

НАУКОВО-ПРИКЛАДНІ ЗАСАДИ ОТРИМАННЯ ВИСОКОЯКІСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ТА УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ В АВІАКОСМІЧНІЙ ГАЛУЗІ

№ 6-286-13

Керівник - завідувач кафедри технології виробництва, д-р техн. наук, проф. Є. О. Джур

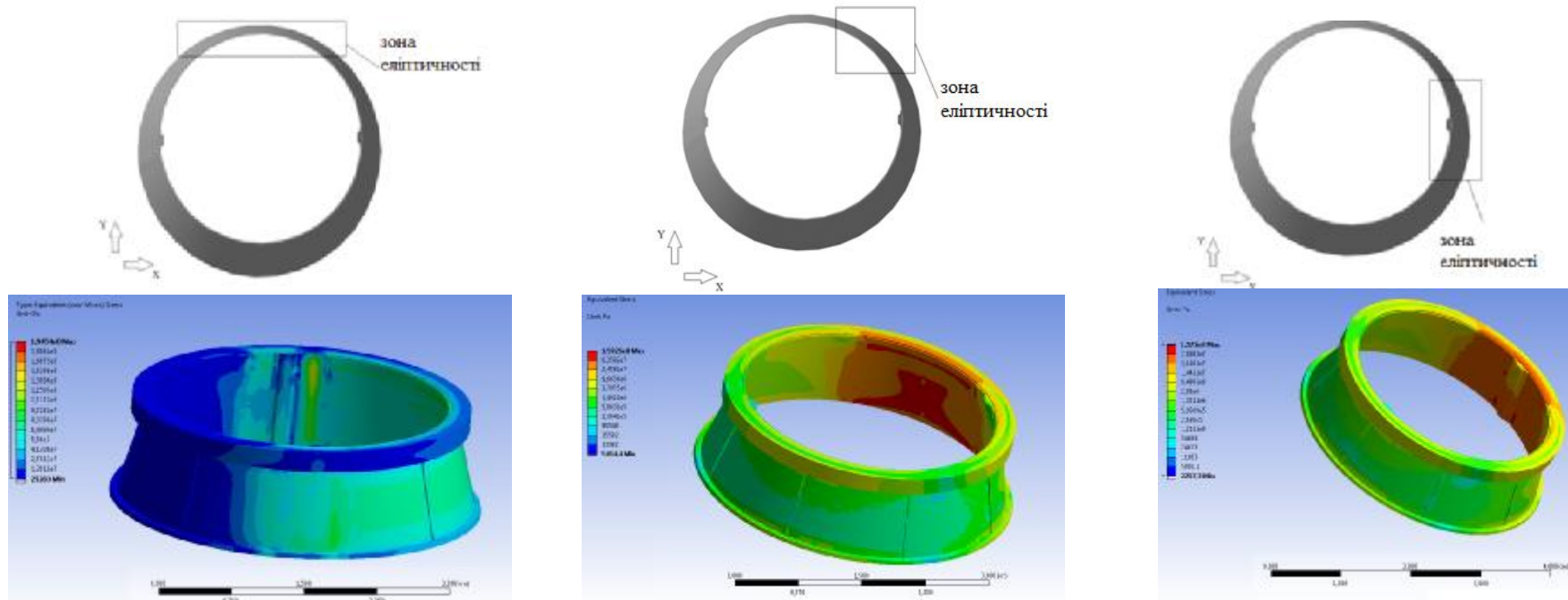
Мета проекту - створення науково-прикладних засад прогресивних технологій, отримання конкурентноспроможних функціональних матеріалів та організаційних структур управління промисловими підприємствами авіакосмічної галузі.

