) $\nu = 15$ Гц

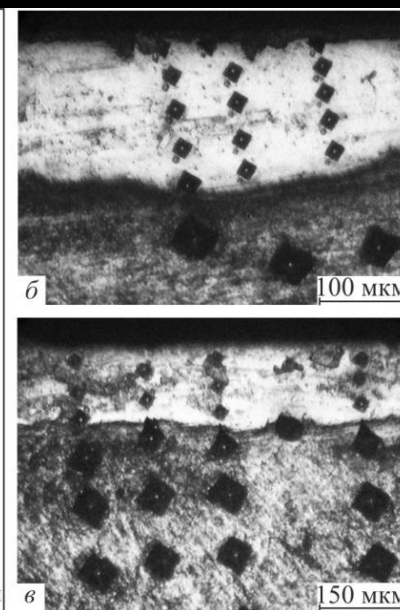
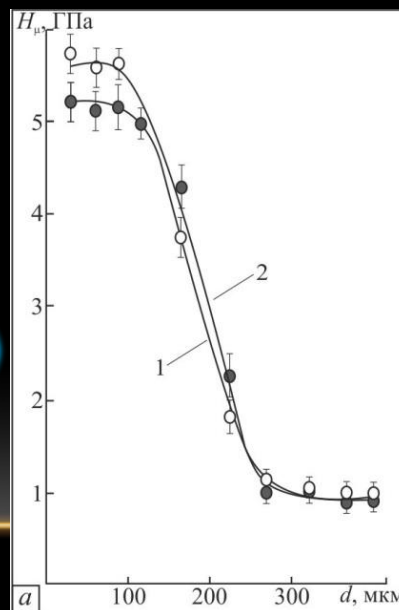
Вимірювання значень мікротвердості:

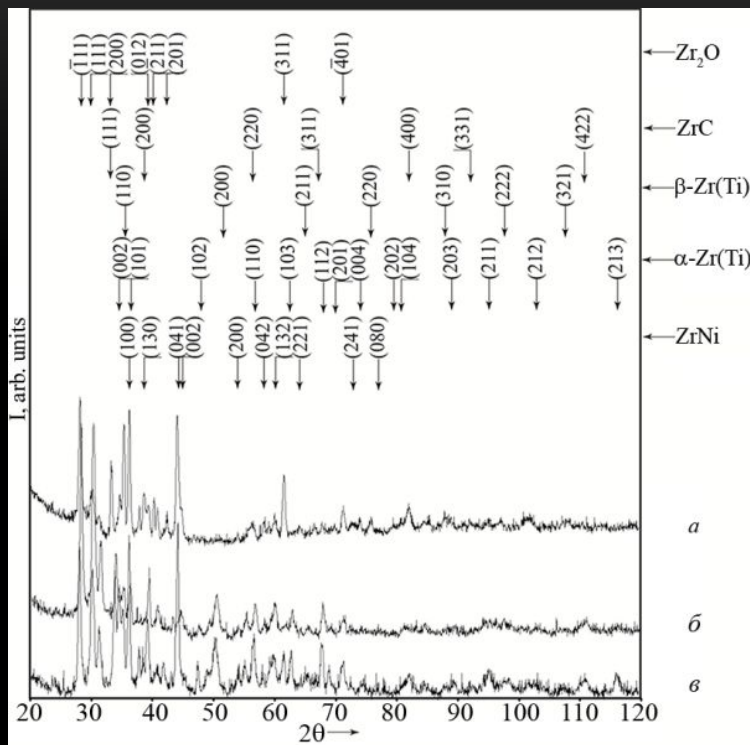
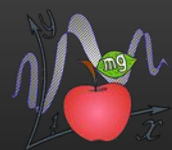
а) Розподіл мікротвердості в ЗЛЛ:

- 1 – 10 Гц;
- 2 – 15 Гц;

Відбитки індентора Віккерса при навантаженні:

- б) 0,05 кг;
- в) 0,1 кг





Дифрактограми від поверхні цирконію після лазерного легування нікелем в атмосфері повітря:

- а) $q = 1.1 \text{ ГВт/м}^2$, $\nu = 10 \text{ Гц}$;
- б) $q \sim 0.9 \text{ ГВт/м}^2$, $\nu = 10 \text{ Гц}$;
- в) $q \sim 0.9 \text{ ГВт/м}^2$, $\nu = 15 \text{ Гц}$.

