

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Л.М. ЛОБАНОВ (головний редактор),

А.Я. Недосєка (заст. гол. ред.),

В.О. Троїцький (заст. гол. ред.),

Є.О. Давидов, С.А. Недосєка,

Ю.М. Посипайко,

І.Ю. Романова (відповід. секретар)

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України,
м. Київ

К. Драган

Технологічний інститут повітряних сил,
Варшава, Польща

Я. Грум

Люблянський університет, Словенія

М.Л. Казакевич

Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського
НАН України, м. Київ

О.М. Карпаш

Івано-Франківський нац. техн. університет нафти і газу

Л.І. Муравський, З.Т. Назарчук, В.Р. Скальський,

В.М. Учанін

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН
України, м. Львів

А.Г. Протасов, С.К. Фомічов

НТУ України «КПІ імені Ігоря Сікорського», м. Київ

А. Савін

Національний інститут досліджень та розробок з
технічної фізики, Ясси, Румунія

В.О. Стороженко

Харківський національний університет радіоелектроніки

В.О. Стрижало

Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка
НАН України, м. Київ

М.Г. Чаусов

Національний університет біоресурсів і
природокористування України, м. Київ

Засновники

Національна академія наук України,
Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ,
Міжнародна Асоціація «Зварювання» (видавець)

Адреса редакції

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України

03150, Україна, м. Київ,

вул. Казимира Малевича, 11

Тел./факс: +38 (044) 200-82-77

E-mail: journal@paton.kiev.ua

www.patonpublishinghouse.com/ukr/journals/dnkn

Свідоцтво про державну реєстрацію

КВ4787 від 09.01.2001

Журнал входить до переліку затверджених
Міністерством освіти і науки України видань
для публікації праць здобувачів наукових ступенів за
спеціальностями 132, 151, 152.

Наказ МОН України № 409 від 17.03.2020.

Передплата 2021

Передплатний індекс 74475.

4 випуски на рік (видається щоквартально).

Друкована версія: 960 грн. за річний комплект
з урахуванням доставки рекомендованою бандероллю.

Електронна версія: 960 грн. за річний комплект
(випуски журналу надсилаються електронною поштою
у форматі .pdf або для IP-адреси комп'ютера
передплатника надається доступ до архіву журналу).

За зміст рекламних матеріалів
редакція журналу відповідальності не несе.

ЗМІСТ

Інтерв'ю з генеральним директором
Асоціації «ОКО» Т.М. Луценко..... 3

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

**КУЦ Ю.В., УЧАНІН В.М., ЛИСЕНКО Ю.Ю.,
ЛЕВЧЕНКО О.Е.** Застосування перетворення Гільберта
для аналізу сигналів автоматизованого вихрострумовеого
контролю. Частина 1. Теоретичні аспекти використання
перетворення Гільберта у вихрострумовеому контролі 7

**МІЛЕНІН О.С., ВЕЛИКОІВАНЕНКО О.А., РОЗИНКА Г.П.,
ПІВТОРАК Н.І.** Мультимасштабна методика чисельної
оцінки пошкодженості та технічного стану конструкцій з
волоконистих композиційних матеріалів 14

**BRAUNS M., LUCKING F., FISCHER B., THOMSON C.,
IVAKHENKO I.** Акустика з лазерним збуджуванням для
безконтактного контролю аерокосмічних композитів..... 19

ВИРОБНИЧИЙ РОЗДІЛ

**ЖУРАВЛЬОВ С.В., ОБОДОВСЬКИЙ Б.М., ЯРЕМЕНКО М.А.,
НЕДОСЄКА А.Я., НЕДОСЄКА С.А., ОВСІЄНКО М.А.**
Впровадження технології АЕ моніторингу на ОПЗ..... 26

**КАРМАНОВ М.М., МИХАЙЛОВ С.Р., ПАСТОВЕН-
СЬКИЙ Р.О., ГЛУХІВСЬКИЙ В.Ю., БУЙНОВА Є.О.**
Рентгеноелектронний контроль якості зварювання поліети-
ленових труб 33

**БОНДАРЕНКО Ю.К., ПОТАП'ЄВСЬКИЙ А.Г., АРТЮХ К.О.,
ЛОГІНОВА Ю.В.** Управління якістю зварних конструкцій
на основі системи обстеження та технологічного регулю-
вання їх виробництва у відповідності до вимог стандарту
ДСТУ ISO 9001:2015 37

БОНДАРЕНКО Ю.К., КОВАЛЬЧУК О.В. Сучасні законо-
давчі та нормативні вимоги до зварювальної продукції 44

ІНФОРМАЦІЯ

II Науково-практична конференція «Неруйнівний
контроль та моніторинг технічного стану»..... 49

VII Міжнародна конференція HighMatTech-2021 54

3D-друк космічних ракет 55

Інноваційні пропозиції для НК 56

Дати, події, факти з історії технічного контролю 57

Видання журналу підтримують:

Українське товариство неруйнівного контролю та технічної діагностики,
Технічний комітет стандартизації «Технічна діагностика та неруйнівний контроль» ТК-78,
Асоціація «ОКО»

EDITORIAL BOARD

L.M. Lobanov (Editor-in-Chief),

A.Ya. Nedoseka (Deputy Editor-in-Chief),

V.O. Troitskiy (Deputy Editor-in-Chief),

Ie.O. Davydov, S.A. Nedoseka,

Yu.M. Posypaiko,

I.Yu. Romanova (execut. secretary)

E.O. Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine, Kyiv

K. Dragan

Air Force Institute of Technology, Warsaw, Poland

J. Grum

University of Ljubljana, Slovenia

M.L. Kazakevich

L.V. Pisarzhevskii Institute of Physical Chemistry
of NAS of Ukraine, Kyiv

O.M. Karpash

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

L.I. Muravsky, Z.Th. Nazarchuk, V.R. Skalskiy, V.M. Uchanin

Karpenko Physico-Mechanical Institute of NAS
of Ukraine, Lviv

A.G. Protasov, S.K. Fomichov

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute»

A. Savin

National Institute of R & D for Technical Physics,
Iasi, Romania

V.O. Storozhenko

Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine

V.O. Stryzhalo

G.S. Pisarenko Institute for Problems
of Strength of NAS of Ukraine, Kyiv

M.G. Chausov

National University of Life and Environmental Sciences
of Ukraine, Kyiv

Founders

National Academy of Sciences of Ukraine,
E.O. Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine,
International Association «Welding» (Publisher)

Address

E.O. Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine
03150, Ukraine, Kyiv, 11 Kazymyr Malevych Str.

Tel./Fax: +38 (044) 200-82-77

E-mail: journal@paton.kiev.ua

www.patonpublishinghouse.com/eng/journals/tdnk

The Journal is included in the list of publications approved
by the Ministry of Education and Science of Ukraine
for the publication of works of applicants for academic degrees
in specialties 132, 151, 152.

Order of the MES of Ukraine № 409 of 17.03.2020.

Certificate of state registration
of KB 4787 dated 09.01.2001

Subscription 2021

Subscription index 74475.

4 issues per year (issued quarterly), back issues available.

\$72, subscriptions for the printed (hard copy) version,
air postage and packaging included.

\$60, subscriptions for the electronic version
(sending issues of Journal in pdf format
or providing access to IP addresses).

The editorial board is not responsible
for the content of the promotional material.

