

დეფორმირებადი UFe_2 ნაერთის არადრეკადი თვისებები

ნანა მამისაშვილი, ლალიტა დარჩიაშვილი, მალხაზ ბიბილური, ზურაბ ჩაჩხანიანი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

შესწავლილია მაღალ ტემპერატურებზე UFe_2 ნაერთის შინაგანი ხახუნისა და ძვრის დინამიური მოდულის ტემპერატურული და ამპლიტუდური დამოკიდებულება გრეხითი რხევების სიხშირის $0,5 - 5,0$ ჰც და დეფორმაციის $5 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-3}$ დიაპაზონებში. განსაზღვრულია რელაქსაციური პროცესების აქტივაციის ენერჯისა და სიხშირის ფაქტორის მნიშვნელობები. $600^{\circ}C$ ტემპერატურაზე მაღალამპლიტუდური გრეხითი რხევების პროცესში დეფორმირებულ ნიმუშში გამოვლენილია რხევის ამპლიტუდისაგან დამოკიდებული შინაგანი ხახუნის ჰისტერეზისის ტიპის პროცესები და შეფასებულია დრეკადობის ზღვრის მნიშვნელობები. შემოთავაზებულია რელაქსაციური პროცესების მექანიზმები წახნაგცენტრირებული კუბური სიმეტრიის კრისტალებში დისლოკაციებისა და წერტილოვანი დეფექტების ურთიერთქმედების გათვალისწინებით.

საკვანძო სიტყვები: ურანი, რელაქსაცია, ძვრის მოდული, დრეკადობის ზღვარი, აქტივაციის ენერჯია, კრიტიკული ამპლიტუდა, ციკლური დეფორმაცია.

1. შესავალი

მენდელეევის სისტემის d და f ჯგუფების გარდამავალი მეტალების შენადნობები და ნაერთები პერსპექტიულია ხისტი მაგნიტების შესაქმნელად. ისინი ფართოდ გამოიყენებიან ადაპტურ ოპტიკაში, ინფორმაციის შენახვისა და გადაცემის მოწყობილობებში, აგრეთვე თანამედროვე რადიოელექტრონიკის დიაგნოსტიკისა და კონტროლის ხელსაწყოებში. სხვადასხვა დანიშნულების საიმედო კონსტრუქციებისა და მოწყობილობების დამუშავებისათვის მეტად მნიშვნელოვანია აღნიშნული მასალების ტექნოლოგიური და მექანიკური მახასიათებლების ცოდნა. დღეისათვის მათი მექანიკური თვისებები არასაკმარისადაა შესწავლილი.

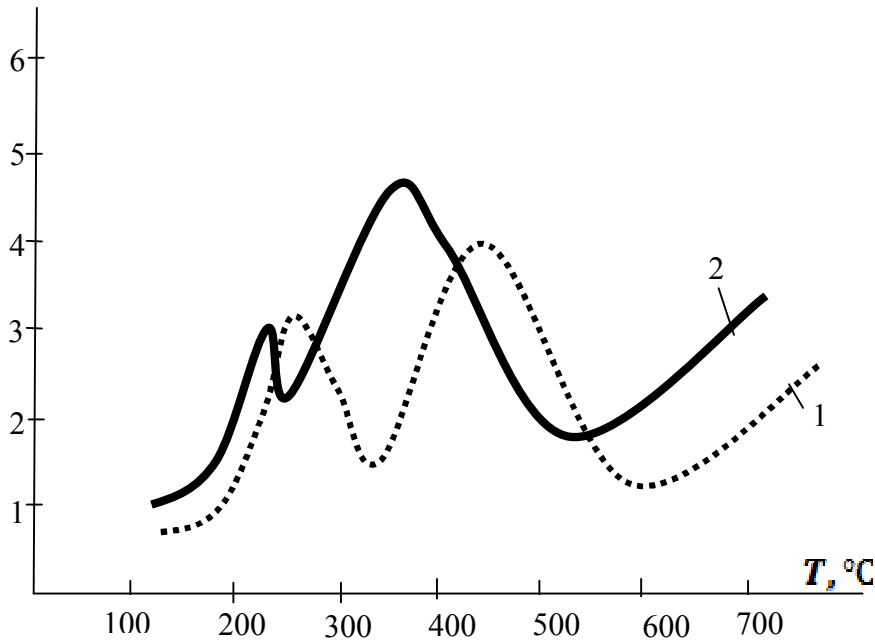
პრაქტიკულად შეუსწავლელია UM_2 მასალების რეალური სტრუქტურა, მისი დამახასიათებელი დეფექტების ტიპები, დიფუზია, ძვრადობა, თერმული მდგრადობა და მოძრაობის აქტივაციური მახასიათებლები.