Фазовий склад

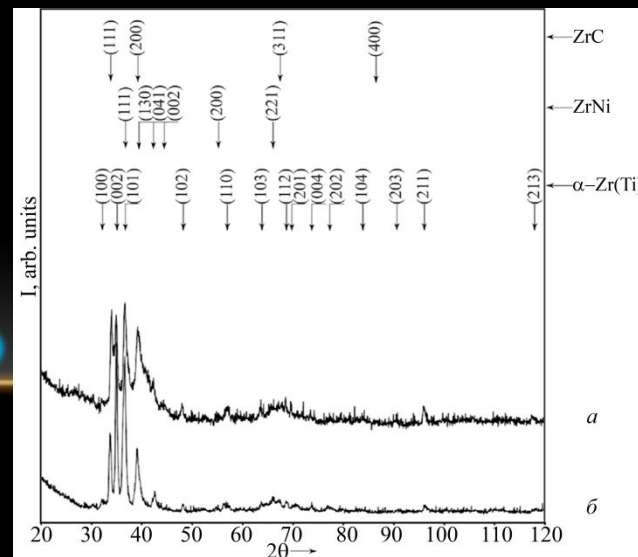
| Зразок | α -Zr | β -Zr | ZrNi | ZrO ₂ | ZrC |
|--|--------------|-------------|------|------------------|-----|
| а) $q = 1.1 \text{ ГВт/м}^2$, $\nu = 10 \text{ Гц}$ | + | + | + | + | + |
| б) $q \sim 0.9 \text{ ГВт/м}^2$, $\nu = 10 \text{ Гц}$ | + | + | + | + | + |
| в) $q \sim 0.9 \text{ ГВт/м}^2$, $\nu = 15 \text{ Гц}$ | + | + | + | + | + |

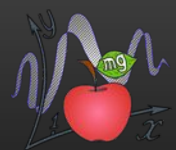
Дифрактограми від поверхні цирконію після ЛЛ (Ti/Ni=1/1) в атмосфері аргону з $q \sim 0.9 \text{ ГВт/м}^2$:

- а) $\nu = 10 \text{ Гц}$;
- б) $\nu = 15 \text{ Гц}$.

Фазовий склад

| Зразок | α -Zr | ZrC | ZrNi |
|---|--------------|-----|------|
| а) $q = 1.1 \text{ ГВт/м}^2$ $\nu = 10 \text{ Гц}$ | + | + | + |
| б) $q = 1.1 \text{ ГВт/м}^2$ $\nu = 15 \text{ Гц}$ | + | + | - |





І.В. Гайворонський, В.В. Гіржон
Структура лазерно-легованих сплавів системи Ti-Ni-Zr