CONTENT

Interview with T.M. Lutsenko, General Director
of Association «OKO» 3

SCIENTIFIC AND TECHNICAL

**KUTS Yu.V., UCHANIN V.M., LYSENKO Yu.Yu.,
LEVCHENKO O.E.** Application of Hilbert transform for
analysis of signals of automated eddy current inspection.
Part 1. Theoretical aspects of Hilbert transformation
application at eddy current inspection..... 7

**MILENIN O.S., VELIKOIVANENKO O.A., ROSYNKA G.P.,
PIVTORAK N.I.** Multiscale procedure of numerical
assessment of damage rate and technical state of structures
from fibrous materials 14

**BRAUNS M., LUCKING F., FISCHER B., THOMSON C.,
IVAKHENKO I.** Laser-Excited Acoustics for Contact-Free
Inspection of Aerospace Composites..... 19

INDUSTRIAL

**ZHURAVLYOV S.V., OBODOVSKYI B.M., YAREMENKO M.A.,
NEDOSEKA A. Ya., S.A. NEDOSEKA, OVSIENKO M.A.**
Introduction of the technology of AE monitoring at OPP 26

**KARMANOV M.M., MIKHAILOV S.R., PASTOVENKSYI R.O.,
GLUKHIVSKYI V.Yu., BUJNOVA E.O.** X-ray TV inspection of
the quality of welding polyethylene pipes..... 33

**BONDARENKO Yu.K., POTAPYEVSKYI A.G.,
ARTYUKH K.O., LOGINOVA Yu.V.** Quality control of
welded structures based on a system of inspection and
technological regulation of their fabrication, in keeping with
the requirements to DSTU ISO 9001:2015 37

BONDARENKO Yu.K., KOVALCHUK O.V. Modern legal and
normative requirements to welded products 44

INFORMATION

II Scientific and practical conference «Non-Destructive
Testing And Monitoring Of Technical Condition» 49

VII International conference HighMatTech-2021 54

3D Printing of Space Rockets 55

Innovative offers for NDT 56

Dates, events, facts in the history of technical testing 57

JOURNAL PUBLICATION IS SUPPORTED BY:

Ukrainian Society for Non-Destructive Testing and Technical Diagnostic,
Technical Committee on standardization «Technical Diagnostics and Non-Destructive Testing» TC-78,
Association «OKO»



АСОЦІАЦІЯ «ОКО» – ЛІДЕР ВІТЧИЗНЯНОЇ ДЕФЕКТОСКОПІЇ



Інтерв'ю з генеральним директором
Асоціації «ОКО» Т.М. Луценко

В 2021 р. на II конференції «Неруйнівний контроль та моніторинг технічного стану» в Одесі Тетяна Михайлівна Луценко в своєму виступі зазначила, що підприємства Асоціації «ОКО» поставили продукцію власного виробництва в 69 країн світу.

Цей факт зацікавив багатьох фахівців. Не залишився він по за увагою редакції журналу, яка запропонувала Тетяні Михайлівні відповісти на ряд запитань про роботу колективів Асоціації «ОКО», розкрити особливості роботи «на експорт», підказати українським виробникам шляхи нарощування виробництва та виходу на міжнародні ринки.

Асоціація «ОКО» – відома та авторитетна компанія серед українських і світових споживачів обладнання неруйнівного контролю. Як з'явилась ідея створення Асоціації?

В далекому 1993 р. з'явилась думка про створення Асоціації «ОКО», метою якої була популяризація неруйнівного контролю в Україні та країнах СНГ. Її діяльність почалась з випуску журналу «Незрушающий контроль», а згодом вона стала організатором проведення міжнародних виставок та конференцій. Та тільки в 2000-ні роки Асоціація «ОКО» юридично об'єднала три

київські компанії Ультракон-Сервіс, Промприлад та УкрНДІНК.

Ви пам'ятаєте перший випуск журналу з неруйнівного контролю? Як вплинув журнал на розуміння важливості неруйнівного контролю?

Звісно, ми пам'ятаємо перший випуск. Журнал видавався з 1999 р. у вигляді інформаційно-рекламного бюлетеню та мав назву «Незрушающий контроль». В ньому були надруковані наші перші проекти та статті про розробки твердомірів і товщиномірів. Журнал розповсюджувався безкоштовно. Ми отримували питання та відгуки за нашими розробками та таким чином мали великий зворотній зв'язок зі своєю аудиторією.

Спеціалісти з неруйнівного контролю отримували з журналу, який видавався 4 рази на рік, актуальну інформацію про нові вітчизняні прилади для НК.

Коли проводились перші виставки та якими вони були?

У квітучому травні 1992 р. започаткували проведення традиційних виставок з НК. Перші виставки проводились в Київському політехнічному інституті, далі в Інституті проблем міцності ім. Г.С. Писаренка, а потім довгий час традиційно в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона. З часом конференції та виставки почали проводити у виставковому центрі Асоціації «ОКО».



Перший випуск журналу «Незрушающий контроль»



Конференція «НК-2018» в залі Асоціації «ОКО»



Луценко Т.М. та Луценко Г.Г.



Перший вітчизняний ультразвуковий дефектоскоп УД2-70

Розкажіть, будь ласка, про підприємства, які входять до складу Асоціації «ОКО».

НВФ «Ультракон-Сервіс» є першою компанією в Україні, яка започаткувала розробку та виробництво обладнання НК. Підприємство ви-ро-

бляє портативні прилади та автоматизовані системи НК, такі, як:

- ультразвукові дефектоскопи УДЗ-71 і УД4-76;
 - товщиноміри ТУЗ-1, ТУЗ-2, ТУЗ-5, УТГ-8;
 - твердоміри TDM-1 і TDM-2;
 - установки автоматизованого контролю УМПК-39, УМПК-Ось-38, УМПК-2, САУЗК Уніскан-Луч ОСЬ-4;
 - рейкові візки УДС2-77, УДС2-73, ЕТС-77;
- та інші розробки, деякі з яких не мають аналогів у світі.

Добре розуміючи, що обладнання є лише інструментом в руках людини, керівництво компанії доклало значних зусиль для того, щоби використання цього інструменту стало максимально ефективним. Будь-яка помилка в такій відповідальній справі може призвести до трагедії. Тому, розуміючи всю міру відповідальності як за результати використання свого власного обладнання, так і за проведення неруйнівного контролю в цілому, ще в період свого становлення підприємство прийняло рішення про створення власного Учбового центру з підготовки спеціалістів з НК. Згідно з ліцензією Міністерства освіти і науки України з 2001 р. на базі НВФ «Ультракон-Сервіс» функціонує Учбовий центр, який навчає спеціалістів НК за наступними методами НК:

- ультразвуковий;
- вихрострумний;
- акустико-емісійний;
- магнітопорошковий;
- візуальний.

НВФ «Промприлад» є виробником ультразвукових і вихрострумних дефектоскопів, як ручних, так і механізованих. Це, наприклад:

- вихрострумні дефектоскопи ВДЗ-71 НК-ІУУ, ВД-131 НД, ВД-132-К-ШУ-ОКО-01 і ВД 3-81, Eddycon C, Eddycon CL;
- ультразвукові дефектоскопи SONOCON B, SONOCON BL.

При НВФ «Промприлад» була створена база з ремонту та сервісному обслуговуванню засобів



Лабораторні випробування імерсійним способом



Конструкторський відділ за роботою над новим проектом НК, виготовлених підприємствами Асоціації «ОКО».

ПрАТ «УкрНДІНК» (Український науково-дослідний інститут неруйнівного контролю) займається розробкою технологій за засобів неруйнівного контролю, з їх інтеграцією в технологічні процеси виробництва. Інститут було створено в 2004 р. За цей час він перетворився в центр наукових досліджень, об'єднання колективу вчених і спеціалістів, який працює над розробкою та вдосконаленням методів і технологій засобів НК. Ме-



Система автоматизованого швидкісного контролю рейок OKOSCAN 73 HS



Установка автоматизованого контролю авіаційних коліс SmartScan



Лас-Вегас, США, участь в національній конференції і виставці НК ханізовані та автоматизовані системи, які розробляє УкрНДІНК, застосовуються в різних галузях (машинобудування, авіація, трубна та нафтогазова промисловості, енергетика, металургія) та дозволяють контролювати залізничні рейки, колісні пари, вісі, авіаційні колеса, труби, зварні шви тощо. Контроль проводиться як при виготовленні, так і в процесі експлуатації. Наприклад:

- високошвидкісна система контролю рейок OKOSCAN HS 73;
- установка контролю авіаційних колес Smartscan FA;
- комплекс дефектоскопічний акустико-емісійний ГАЛС-1;
- система вібродіагностики Ревізор-КП.