ნაშრომში წარმოდგენილია ციკლურად დეფორმირებადი UFe_2 ნაერთის სტრუქტურულად - მგრძობიარე დაბალი სიხშირის გრეხითი რხევების დიაპაზონის შინაგანი ხახუნისა და ძვრის დინამიური მოდულის შესწავლის შედეგები. ნაერთების ექსპერიმენტული კვლევა განხორციელებულია ტემპერატურისა და ფარდობითი დეფორმაციის ფართო ინტერვალებში. შინაგანი ხახუნის მეთოდი საშუალებას იძლევა განისაზღვროს მყარი სხეულების მექანიკური მოდულები და პლასტიკური დეფორმაციის მახასიათებლები, დადგენილი იქნას სითბურ ენერჯიაში მექანიკური ენერჯის გარდაქმნის პროცესების მიკროსკოპული მექანიზმები.

2. ძირითადი ნაწილი

UFe_2 შინაგანი ხახუნის სპექტრები შესწავლილია გრეხითი რხევების მიღების ლოგარითული დეკრემენტისა და სიხშირის რეგისტრაციის მეთოდით ვაკუუმში გახურება-გაცივების $2^{\circ}C/წთ$ სიჩქარის პირობებში.

UFe_2 ნიმუშის შინაგანი ხახუნის ტემპერატურულ სპექტრში გამოვლენილია ორი მაქსიმუმი 260 და $380^{\circ}C$ ტემპერატურებზე (ნახ.1). მაღალ ტემპერატურათა არეში შინაგანი ხახუნის ფონი ექსპონენციალურად იზრდება. ამავე ტემპერატურულ ინტერვალში ძვრის ფარდობითი მოდული განიცდის წრფივად შემცირებას. შინაგანი ხახუნის მაქსიმუმების მახლობლობაში გამოვლენილია ძვრის მოდულის დეფექტი, რომელიც ლოკალურ უბნებში ატომთაშორისი კავშირის ძალების შესუსტებითაა გამოწვეული. განმეორებითი გაზომვისას არ შეიმჩნევა შინაგანი ხახუნის მაქსიმუმებისა და ფონის ინტენსივობის ცვლილება. აღნიშნული გარემოება ავლენს რხევების ენერჯის გაბნევის პროცესებში მონაწილე დეფექტების თერმულ სტაბილურობას.



ნახ.1. UFe_2 ნაერთის შინაგანი ხახუნისა (1) და ძვრის მოდულის სპექტრები, $f_0 \approx 1 \text{ კვ } Q^{-1} \cdot 10^2$

1. საწყისი მდგომარეობა; 2. დეფორმირებული 600°C -ზე, $\epsilon_{\max} \approx 5 \cdot 10^{-3}$