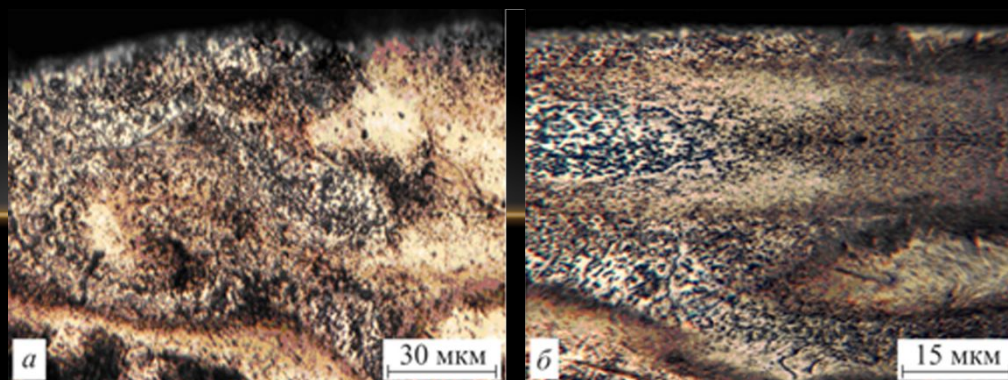


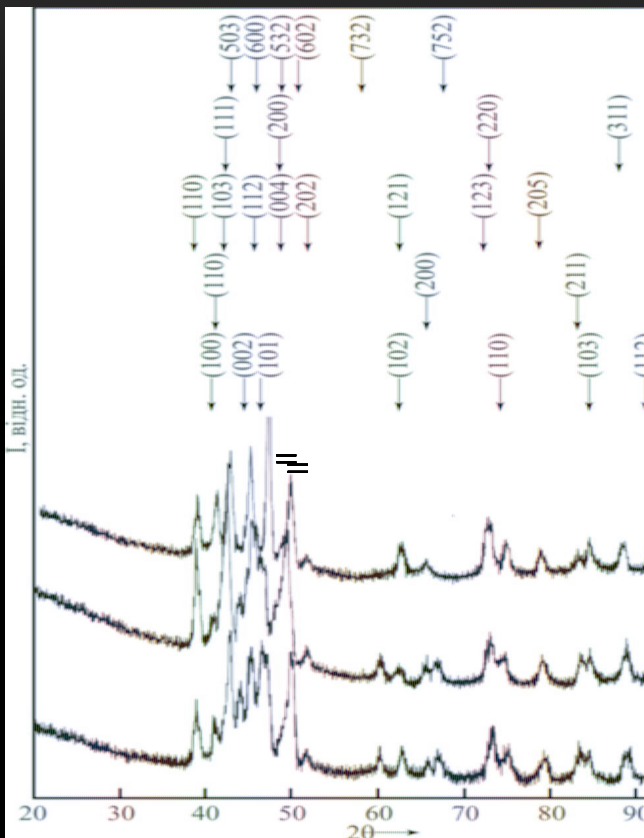
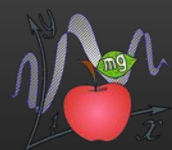
Дифрактограми від поверхні зразків титану після ЛЛ з $q = 550 \text{ МВт/м}^2$ при товщині обмазки 50 мкм (а), 75 мкм (б) та 100 мкм (в)

Фазовий склад зі значеннями параметрів ґраток, нм

| Зразок | Фаза | | | |
|------------|----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|
| | α -Ti | β -Ti | TiZrNi | TiC |
| а) 50 мкм | $a = 0,296$ $c = 0,468$ | $a = 0,329$ | $a = 0,536$ $c = 0,875$ | $a = 0,426$ |
| б) 75 мкм | $a = 0,295$ $c = 0,468$ | $a = 0,330$ | $a = 0,536$ $c = 0,874$ | $a = 0,426$ |
| в) 100 мкм | $a = 0,299$ $c = 0,471$ | $a = 0,329$ | $a = 0,537$ $c = 0,875$ | $a = 0,427$ |

Мікроструктура ЗЛЛ зразка після ЛЛ, товщина обмазки – 100 мкм, $q = 550 \text{ МВт/м}^2$





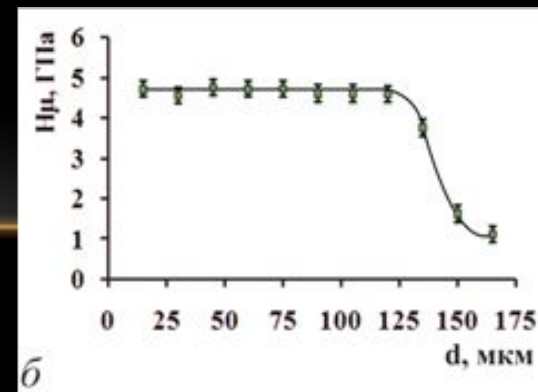
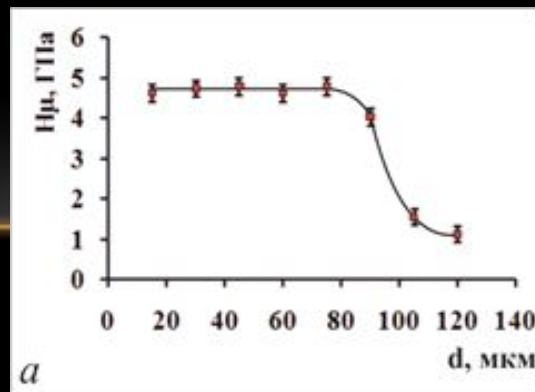
Дифрактограми від поверхні зразків з товщиною обмазки 100 мкм при $q = 550 \text{ МВт/м}^2$:

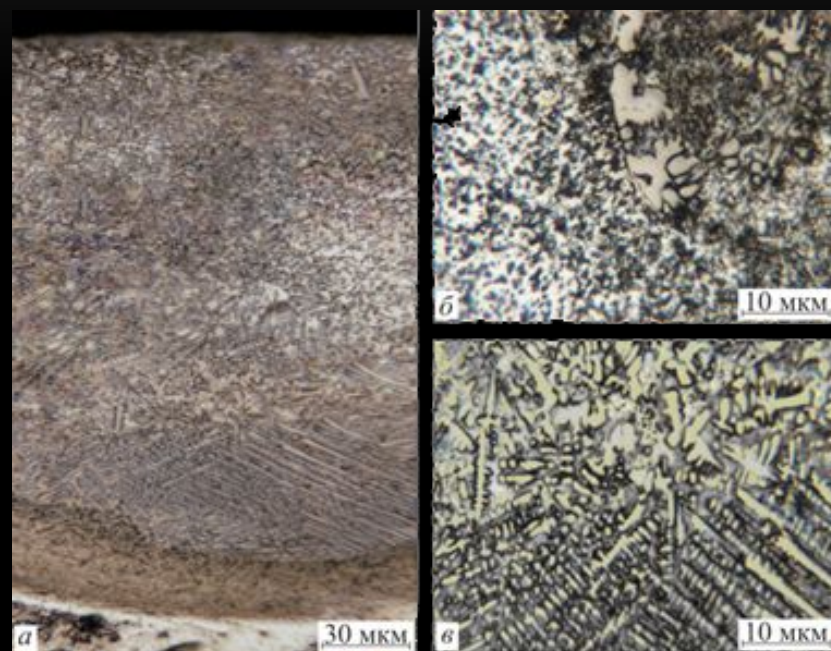
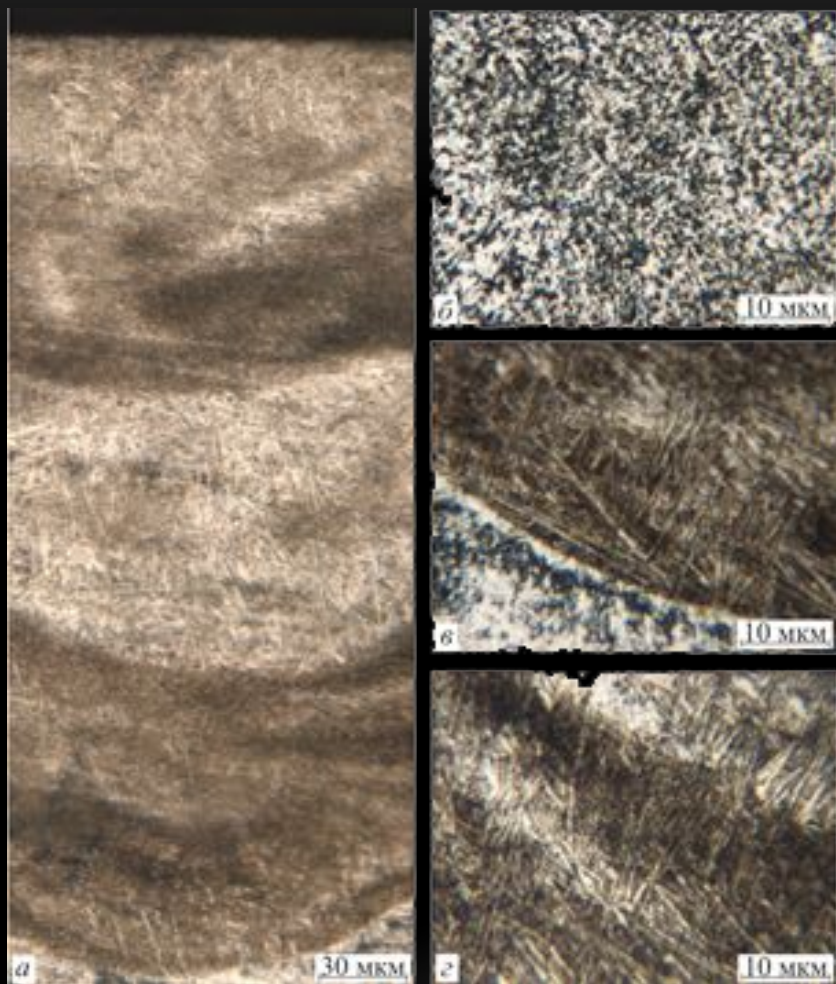
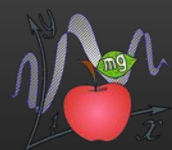
- а) – після повторної ЛО зразка ($\text{Zr/Ni} = 2/1$)
- б) – після ЛЛ при співвідношенні $\text{Zr/Ni} = 1.5/1$;
- в) – після ЛЛ при співвідношенні $\text{Zr/Ni} = 3/1$