Також на базі ПрАТ «УкрНДІНК» діє «Орган із сертифікації персоналу в сфері неруйнівного контролю технічних об'єктів», акредитований Національним агентством з акредитації України. Орган забезпечує сертифікацію фахівців I, II та III рівнів у відповідності до стандартів ISO/IES 17024:2012, ISO 9712:2012, EN 4179:2009. Сьогодні цей сертифікат є дійсним в 40 країнах світу.



Сінгапур, участь в Азіатсько-Тихоокеанській виставці

Коли Ви зрозуміли, що Асоціація «ОКО» буде перспективною?

Плани з розвитку діяльності були великі, але ми не думали, що вони настільки здійсняться. На той момент НВФ «Ультракон-Сервіс» вже була флагманом НК в Україні, НВФ «Промприлад» під керівництвом Г.Г. Луценка зайняла міцну позицію у виробництві, ПрАТ «УкрНДІНК» успішно просувалось в розробках засобів НК. Настав час, коли їм стало складно займатися менеджментом і маркетингом, в тому числі і на міжнародному рівні. Ці функції взяла на себе Асоціація «ОКО», що позитивно вплинуло на вирішення великої кількості нагальних завдань.

Чим Ваша компанія відрізняється від інших компаній-виробників приладів НК в Україні? Якими є відмінні риси та переваги Вашої компанії?

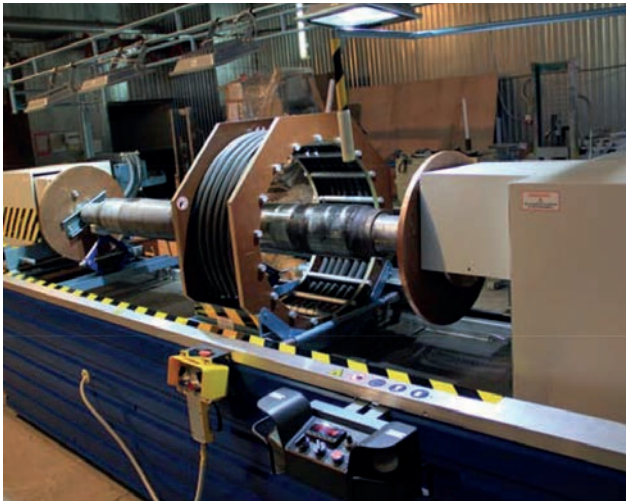
Наша компанія проектує та виробляє ручні, механізовані та автоматизовані засоби з основних методів НК з урахуванням особливостей та специфіки їх застосування, сертифікує та атестує спеціалістів, бере участь у всіх всесвітніх, європейських і регіональних конференціях та виставках, в тому числі Всесвітнього (ICNDT) та Європейського Товариств неруйнівного контролю (EFNDT), Американського Товариства неруйнівного контролю (ASNT), Азіатсько-Тихоокеанського Товариства (APCNDT) та інших. Наша стратегія спрямована на подальший розвиток і рішення проблем неруйнівного контролю. Саме тому нашим гаслом став вираз: «Технологія НК під ключ».

Скільки країн вже стали замовниками Вашого обладнання?

На момент нашого інтерв'ю Асоціація «ОКО» є торговою маркою, прилади та системи якої відомі в 69 країнах світу, таких, як Сінгапур, США, Великобританія, Німеччина, Південна Корея, Японія, Китай, Італія, Туреччина, країни СНГ, Балтії та інші.



Вересень 2021 р., Одеса, конференція з НК



Установка мокрої магнітопорошкового контролю залізничних осей УМПК-Ось-38

Яке обладнання частіше за все цікавить споживачів з далекого зарубіжжя? Як Ви справляєтесь з конкуренцією на ринку дефектоскопічного обладнання?

Закордонний споживач «розпещений» різноманіттям приладів і систем НК в усіх галузях. Тому на сьогоднішній день потрібні нові підходи та рішення, які реалізовано в сучасних розробках приладів НК. Важливу роль грає, звісно, співвідношення ціна-якість. У більшості випадків споживачів цікавлять засоби контролю, що застосовуються в авіаційній галузі, на залізничному транспорті та ін. Іншими словами, на ринку багато продукції брендів виробників. Останні 10 років ми працюємо над підвищенням рівня технічних розробок та якістю приладів.

Яка стратегія розвитку компанії Асоціації «ОКО»?

На сьогоднішній день нашим досягненням є 56 пристроїв неруйнівного контролю – від портативних дефектоскопів і товщиномірів до автоматизованих систем контролю. Розроблено та впроваджено у виробництво коло 4000 різних типів перетворювачів, більшість з них – вузькоспеціалізовані рішення. Нажаль, ми спостерігаємо значний спад промислового виробництва в Україні



Установка автоматизованого ультразвукового і вихрострумного контролю прокатних валків РНК В-35 (L)

та, відповідно, необхідності застосування засобів НК. Ми сподіваємось на підйом, розвиток наших промислових підприємств і галузей, які ми зможемо забезпечити нашими приладами. Враховуючи потенціал наших вчених, інженерів, технічних спеціалістів, ми маємо великі сподівання на те, що наша країна буде розвиватись як індустріальна. А ми, в свою чергу, будемо і далі забезпечувати нашого вітчизняного виробника якісною продукцією в тісному контакті з ними.

У Вас дуже велика кількість розробок і продукції. Як Вам вдалось за ці роки зробити стільки пристроїв та реалізувати їх на виробництві?

Це все завдяки нашому колективу, дякуючи професіоналізму та згуртованості розробників, технологів, конструкторів, програмістів, менеджерів і робітників виробництва та допоміжних відділів. На сьогоднішній день фірма налічує 130 співробітників.

Редакція журналу дякує Т.М. Луценку за цікаве та змістовне інтерв'ю, яке безумовно буде корисним для спеціалістів з НК та для всіх читачів нашого журналу.

Розмову провели

Олександр Зельніченко та Юрій Посипайко



Колектив Асоціації «ОКО»

LASER-EXCITED ACOUSTICS FOR CONTACT-FREE INSPECTION OF AEROSPACE COMPOSITES

АКУСТИКА З ЛАЗЕРНИМ ЗБУДЖУВАННЯМ ДЛЯ БЕЗКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЮ АЕРОКОСМІЧНИХ КОМПОЗИТИВ

by Matthias Brauns, Fabian Lücking, Balthasar Fischer, Clint Thomson, and Igor Ivakhnenko

Ultrasonic testing (UT) is widely used for the nondestructive testing (NDT) of composite materials in the aerospace industry. Liquid-coupled piezoelectric ultrasonic transducers are the most common technology used in this field; however, liquid coupling agents are not always practical, economical, or compatible with materials that cannot get wet. Alternative couplant-free technologies such as air-coupled ultrasound or laser ultrasound (LUS) are available, but either lack the required sensitivity and resolution, or are very costly, large, and sensitive to surface condition and properties. In this paper, we introduce a new couplant-free approach using laser excitation and a commercially available optical microphone. This technique is termed laser-excited acoustics (LEA) NDT, which combines the advantages of a contact-free ultrasound technology with the potential for improved sensitivity and resolution required for NDT in industrial environments. We will demonstrate the capabilities of LEA on aerospace composite parts made of carbon and glass fiber-reinforced polymer (CFRP/GFRP) under realistic conditions.