Методи досліджень – математичне, фізичне і комп'ютерне моделювання процесів; хімічний, рентгеноструктурний, мікрорентгеноспектральний, термічний аналіз; металографічний аналіз; розрахункові та практичні натурні експерименти; випробування фізико-механічних властивостей; методи досліджень фізичних та технологічних властивостей порошків.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ

- Створено методики і технології отримання великогабаритних зварних циліндричних і конічних обичайок для головного обтічника ракети-носія «Циклон - 4» з використанням термомеханічного калібрування з забезпеченням гарантованих точності та якості;
- Розроблено і обгрунтовано методику визначення розмірів розгорток при згинанні листових заготівель на малі радіуси для елементів конструкцій ракет-носіїв «Зеніт» та «Циклон - 4»;
- Розроблені і обгрунтовані технологічні параметри отримання зварних з'єднань гарантованої якості багатопрхідним електронно-променевим зварюванням при виготовленні великогабаритних товстостінних вісесиметричних елементів конструкцій з високоміцних титанових сплавів;
- Розроблено алгоритм керованого структуроутворення алюмінієвих та нікелевих сплавів шляхом створення системи матеріалознавчих і технологічних рішень з обробкою розплавів багатокомпонентними наномодифікаторами. Розроблені склади модифікаторів та режими процесів обробки;
- Розроблено методику і проведене фізичне і комп'ютерне моделювання процесів взаємодії електронів і протонів з шаруватими та дисперснонаповненими полімерними композиційними матеріалами. Розроблено склад нових матеріалів захисту радіо-електронної апаратури космічних апаратів від впливу космічного випромінювання на різних орбітах;
- Розроблено основи технології отримання трубних заготівель з високоміцного деформівного дисперснозмцненого алюмінієвого сплаву системи Al-Mg-Sc. Вперше в Україні отримано безшовні гарячепресовані труби з легованого скандієм сплаву Al-6%Mg;
- Розроблені і обгрунтовані методологічні основи стратегій маркетингової діяльності підприємств космічної та високотехнологічних галузей і концепції розвитку організаційних структур управління підприємствами цих галузей України.

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ТЕРМОМЕХАНІЧНОГО КАЛІБРУВАННЯ ОБІЧАЙОК ДІАМЕТРОМ ДО 4,2 М



Несиметрична еліптичність №1 обичайки (20 мм) та еквівалентні напруги обичайки у момент нагрівання до 603 К.

Несиметрична еліптичність №2 обичайки (20 мм) та еквівалентні напруги обичайки у момент нагрівання до 603 К.

Несиметрична еліптичність №3 обичайки (20 мм) та еквівалентні напруги обичайки у момент нагрівання до 603 К.

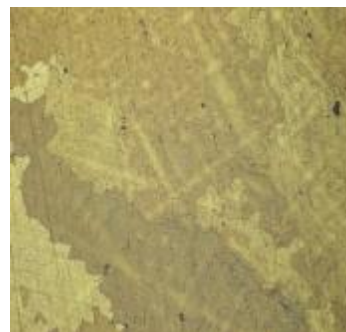
Висновки:

- Перевищення еліптичності більше 20×10^{-3} м призводить до появи «хвилястості» вафельного фону. Визначена допустима величина відхилень (20×10^{-3} м) є межею використання термомеханічного калібрування суцільнометалевих зварних обичайок.
- Несиметрична еліптичність великогабаритних вісесиметричних конструкцій в порівнянні із симетричною збільшує небезпеку одержання браку.

ПІДВИЩЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ НІКЕЛЮ ШЛЯХОМ МОДИФІКУВАННЯ РОЗПЛАВІВ

Склад модифікатора для обробки нікелевого сплаву ЖСЗДК-ВІ:

порошки титану і карбонітриду титану із розміром частинок 50...100 нм, порошок алюмінію з розміром частинок 1,0...5,0 мкм, порошок нікелевого сплаву з розміром частинок 5...15 мкм, алюмінієва пудра.