რხევის სიხშირის გაზრდით 1-დან 5 ჰც-მდე ხდება მაქსიმუმებისა და ძვრის მოდულის დეფექტების წანაცვლება მაღალი ტემპერატურების მიმართულებით $15 - 20^\circ\text{C}$ -ით. ეს მიუთითებს მათ რელაქსაციურ ბუნებაზე. რელაქსაციური პროცესების აქტივაციური მახასიათებლები განისაზღვრა სიხშირული წანაცვლების მეთოდით [1]. პირველი მაქსიმუმისათვის აქტივაციის ენერგია ტოლია $1,35\text{ევ}$, სიხშირის ფაქტორი $\approx 3 \cdot 10^{13}\text{წმ}^{-1}$. მეორე მაქსიმუმისათვის აქტივაციის მახასიათებელია $- 1,80\text{ევ}$ და $4 \cdot 10^{14}\text{წმ}^{-1}$. ციკლური დეფორმაცია $9 \cdot 10^{-3}$ რხევით ამპლიტუდაზე 600°C -ზე იწვევს რელაქსაციური მაქსიმუმისინტენსივობის ამაღლებას $10-15\%$ -ით და მათ გადაანაცვლებას დაბალი ტემპერატურებისაკენ $\approx 20^\circ\text{C}$ -ით. ეს ადასტურებს აღნიშნული მაქსიმუმების დისლოკაციურ ბუნებას. რხევის ამპლიტუდის შემდგომი შემცირებით კვლავ აღდგებიან ორივე რელაქსაციური მაქსიმუმის საწყისი მახასიათებლები. აღნიშნული ტიპის ცვლილებები დამახასიათებელია დისლოკაციებისა და წერტილოვანი დეფექტების ურთიერთქმედების პროცესებისათვის [2].

მოწვა 750°C ტემპერატურაზე 5სთ-ის განმავლობაში ორჯერ ამცირებს შინაგანი ხახუნის ფონის ინტენსივობას $20-200^\circ\text{C}$ ინტერვალში, 10°C -ით გადაანაცვლებს მაღალ ტემპერატურულ ფონს, პრაქტიკულად გავლენას არ ახდენს შინაგანი ხახუნის მაქსიმუმების ტემპერატურასა და ინტენსივობაზე. შესაძლებელია ვივარაუდოთ, რომ შინაგანი ხახუნის ფონის საგრძნობი შემცირება გამოწვეულია მოწვის შედეგად ვაკანსიების კონცენტრაციის შემცირებით კრისტალის მოცულობაში. თერმული დამუშავების შემდეგ ციკლური დეფორმაცია რხევის მაღალი ამპლიტუდების პირობებში ($\sim 1 \cdot 10^{-3}$) იწვევს მაქსიმუმების ინტენსივობის ამაღლებას $\approx 20\%$ -ით, ამავე დროს არ შეინიშნება ფონის ინტენსივობის ცვლილება, რაც კვლავ ადასტურებს მის არადისლოკაციურ წარმომავლობას.

არადეფორმირებულ მდგომარეობასთან შედარებით დეფორმირებული UFe_2 ნაერთის სპექტრის განმასხვავებელ ნიშნად გვევლინება რელაქსაციური მაქსიმუმების ინტენსივობის, კრიტიკული ტემპერატურების და აქტივაციური მახასიათებლების შემცირების ტენდენცია. შესაძლებელია დავასკვნათ, რომ UFe_2 ნაერთში რელაქსაციურ პროცესებში მონაწილეობენ სუსტად ბმული სტრუქტურული დეფექტები.

ეტალონთან შედარების მეთოდით [3] ცნობილი თანაფარდობის $G = G \frac{f^2}{f_0^2}$ საფუძველზე

განისაზღვრა საწყისი და დეფორმირებული UFe_2 ნაერთის ნიმუშის ძვრის მოდულისა და კრიტიკული ამპლიტუდური დეფორმაციის მნიშვნელობები (ცხრ.1). G და f წარმოადგენს საცდელი ნიმუშის მოდულსა და სიხშირეს აბსოლუტური ძვრის მოდულისა და რხევის სიხშირის სიდიდეებს, ხოლო G_0 და f_0 – ეტალონის (იოდიდური ვანადიუმი) ანალოგიურ მნიშვნელობებს.