Ультразвуковий контроль (UT) широко використовується для неруйнівного контролю (NDT) композитних матеріалів в аерокосмічній промисловості. П'єзоелектричні ультразвукові перетворювачі з рідинним зв'язком є найбільш розповсюдженою технологією, що використовується в цій області. Проте рідкі зв'язуючі не завжди практичні, економічні або сумісні з матеріалами, яким не можна намокати. Доступні альтернативні технології без зв'язуючої речовини, такі, як ультразвуковий контроль з повітряним зв'язком або лазерний ультразвук (LUS), але вони або не мають необхідну чутливість і роздільну здатність, або є дуже дорогими, завеликими та чутливими до стану та властивостей поверхні. В цій статті ми надаємо новий підхід без зв'язуючої речовини з використанням лазерного збуджування та оптичного мікрофона, що є у продажу. Цей метод називають неруйнівним контролем з використанням акустики з лазерним збуджуванням (LEA), який поєднує в собі переваги безконтактної ультразвукової технології з можливістю підвищення чутливості та роздільної здатності, що необхідні для неруйнівного контролю в промислових умовах. Ми продемонстрували можливості LEA на аерокосмічних композитних деталях з вуглецевого та армованого скловолокном полімеру (CFRP/GFRP) в реальних умовах.

Before we discuss the working principle of LEA, we will briefly review the basis of conventional ultrasonic NDT. In general, a pulser or emitter generates an ultrasound wave that travels through the sample and interacts with the features and interfaces of the material. After passing through the material, a receiver detects the transmitted or reflected ultrasound waves. The differences in the various techniques lie in how the ultrasound is generated and detected and in the arrangement of the sender and receiver.

Ultrasonic Testing with Piezoelectric Transducers.

In conventional liquid-coupled ultrasound, piezoelectric transducers are widely used as emitters and receivers with a liquid coupling agent, such as water, between the transducer and the sample as shown in Figure 1b. The liquid facilitates the transfer of the ultrasonic wave energy. In cases where liquid cannot be used, the alternative has traditionally been air-coupled ultrasound. However, due to the large acoustic impedance mismatch between solids and air, even a small air gap between the transducers and sample strongly attenuates the transferred wave at each solid-to-air interface, and only a very weak signal arrives at the receiver, as shown in Figure 1a. This significantly limits the sensitivity of air-coupled ultrasound (Gaal et al. 2019). In some cases, the del-

eterious effects of poor impedance matching with air-coupled ultrasound can be lessened by resonant transducer designs, but these transducers are often very narrowband. In addition to impedance mismatch issues, the use of air-coupled ultrasound transducers for single-sided pulse-echo measurements is severely limited due to poor temporal performance and resonant ringing. This creates a front-wall “blind zone” where discontinuities close to the surface cannot be detected. Therefore, liquid-coupled ultrasound is preferred in the vast majority of industrial applications, even though this can introduce additional costs to automated scanning systems in the form of water squirters and immersion baths, and can present additional challenges regarding the testing of materials that are sensitive to liquids such as water (Vanderheiden et al. 2018). In order to achieve the same sensitivity with a contact-free ultrasonic NDT technology, it is crucial to reduce the number of solid-air interfaces for the ultrasound wave between the emitter, sample, and receiver.

In practical applications, measurement sensitivity for both liquid-coupled and air-coupled ultrasound is not the only performance-limiting factor. For automated robotic scanning systems, data quality also strongly depends on robustness against mis-

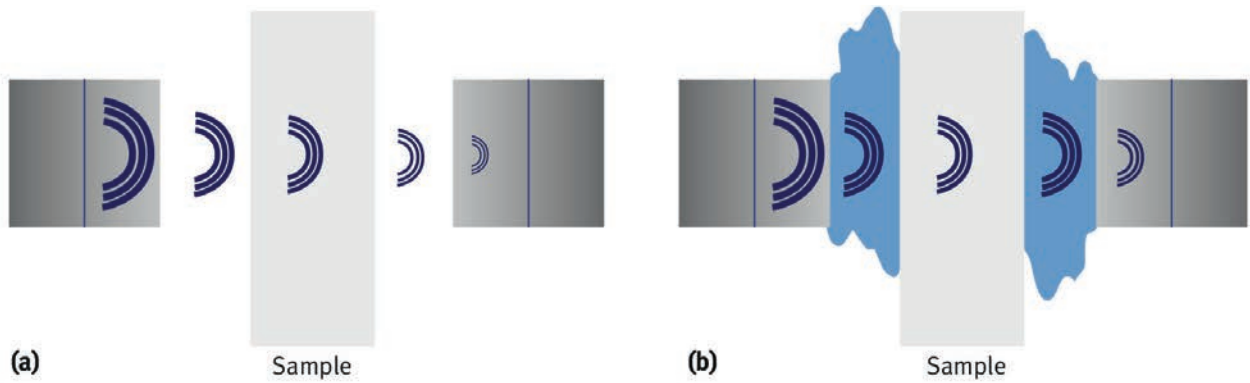


Figure 1. Schematic depiction of the attenuation of the ultrasound wave on its way from the emitter to the receiver: (a) air-coupled UT; (b) liquid-coupled UT.

Рис 1. Схематичне зображення загасання ультразвукової хвилі на шляху від випромінювача до приймача: (a) УЗК (UT) з повітряним зв'язком; (b) УЗК (UT) з рідинним зв'язком

alignments (angle and standoff) between sensor and sample. Both air- and liquid-coupled ultrasound are sensitive to angular misalignment with respect to the surface, leading to signal degradation even for misalignments of only a few degrees. While this is less relevant for simple flat sample geometries, sensitivity to misalignment becomes increasingly relevant for the ever-growing share of composite parts possessing large complex geometries of varying thickness that exhibit part-to-part variations. Here, significant costs can accrue in the form of precision robotics and tooling as well as sophisticated laser surface mapping and motion-control software.

Laser Ultrasound as a Contact-Free Alternative Some problems associated with air-coupled ultrasound, such as impedance mismatch and temporal ringing, can be solved by LUS (Scruby and Drain 1990). Here, the ultrasound is both excited and detected by a laser. The excitation laser emits a short laser pulse onto the surface of the sample, where it is absorbed. The material locally heats up and expands on a timescale far below that of the thermal conductivity rate, which sends a broadband ultrasonic wave through the material. The ultrasound is generated directly inside the sample near the surface, which eliminates two of the four solid-air interfaces that would otherwise attenuate the signal. The laser-generated ultrasound waveform is very different from those emitted by piezoelectric transducers: since the laser pulse is very short (on the order of 10 ns), the excited ultrasound consists of a single, impulse-like peak. Historically, commercially available LUS systems have used powerful and expensive carbon dioxide lasers with complex laser-beam optical delivery systems to the scanning head. This makes them very difficult and costly to integrate into robotic scanning systems because optical fiber coupling is not possible at the operating wavelength of around 10 μm (Cuevas Aguado et al. 2015). More recently, experimental work has shown that laser excitation is also possible with solid-state fiber-coupled lasers at visible and near-infra-

red operating wavelengths (532 to 1064 nm), which allow for much smaller probe heads (Vandenrijt et al. 2018).