Фазовий склад зі значеннями параметрів ґраток, нм

| Зразок | Фаза | | | | |
|------------------------|----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|-------------|
| | α -Ti | β -Ti | TiZrNi | TiC | 1/1 |
| Повторна ЛО | $a = 0,298$ $c = 0,471$ | $a = 0,330$ | $a = 0,537$ $c = 0,875$ | $a = 0,426$ | $a = 1,429$ |
| $\text{Zr/Ni} = 1.5/1$ | $a = 0,299$ $c = 0,471$ | $a = 0,329$ | $a = 0,537$ $c = 0,875$ | $a = 0,426$ | $a = 1,430$ |
| $\text{Zr/Ni} = 3/1$ | $a = 0,295$ $c = 0,468$ | $a = 0,329$ | $a = 0,536$ $c = 0,875$ | $a = 0,427$ | – |

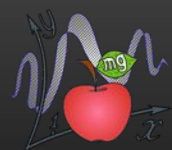
Розподіл мікротвердості за глибиною ЗЛЛ при $q = 550 \text{ МВт/м}^2$:
а) 50 мкм;
б) 100 мкм





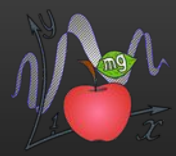
Мікроструктура ЗЛЛ зразка повторної лазерної обробки при $Zr/Ni = 3/1$ з $q = 550 \text{ МВт/м}^2$

Мікроструктура ЗЛЛ зразка після ЛЛ, $Zr/Ni = 3/1$
товщина обмазки – 100 мкм, $q = 550 \text{ МВт/м}^2$



ВИСНОВКИ

- Високі швидкості охолодження при лазерному легуванні призводять до диспергізації вихідної структури матричного матеріалу, що обумовлює багаторазове зростання середніх значень мікротвердості в зоні лазерної дії.
- Рентгенографічно формування β -фази в зоні лазерного легування виявлено не було, що пов'язано з наступними причинами: досить значною різницею в температурах плавлення тугоплавких Ti, Ni, Zr і температурою формування β -фази і утворенням твердих розчинів на основі Zr та Ti, що могло призводити до порушення стехіометричного складу в ЗЛЛ, характерного для β -фази.



І.В. Гайворонський, В.В. Гіржон
Структура лазерно-легованих сплавів системи Ti-Ni-Zr