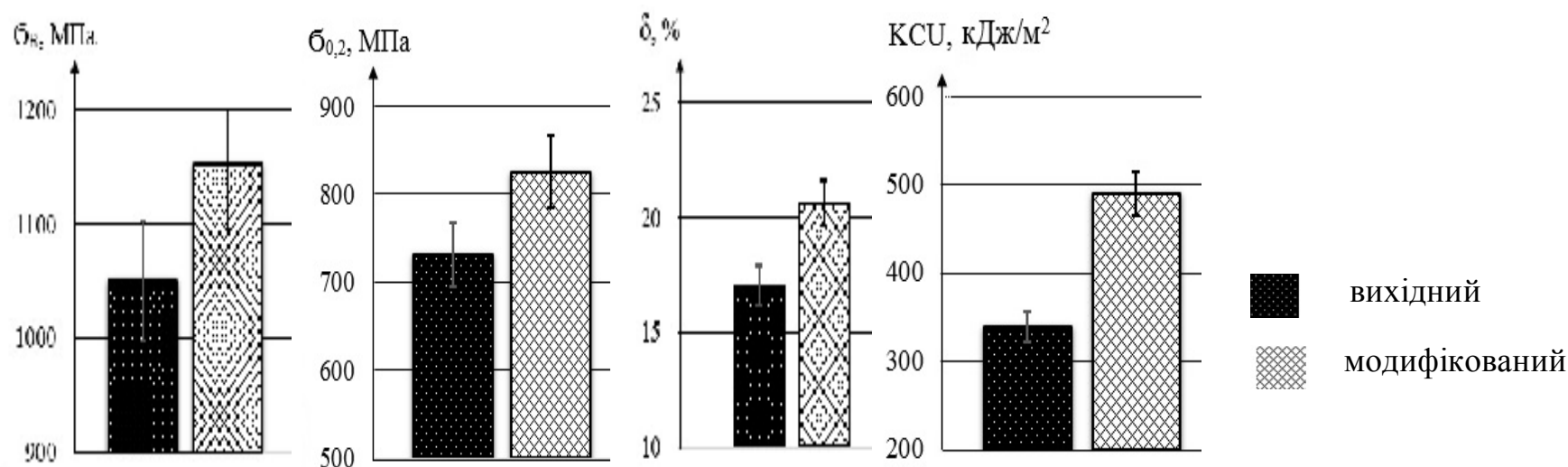


немодифікований



модифікований

Макроструктура сплаву ЖСЗДК-ВІ



Механічні властивості нікелевого сплаву ЖСЗДК-ВІ

ПІДВИЩЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ АЛЮМІНІЮ ШЛЯХОМ МОДИФІКУВАННЯ РОЗПЛАВІВ



таблетка
модифікатора

Склад модифікатора для обробки алюмінієвого сплаву:

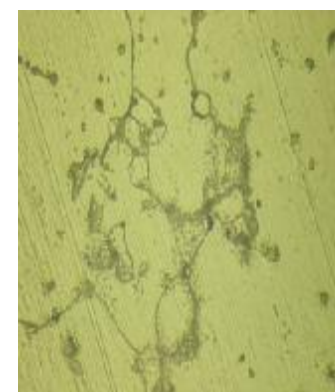
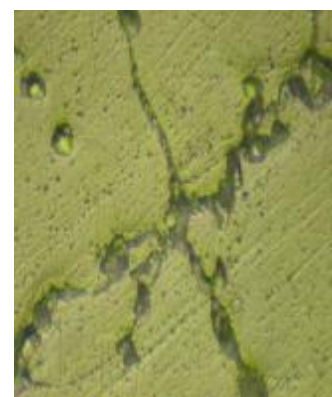
порошки карбіду кремнію та карбіду бору із
середнім розміром частинок 50...100 нм.

Механічні властивості сплавів АЛ9 і АЛ4С

Марка сплаву	σ_b , МПа	σ_T , МПа	δ ,%	НВ
АЛ9	220	134	4.0	680
АЛ9, модифікований	235	145	4.5	693
АЛ4С	235	180	3.0	700
АЛ4С, модифікований	247	194	3.4	720