In traditional LUS, a second laser beam is directed at the sample surface for ultrasound detection. Part of the laser light is reflected back from the surface into the detector head, where the signal (the surface vibration of the sample due to the ultrasound wave) is measured by means of interferometry. This often re-

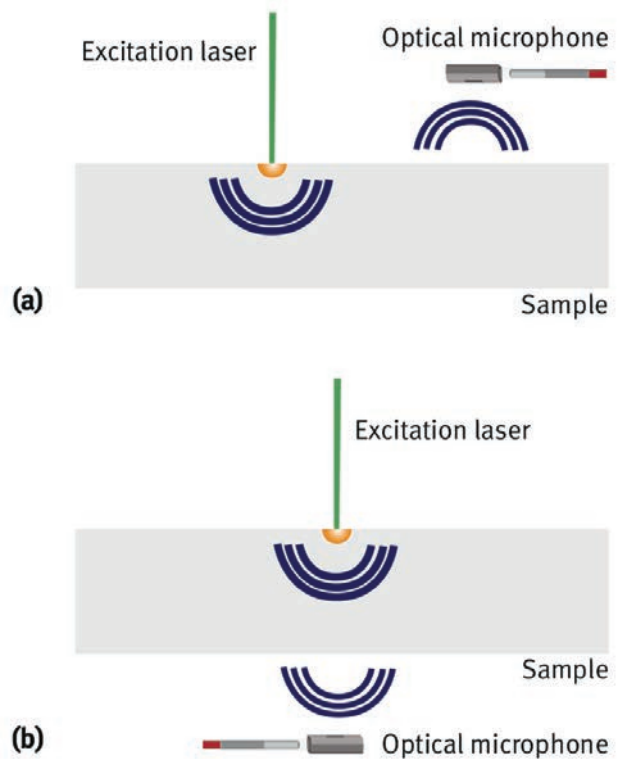


Figure 2. Laser-excited acoustics (LEA) setup with excitation laser and optical microphone: (a) on the same side of the sample (single-sided pitch-catch); (b) on opposite sides of the sample (through-transmission).

Рис. 2. Акустична установка з лазерним збудженням (LEA) зі збуджуючим лазером і оптичним мікрофоном: (a) на одній і тій же стороні зразка (одностороннє випромінювання-приймання); (b) на протилежних сторонах зразка (наскрізне пропускання)

quires complex optics as well as high-intensity laser light illuminating the surface to achieve an acceptable signal-to-noise ratio (SNR). Measuring the ultrasound directly on the sample surface enables a very large bandwidth up to 100 MHz. However, LUS can be sensitive to surface materials and condition (such as coatings, roughness, and reflectivity) and sometimes to standoff distance. Together with the high costs, these features have prevented the wider use of LUS in industry as a contact-free alternative to traditional ultrasonics over the past 40 years.

In summary, air-coupled ultrasound is limited in sensitivity and frequency bandwidth, and exhibits a blind zone for single-sided pulse-echo measurements. Liquid-coupled ultrasound needs an immersion fluid, which can add cost, and is not compatible with all materials. Finally, conventional LUS is a contact-free alternative with large bandwidth and high sensitivity, but presents high costs, is sensitive to surface conditions, and requires complex optics, making it impractical for most industrial applications.

Laser-Excited Acoustics: The Best of Both Worlds.

Here, we introduce our novel LEA technology approach, which solves many of the issues associated with the conventional techniques discussed in the previous section. In LEA, the setup is as follows: an excitation laser serves as the pulser and generates the ultrasound signal, while an optical microphone acts as the receiver (Fischer 2016; Fischer et al. 2019). LEA can operate in both standard arrangements for ultrasonic NDT: through-transmission testing with excitation laser and optical microphone on opposite sides of the sample and single-sided testing, where both sender and receiver are on the same side of the sample in a pitch-catch configuration, as illustrated in Figures 2a and 2b.

In contrast to most commercial systems available for conventional LUS, in LEA the visible or near-infrared excitation laser is fiber coupled, which enables a very compact sensor-head design for both single-sided pitch-catch and through-transmission setups.

Upon laser excitation, the ultrasound wave travels through the material, where it scatters off of the structural features. The ultrasound then propagates from the sample into the air, where the optical microphone (Figure 3a) detects the signal.

The detection principle of the optical microphone, as shown in Figure 3b, is based on laser interferometry. Inside the sensor head, measuring only a few millimeters, there is a small air cavity formed by two semitransparent mirrors. From a glass fiber, a laser beam couples through one of the mirrors into the cavity, where it is reflected back and forth. The length of the cavity can host a multiple of the laser's wavelength, so that the laser light constructive-

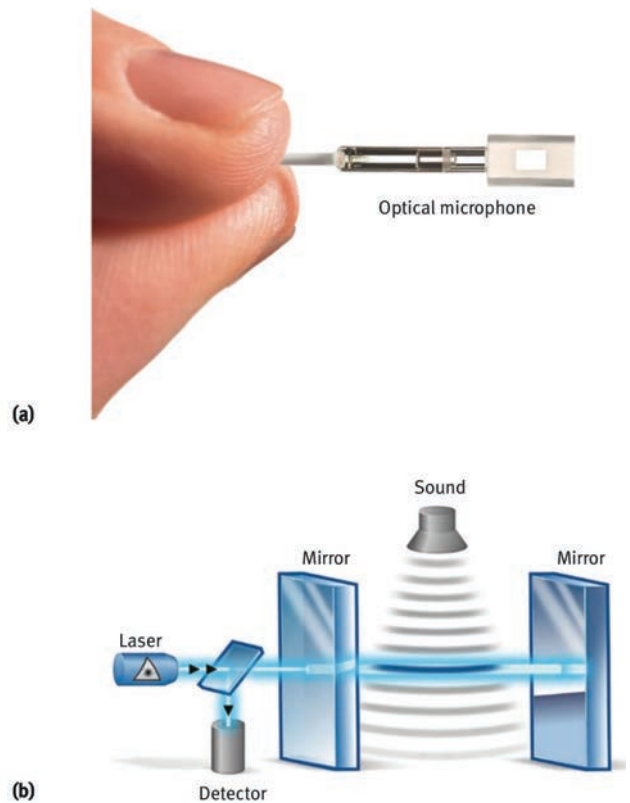


Figure 3. The optical microphone: (a) compact sensor head; (b) working principle.

Рис. 3. Оптичний мікрофон: (а) компактна сенсорна головка; (б) принцип роботи

ly interferes. The light partly couples back into the glass fiber, and a photodetector converts its brightness into a voltage signal that is easily measurable. Sound and ultrasound alter the refractive index of the air, which affects the laser's wavelength in the cavity. This in turn changes the amount of light coupling back into the fiber, so that the photodiode detects a change in brightness. The output voltage of the photodiode therefore linearly changes over a wide range of acoustic pressures and over a frequency range extending from 10 Hz all the way up to 2 MHz. Over this large bandwidth, the frequency response is flat due to the detection principle, which does not involve any mechanical movement. In many instances, this reduces the effective blind zone associated with piezoelectric transducers.

Within the sensor head, the ultrasound pressure is measured directly in the air using laser detection; the ultrasound does not need to couple into a solid like it does for a piezoelectric receiver. From the four solid-air interfaces shown for air-coupled ultrasound in Figure 1a, only one interface (from the sample to air) remains. This greatly enhances the SNR associated with the measurement setup. At the same time, the ultrasound detection process is not affected by the optical quality of the sample surface (such as roughness), which enables its application for a wide

range of materials and geometries where previously contact-free LUS techniques could not be employed. Furthermore, both the excitation laser and the optical microphone are still operational even with an off-normal misalignment of $\pm 5^\circ$. These features, combined with the compactness of the all-fiber-coupled probe head (measuring approximately $35 \times 17 \times 50 \text{ mm}^3$), make LEA a viable contact-free alternative for NDT of parts with complex geometries and composition.

LEA of Sandwich Structures: Experimental Setup.