UFe_2 ნაერთის მექანიკური მახასიათებლები ოთახის ტემპერატურაზე

ცხრ.1

საცდელი ნიმუში UFe_2	ძვრის მოდული, კგ/მმ ²	დრეკადობის ზღვარი, კგ/მმ ²	კრიტიკული ამპლიტუდური დეფორმაცია $\times 10^4$
საწყისი მდგომარეობა	800	0,32	4,0
მოწვა 600 ⁰ C, 3 სთ.	845	0,46	5,5
ციკლური დეფორმაცია 600 ⁰ C, $\epsilon_{max} \approx 5 \cdot 10^{-3}$	760	0,27	3,6

ძვრის მოდულის მაქსიმალური მნიშვნელობა ახასიათებს UFe_2 ნაერთს საწყის მდგომარეობაში: შესაბამისად მაღალია კრიტიკული ამპლიტუდური დეფორმაცია, რომელზედაც იწყება შინაგანი ხახუნის ინტენსივობის მკვეთრად ამაღლება წრფივი ხასიათით და ძვრის მოდულის წრფივად შემცირება. ცნობილი თეორიის თანახმად [4] ასეთ ამპლიტუდებზე იწყება მასალის სტრუქტურაში მიკროპლასტიკური დეფორმაცია ანუ დისლოკაციებზე არსებული სეგმენტების შეუქცევადი მოწყვეტა და გადანაცვლება კრისტალური მესრის მოცულობაში.

აღსანიშნავია, რომ მაღალამპლიტუდური ციკლური ზემოქმედების შემდეგ ადგილი აქვს შინაგანი ხახუნის ჰისტერეზისული ტიპის ცვლილებას ე.ი. შინაგანი ხახუნის ამპლიტუდური დამოკიდებულების დაღმასვლის გრაფიკი განთავსდება ადმასვლის გრაფიკის ზემოთ. სწორედ ეს ადასტურებს მიკროპლასტიკური დეფორმაციის განვითარებას ნიმუშის მაღალამპლიტუდური დატვირთვის პირობებში.

ცნობილი ფორმულით $\sigma = G \cdot \epsilon_{კრ}$. განისაზღვრა ნაერთის დრეკადობის ზღვრის მნიშვნელობები ოთახის ტემპერატურაზე. როგორც მოსალოდნელია ის - შედარებით მაღალია UFe_2 -ში საწყის მდგომარეობაში (ცხრ.1). მასში შედარებით ძლიერია ატომთაშორისი კავშირის ძალები, შესაბამისად ძლიერად არიან დამაგრებული დისლოკაციები, გაძნელებულია სტრუქტურული დეფექტების დიფუზია თერმული და მექანიკური ზემოქმედების პირობებში. ყოველივე აღნიშნული ძირითადად განპირობებულია კრისტალის სტრუქტურაში დეფექტების შედარებითი სიმცირით.

დისლოკაციური წარმოშობის ორი რელაქსაციური მაქსიმუმის არსებობა წახნაგცენტრირებული კუბური სიმეტრიის მქონე UFe_2 ნაერთში დაკავშირებულია სუსტი და ძლიერი ცენტრებიდან დისლოკაციების მოწყვეტა-დამაგრების შექცევად პროცესებთან. გამოვლენილი პროცესების სრული ანალიზისათვის აუცილებელია რეალური სტრუქტურის შესწავლა ელექტრონული მიკროსკოპიის მეთოდებით და მექანიკური თვისებების გამოკვლევა ტემპერატურისა და დეფორმაციის ფართო დიაპაზონებში.