x100



x1000

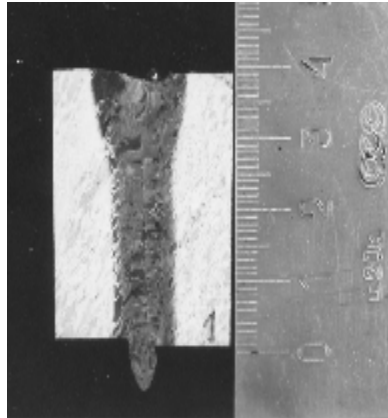
немодифікований

модифікований

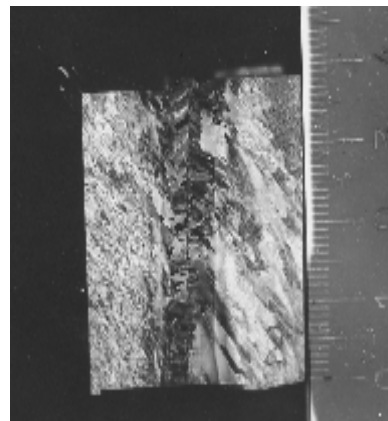
Мікроструктура сплаву 01570

ОТРИМАННЯ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ТОВСТОСТІННИХ КОНСТРУКЦІЙ З ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ БАГАТОПРОХІДНИМ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВИМ ЗВАРЮВАННЯМ

Рекомендації до ЕПЗ товстостінних вісесиметричних конструкцій з х титанових сплавів ВТ23, ВТ3-1, ВТ22



після ЕПЗ



ЕПЗ + ЕП-відпал

Структура зварних
з'єднань зі сплаву ВТ23

Параметри зварювального режиму	Марка титанового сплаву	
	ВТ23, ВТ3-1	ВТ22
Спосіб зварювання	З присадковою проволокою з горизонтальним розташуванням шва	Без присадки у нижньому положенні
Тип проходу, режими:	Фокусування променя, кількість проходів	Тип проходу, режими:
Прихваточний	Гостросфокусований, 1	Гостросфокусований, 2
Прискорююча напруга, кВ	27	27
Струм зварювання, мА	100	100, 180
Швидкість зварювання, м/год.	12	60
Основний	Перефокусований, 1	Гостросфокусований з розгорткою променя, 2
Прискорююча напруга, кВ	27	27
Струм зварювання, мА	410	210
Швидкість зварювання, м/год.	12	60
Відпалювальний	Гостросфокусований, 1	Гостросфокусований, 1
Прискорююча напруга, кВ	27	27
Струм зварювання, мА	205	100
Швидкість зварювання, м/год.	12	60

ОТРИМАННЯ ТРУБНИХ ЗАГОТОВОК З ВИСОКОМІЦНИХ ДЕФОРМІВНИХ ДИСПЕРСНОЗМІЦНЕНИХ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ

Проблема: в Україні відсутні технології виробництва та обробки тиском високоміцних деформованих дисперснозміцнених сплавів системи Al-Mg-Sc. Такі сплави і вироби закуповуються за кордоном.



0 год.



1 год.



9 год.



36 год.



49 год.

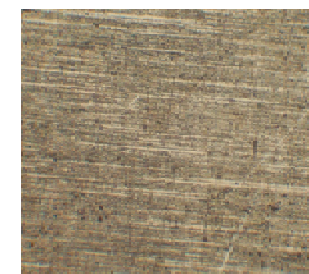
Вплив часу витримки при гомогенізації на мікроструктуру сплаву, х 170.

Механічні властивості сплаву

Заготовки для пресування прутків	$\sigma_{0,2}$ МПа	σ_B МПа	δ %
Гомогенізована	290	416	29
Негомогенізована	267	412	21



негомогенізована

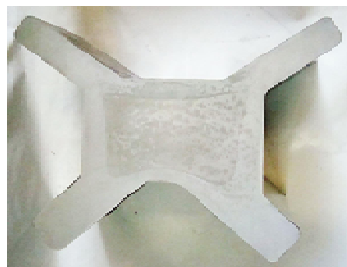


попередньо
гомогенізована

**Смугастість структури заготівель,
х 170**

**Рекомендований режим т/обробки: витримка
25 годин при температурі 480 °C±5 °C**

ОТРИМАННЯ ТРУБНИХ ЗАГОТОВОК З ВИСОКОМІЦНИХ ДЕФОРМІВНИХ ДИСПЕРСНОЗМІЦНЕНИХ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ



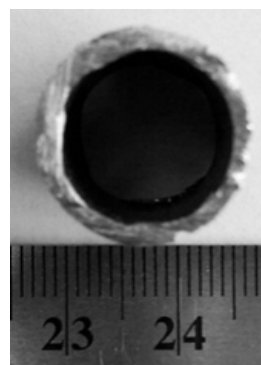
**Вихідний матеріал
для зразків під осаджування**