To assess the capabilities of LEA, measurements were performed on two honeycomb-core sandwich

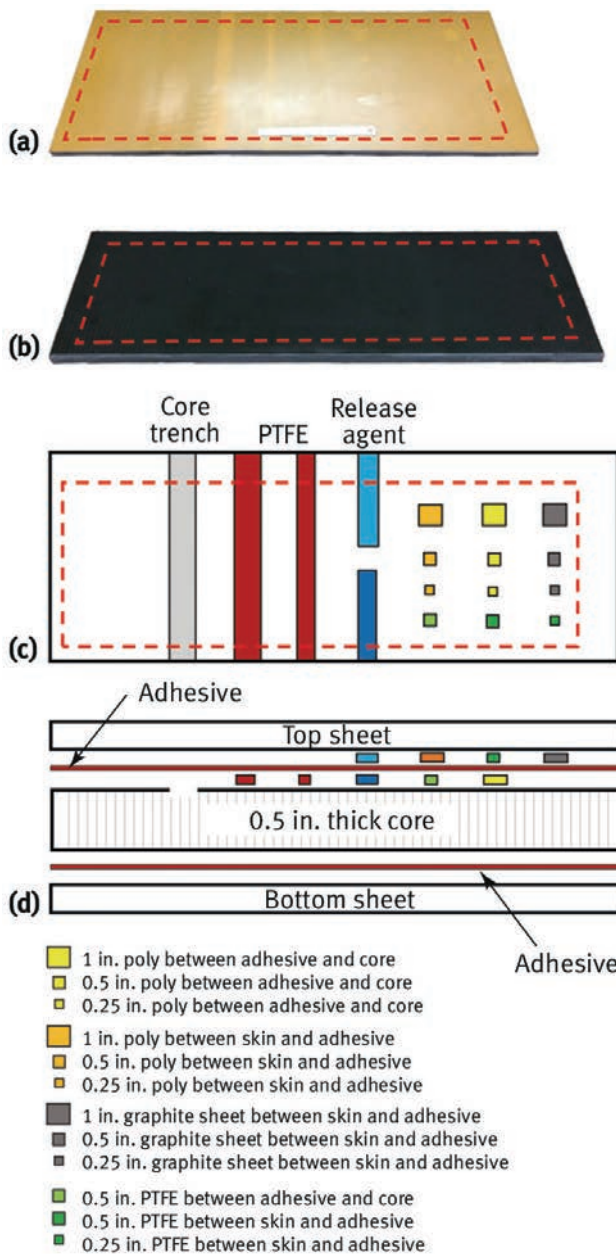


Figure 4. The experimental samples: (a) GFRP; (b) CFRP; (c) top-view map of reference defects; (d) side-view map of reference defects. The scanned area on each sample is marked by red dashed lines. Рис. 4. Експериментальні зразки: (а) склопластик; (б) вуглепластик; (с) мапа еталонних дефектів, вид зверху; (д) мапа еталонних дефектів, вид збоку. Відскановану область на кожному зразку позначено червоними пунктирними лініями

panels that are representative of structural materials widely used in aerospace applications. These panels consisted of a GFRP skinned panel and a CFRP skinned panel shown in Figures 4a and 4b. Both panels measured approximately 620 mm long \times 230 mm wide \times 13 mm thick and include various reference defects manufactured from polytetrafluoroethylene (PTFE) tape, graphite sheet, polyethylene backing material ("poly"), 1.3 mm deep core trenches, and release agent treated areas of various sizes (see the defect map in Figure 4c). While these reference defects were artificially placed in the sample structure, they realistically mimic various disbonds and foreign object debris that can occur at different stages of the composite production process. The standard NDT method used in industry for such parts is water-coupled through-transmission UT operating at a frequency of 0.5 to 1 MHz.

The experimental setup shown in Figure 5 was used to perform contact-free, through-transmission LEA ultrasound measurements on the samples. The excitation laser and the optical microphone were

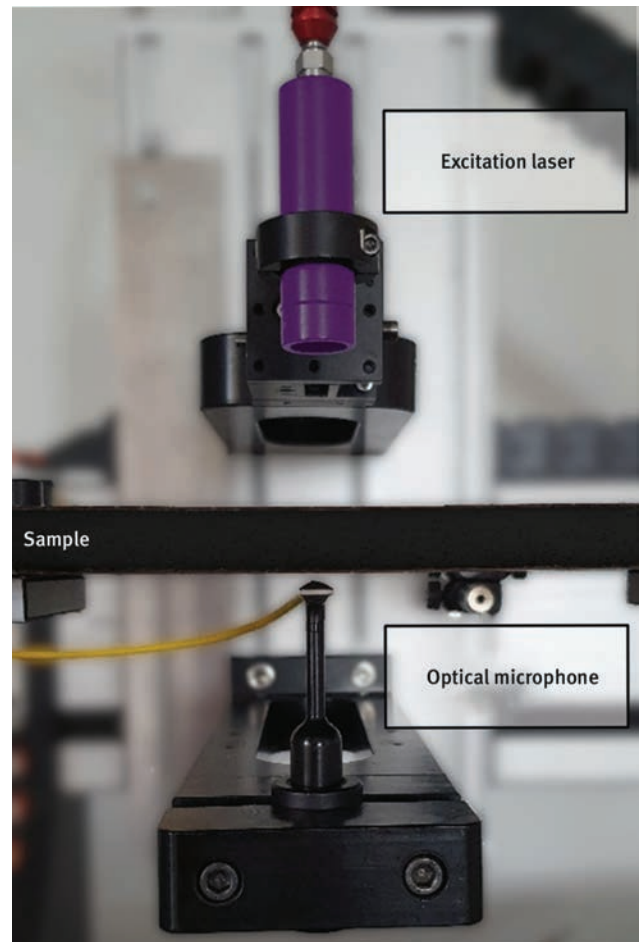


Figure 5. Measurement setup for the through-transmission measurements. The fiber-coupled excitation laser (purple) and the optical microphone were mounted on an X-Y scanning table. The sample stays in a fixed position between the laser and microphone. Рис. 5. Вимірювальна установка для вимірювань при наскрізному пропусканні. Лазер збуджування з волоконним зв'язком і оптичний мікрофон було встановлено на сканувальному столі по X-Y. Зразок залишається в фіксованому положенні між лазером і мікрофоном

mounted to the probe fixture of an automated X-Y scanning table. With the sample fixed in position, we scanned the probe head across the sample area indicated by the red dashed lines in Figure 4. We set the step size to 0.5 mm in both the X- and Y-direction, far below the size of any defined defect and smaller than the honeycomb pitch of 3 mm. This ensured the scan resolution was limited by the resolution of the LEA setup itself, not by the scanning step size.

However, the scan step size can be deliberately set to other values such as 1 mm or 2 mm. For the laser excitation, we used a fiber-coupled pulsed laser with a wavelength of 532 nm. Every laser pulse corresponded to one measurement point on the sample with no waveform signal averaging. Hence, the pulse repetition rate, together with the step size, defined the scan speed. Different fiber-coupled excitation laser configurations were tested, with pulse repetition rates between 20 and 10 000 Hz. Using a 10 kHz laser setup, robotic scanning speeds of 1 to 2 m/s are achievable, on par with state-of-the-art liquid-coupled ultrasound scanner setups, and faster by approximately a factor of 10 when compared to air-coupled ultrasound setups. Furthermore, the optical microphone was tested in an eight-channel array configuration with a 2 mm pitch. In the array setup, the excitation laser beam profile is shaped to a line profile using a cylindrical lens, so that one laser excitation shot delivers eight autonomous detector signals simultaneously (see Figure 6). This allows for an additional eight-fold increase in scan speed.