3. დასკვნა

შესწავლილია UFe_2 ნაერთის შინაგანი ხახუნისა და ძვრის დინამიური მოდულის ტემპერატურული და ამპლიტუდური დამოკიდებულებები საწყის და ციკლურად დეფორმირებულ

მდომარეობაში. გრეხითი რხევების 0,5 – 5,0 ჰც სიხშირის დიაპაზონში გამოვლენილია დეფორმაციული წარმოშობის ორი რელაქსაციური მაქსიმუმი 230 – 260 °C ტემპერატურათა არეში. განსაზღვრულია რელაქსაციური პროცესების დამახასიათებელი აქტივაციის ენერჯისა და სიხშირის ფაქტორის მნიშვნელობები. დადგენილია, რომ აღნიშნული რელაქსაციური პროცესები განპირობებულია UFe_2 ნაერთის სტრუქტურაში არსებული დისლოკაციების ურთიერთქმედებით მინარევების ატომებთან და მათ კომპლექსებთან. განსაზღვრულია UFe_2 ნაერთის ძვრის მოდულისა და დრეკადობის ზღვრის მნიშვნელობები ოთახის ტემპერატურაზე. მიღებული შედეგები მნიშვნელოვანია UFe_2 ნაერთის სტრუქტურულად-მგრძობიარე ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებისა და პლასტიკური დეფორმაციის მახასიათებლების პროგნოზირებისა და მართვის პრობლემების გადაწყვეტისათვის.

ლიტერატურა:

1. Постников В.С. Внутреннее трение в металлах. М.:Металлургия, 1974
2. Кришталл М.А., Головин С.А. Внутреннее трение и структура металлов. М., Metallurgia, 1976
3. Новик А., Берри Б. Релаксационные явления в кристаллах. М. Атомиздат, 1974
4. Никаноров С.И., Кардашев Б.К. Упругость и дислокационная неупругость кристаллов. М.: Наука, 1985.

UNELASTIC PROPERTIES OF THE DEFORMED UFe_2 COMPOUND

Mamisashvili Nana, Darchiashvili Lalita, Bibiluri Malkhaz, Chachkhiani Zurab
Georgian Technical University

Summary

The paper has, for the first time, studied internal friction and shear modulus in the UFe_2 . In order to determine activation parameters of defects movement in UFe_2 , temperature and amplitude dependence of internal friction and shear modulus at torsion oscillations with frequency $\cong 1$ Hz within the temperature range from 20 to 750°C and amplitude of oscillation deformation $5 \cdot 10^{-5}$ - $1 \cdot 10^{-2}$, have been investigated. Two maxima of relaxation origin have been found in the area between 200-400°C. Areas of slight and strong increase at an amplitude dependence of internal friction have been revealed, divided by critical amplitude of oscillations. Values of shear modulus and elasticity limit during the shear deformation have been estimated. Microscopic mechanisms of relaxation processes in the model of interaction of dislocation segments with different point defects were discussed.

НЕУПРУГИЕ СВОЙСТВА ДЕФОРМИРОВАННОГО СОЕДИНЕНИЯ UFe_2

Мамисашвили Н.А., Дарчиашвили Л.К., Бибилури М.В., Чачхиანი З.Б.
Грузинский Технический Университет

Резюме

В работе впервые изучены внутреннее трение и модуль сдвига в соединении UFe_2 . Для диагностики и определения активационных параметров движения дефектов в соединении UFe_2 исследованы температурная и амплитудная зависимости внутреннего трения и модуля сдвига при крутильных колебаниях с частотами 0,5 – 5,0 Гц в интервалах температуры 20-750°C и амплитуды колебательной деформации $5 \cdot 10^{-5}$ - $1 \cdot 10^{-2}$. В области температур 200-400°C обнаружены два максимума релаксационного происхождения. На амплитудных зависимостях внутреннего трения обнаружены области слабого и сильного возрастания, разделенные критической амплитудой колебательной деформации. Оценены значения модуля сдвига и предела упругости при сдвиге. Микроскопические механизмы релаксационных процессов обсуждены в модели взаимодействия дислокационных сегментов с различными точечными дефектами.