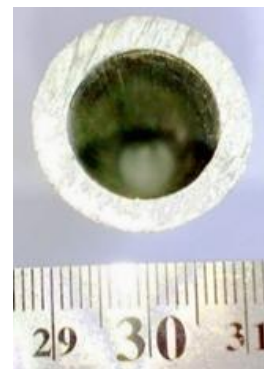
**Зовнішній вигляд зразків
після деформації**



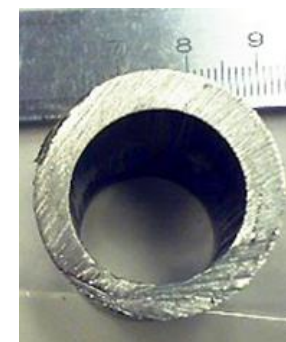
**Вихідна заготовка для
експериментальних досліджень
процесу пресування труб та
прутків**



Ø 15×1,5 мм,
коефіцієнт
витяжки $\lambda = 18,0$



Ø 22,5×3,5 мм,
коефіцієнт
витяжки $\lambda = 5,7$



Ø 26,0×4,0 мм
коефіцієнт
витяжки $\lambda = 4,0$

**Поперечний переріз труб з сплаву системи Al-Mg-Sc,
отриманих прямим гарячим пресуванням**

СТВОРЕННЯ НОВИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ

Проблема: вплив іонізуючого космічного випромінювання призводить до деградації матеріалів електронних систем КА, що обумовлює зниження терміну експлуатації та виникнення нештатних ситуацій у польоті.

Задача: подовження терміну активного існування супутника до $\geq 13...15$ років

Склад випромінювання, що впливає на супутник

Джерело	Вид частинок	Енергетичний діапазон	Примітки
Природні радіаційні пояси Землі (ПРПЗ)	електрони протони	0,04 – 7 MeV 0,1 – 400 MeV	
Сонячні космічні промені (СКП)	протони іони	0,1–200 MeV 1 MeV/n–800 MeV/n	заряд ядра $Z = 2...92$
Галактичні космічні промені (ГКП)	протони іони	0,1–1000 MeV 10 MeV/n–100 GeV/n	заряд ядра $Z = 2...92$
Плазма	електрони протони	0,1 eV–27,5 keV 0,1 eV–28 keV	
Верхня атмосфера	атоми	699–1622 ДО	N_2 , N, O_2 , He, H, Ar



Основні вимоги до матеріалів:

- підвищені радіаційно-захисні властивості у поєднанні з малою масою;
- компоненти, дозволені до використання у космічній техніці;
- «проста» та гнучка технологія виготовлення захисних екранів;
- подовження терміну експлуатації РЕА КА у 1,5 рази.

НАУКОВО-ПРИКЛАДНІ ЗАСАДИ ОТРИМАННЯ ВИСОКОЯКІСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ТА УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ В АВІАКОСМІЧНІЙ ГАЛУЗІ

За результатами досліджень

Опубліковано	51 стаття в Україні та за кордоном; 3 підручника з грифом МОН України.
Отримано	4 патенти України.
Захищено	1 докторську та 2 кандидатські дисертації.
Прийнято до захисту	1 кандидатську дисертацію.

Розвиток робіт:

- оптимізація параметрів термомеханічного калібрування обичайок різних форми та розмірів. Розробка промислових технологій;
- оптимізація технологій та оснащення для отримання виробів гарантованої якості з широкого класу матеріалів обробкою тиском листових заготовок;
- розробка та розвиток технологій виготовлення жароміцних, жаростійких та високоміцних сплавів і сталей для ракетно-космічної, авіаційної, оборонної техніки, машинобудування з використанням комплексного модифікування та наномодифікування розплавів;
- оптимізація складу та структури композиційних матеріалів радіаційного захисту на основі результатів експериментальних досліджень радіаційно-захисних властивостей та експлуатаційних випробувань у космічній та оборонній галузях, атомній промисловості;
- розробка та оптимізація технологій виготовлення трубопроводів для космічної та авіаційної техніки з високоміцних дисперснозміцнених Al-сплавів на основі результатів експериментальних досліджень властивостей та експлуатаційних випробувань;
- впровадження результатів.