For the single-element receiver setup, the software controlling the scanner triggered the excitation laser pulse, and the ultrasound pressure amplitude was recorded using a sampling rate of 25 MHz. The resulting A-scan was saved for each measurement point. After the measurement, we determined the waveform peak maximum for each A-scan over a gated time window synchronized with the arrival of the initial signal. This maximum amplitude is plotted in the C-scans shown in Figures 7a and 7b, a 2D ultrasonic picture of the sample.

Results and Discussion

The C-scans of both samples reveal a number of different subsurface features not visible to the naked eye on the optically smooth sample. We observed well-defined areas of different sizes with a significantly attenuated signal amplitude, which we identified as the reference defects. While most defects were easily distinguishable, this was not true for the release agent and poly defects (blue, orange, and yellow in the Figure 4 defect map) in both samples. Interestingly, the only such defect visible at all was the smallest poly defect (marked by the white arrow in Figure 7a). The position of the invisible defects correlates with the large oval region of decreased signal amplitude extending over the right half of each sample, which is not referenced in the defect map. Here, the top sheets were unintentionally unbonded from

the honeycomb core, perhaps due to the accidental spread of the release agent. Since these large unbonded areas coincided with the defect position between



Figure 6. Eight-channel array detector head. If combined with an excitation laser with a line-shaped beam profile, it increases the scanning speed by a factor of 8.

Рис. 6. Восьмиканальна матрична детекторна головка. В поєднанні зі збуджувальним лазером з лінійним профілем променя, він збільшує швидкість сканування у 8 разів

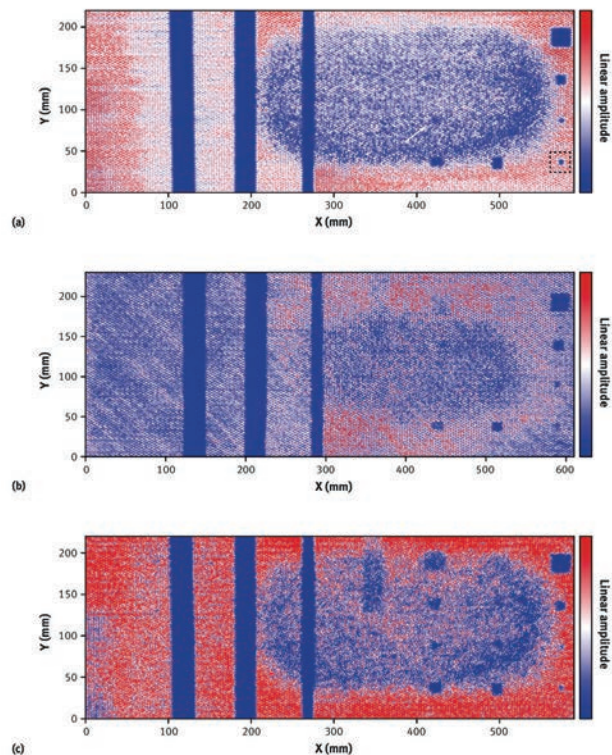


Figure 7. Ultrasonic C-scan images: (a) the GFRP sample shown in Figure 4a; (b) the CFRP sample shown in Figure 4b; (c) the same GFRP measurement data as in Figure 7a, but with a 1150 to 1200 kHz bandpass filter applied to each A-scan.

Рис. 7. Ультразвукові зображення від С-скану: (а) зразок склопластику, зображений на рис. 4а; (б) зразок вуглепластику, зображений на рис. 4б; (с) ті ж дані вимірювань в склопластику, що і на рис. 7а, але зі смуговим фільтром від 1150 до 1200 кГц, застосованим до кожного А-скану

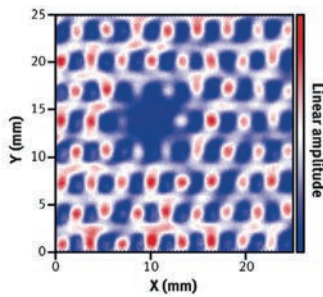


Figure 8. An enlargement of the area around the smallest reference defect shown in Figure 7a. The regular hexagonal pattern shows the internal honeycomb structure of the sample. The larger dark blue area is caused by the 6 mm inlay that was placed there as a reference defect.

Рис. 8. Збільшення області навколо найменшого еталонного дефекту, зображеного на рис. 7а. Правильний шестикутний візерунок вказує на внутрішню стільникову структуру зразка. Велика темна область з'явилась з-за 6-мм вкладишу, який помістили туди в якості еталонного дефекту

the top sheet and core, they masked the underlying defects in the C-scans.

For Figures 7a and 7b, a standard unfiltered data analysis was performed. However, since we have the whole frequency range from 50 kHz up to 2 MHz at our disposal, we can also analyze the data with more advanced frequency postprocessing methods, which are not possible with narrowband, air-coupled transducers. After applying a 1.15 to 1.20 MHz bandpass filter to every A-scan in Figure 7a for the GFRP panel, we again determined the peak amplitude at each position and plotted the results in the C-scan shown in Figure 7c. After applying the bandpass filter, we recognized the same reference defects that are visible in Figure 7a, but additionally, the release agent and poly defects, not apparent in Figure 7a, became visible as well. This demonstrates a strong advantage of the large bandwidth of LEA in comparison to piezoelectric-based ultrasound. Even though these defects are strongly obscured by another sample feature (the large disbond), the reference defects become visible by simple postprocessing of the existing data without the need for time-consuming and costly additional measurements at different transducer frequencies.

In order to demonstrate the measurement resolution of LEA, we zoomed in on one of the smallest defects present in the sample, a 0.25×0.25 in. (6.35×6.35 mm) PTFE insert between the GFRP top sheet and the adhesive film, as indicated by the dashed-line square in Figure 7a. Here, we performed a high-resolution scan with a step size of 0.2 mm, which is depicted in Figure 8. In addition to the clearly visible defect, we also observed the honeycomb structure as a very regular hexagonal pattern.

Again, we applied a bandpass filter to the data used in Figure 8 as shown in the C-scans in Figure 9. This allowed us to selectively investigate different aspects of the sample structure as well as different ultrasonic wave propagation modes through the sample structure.

Although ultrasonic modeling is required to fully explain the C-scan data shown in Figure 9, we spec-

ulate the following. For frequencies between 200 and 250 kHz, the transmitted signal was dominated by guided wave modes propagating through the honeycomb cell walls (Figure 9a). The signal amplitude and C-scan color scheme inverts for frequencies between 400 and 450 kHz, where the ultrasound passed almost exclusively through the air columns in the holes of the honeycomb structure (Figure 9b).

In Figure 9c, a bandpass filter between 750 and 800 kHz was applied. Here, both the honeycomb walls and the air columns exhibited high signal transmission, which leads to a more uniform C-scan with low contrast between the honeycomb wall and air columns. The only region with a significantly lower signal amplitude is the PTFE reference defect. This filtering scheme provides a clearer contrast between the defect and the rest of the honeycomb structure.

On the other hand, for the unfiltered data plotted in Figure 9d, there is less contrast between the defect and the cavities of the honeycomb structure; both exhibited the same dampened signal amplitude.

These examples demonstrate that the postprocessing of the LEA broadband data provides enhanced opportunities to selectively inspect the honeycomb walls, cell cavities, and any structural discontinuities. With conventional liquid-coupled or air-coupled ultrasound, this type of expanded analysis would not be possible without performing multiple measurements at different frequencies.

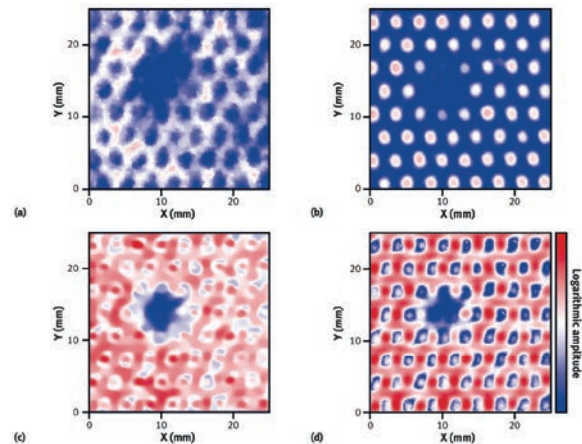


Figure 9. The measurement data from Figure 8 with a bandpass frequency filter applied with cutoff frequencies of: (a) 200 to 250 kHz, where the walls of the honeycomb core contribute the most to the signal; (b) 400 to 450 kHz, where the air columns in the honeycomb structure are revealed; (c) 750 to 800 kHz, where both features contribute to the signal, making the honeycomb structure less visible and highlighting the defect instead; and (d) the unfiltered data with the same logarithmic color scale used in Figures 9a through 9c. The signal amplitudes in each plot are normalized for clarity.

Рис. 9. Дані вимірювань з рис. 8 зі смуговим частотним фільтром, застосованим з частотами зрізу: (а) від 200 до 250 кГц, де стінки стільникового сердечника вносять найбільший вклад в сигнал; (б) від 400 до 450 кГц, де видно повітряні стовпи в стільниковій структурі; (с) від 750 до 800 кГц, де обидва елементи дають внесок в сигнал, роблячи стільникову структуру менш помітною і замість цього виділяючи дефект; (д) нефільтровані дані з тією ж самою логарифмічною шкалою, яка використовується на рис. 9а-с. Амплітуди сигналів на кожному графіку нормалізовано для наочності

Conclusion

In conclusion, LEA is a novel ultrasonic inspection technology that combines the advantages of standard liquid-coupled UT and contact-free inspection techniques. This is demonstrated by measurements of the CFRP and GFRP honeycomb sandwich panels used in our experiments, where high-resolution data were obtained using LEA as a fast, non-contact ultrasound scanning technique. These results show advantages in both resolution and sensitivity compared to state-of-the-art liquid-coupled and air-coupled ultrasound on structures such as honeycomb core sandwich materials (Thomson et al. 2015). Furthermore, the broadband ultrasound emission and detection achieved by the laser excitation and optical microphone setup allows for expanded frequency postprocessing, enabling the operator to inspect different aspects of the sample from a single measurement data set. This improves inspection reliability by increasing the likelihood for finding discontinuities that would otherwise be obscured using more narrowband piezoelectric-based ultrasonic technology. Apart from the technological advantage of an improved inspection, LEA also reduces overhead costs by rendering water management and disposal unnecessary.

The combination of these properties makes LEA a compact and affordable couplant-free alternative to traditional liquid-coupled and air-coupled ultrasound for NDT of a variety of aerospace composite materials.

AUTHORS

Matthias Brauns: XARION Laser Acoustics GmbH, Ghegastraße 3, 1030 Vienna, Austria; m.brauns@xarion.com

Fabian Lücking: XARION Laser Acoustics GmbH, Ghegastraße 3, 1030 Vienna, Austria

Balthasar Fischer: XARION Laser Acoustics GmbH, Ghegastraße 3, 1030 Vienna, Austria

Clint Thomson: Northrop Grumman Corp., Aeronautics Systems Sector, Aerospace Structures Business Unit, Inspection Development Group,

UT02-YC14, PO Box 160433, Clearfield, Utah, 84016-0433, USA

Igor Ivakhnenko: Northrop Grumman Corp., Aeronautics Systems Sector, Aerospace Structures Business Unit, Inspection Development Group, UT02-YC14, PO Box 160433, Clearfield, Utah, 84016-0433, USA

REFERENCES

1. Cuevas Aguado, E., C. Galleguillos, C. García Ramos, and F. Lasagni, 2015, "Laser Ultrasonics Inspections of Aeronautical Components Validated by Computed Tomography," *7th International Symposium on NDT in Aerospace*, 16–18 November, Bremen, Germany.
2. Fischer, B., 2016, "Optical Microphone Hears Ultrasound," *Nature Photonics*, Vol. 10, pp. 356–358, <https://doi.org/10.1038/nphoton.2016.95>.
3. Fischer, B., F. Sarasini, J. Tirillo, F. Touchard, L. Chocinski-Arnault, D. Mellier, N. Panzer, R. Sommerhuber, P. Russo, I. Papa, V. Lopresto, and R. Ecault, 2019, "Impact Damage Assessment in Biocomposites by Micro-CT and Innovative Air-Coupled Detection of Laser-Generated Ultrasound," *Composite Structures*, Vol. 210, pp. 922–931, <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2018.12.013>.
4. Gaal, M., D. Kotschate, and K. Bente, 2019, "Advances in Air-Coupled Ultrasonic Transducers for Non-Destructive Testing," *Proceedings of Meetings on Acoustics*, Vol. 38, No. 1, <https://doi.org/10.1121/2.0001072>.
5. Scruby, C.B., and L.E. Drain, 1990, *Laser Ultrasonics Techniques and Applications*, CRC Press.
6. Thomson, C.D., I. Cox, M.T.A. Ghasr, K.P. Ying, and R. Zoughi, 2015, "Ultrasonic, Microwave, and Millimeter Wave Inspection Techniques for Adhesively Bonded Stacked Open Honeycomb Core Composites," *AIP Conference Proceedings*, Vol. 1650, <https://doi.org/10.1063/1.4914738>.
7. Vanderheiden, B., C. Thomson, I. Ivakhnenko, and C. Garner, 2018, "Transition to High Rate Aerospace NDI Processes," *AIP Conference Proceedings*, Vol. 1949, No. 1, <https://doi.org/10.1063/1.5031500>.
8. Vandenrijt, J.-F., F. Languy, C. Thizy, and M. Georges, 2018, "Laser Ultrasound Flexible System for Non-contact Inspection of Medium Size and Complex Shaped Composite Structures Made of Carbon Fiber Reinforced Polymer," *Proceedings of the 18th International Conference on Experimental Mechanics*, Vol. 2, No. 8, <https://doi.org/10.3390>

Permission to Reprint, 04.10.2021:

The American Society for Nondestructive Testing, Inc.

CITATION

Materials Evaluation 79 (1): 28–37

<https://doi.org/10.32548/2021.me-04188>

©2021 American Society for Nondestructive Testing

ЖУРНАЛИ для професіоналів



Видається з 1948 р.
Виходить 12 разів на рік
ISSN 0005-111X
doi.org/10.37434/as
Передплатний індекс 70031

Видається з 2000 р.
Виходить 12 разів на рік
ISSN 0957-798X
doi.org/10.37434/trwj
Передплатний індекс 21791



Видається з 1989 р.
Виходить 4 рази на рік
ISSN 0235-3474
doi.org/10.37434/tdnk
Передплатний індекс 74475



Видається з 1985 р.
Виходить 4 рази на рік
ISSN 2415-8445
doi.org/10.37434/sem
Передплатний індекс 70693

II НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ «НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ ТА МОНІТОРИНГ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ»

6-10 вересня 2021 р. в Одесі в готелі «Аркадія» відбулась II наукова-практична конференція «Неруйнівний контроль та моніторинг технічного стану», яка була організована Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона, Українським товариством неруйнівного контролю і технічної діагностики та Міжнародною Асоціацією «Зварювання». Інформаційну підтримку конференції надали журнали «Автоматичне зварювання» та «Технічна діагностика та неруйнівний контроль».

Конференцію відкрив вітальним словом академік НАН України, директор ІЕЗ ім. Є.О. Патона акад. Кривцун І.В. Він відзначив значну роль неруйнівного контролю та моніторингу технічного стану в промисловості, будівництві та на транспорті в сучасній Україні.



Виступ академіка І.В. Кривцуна при відкритті конференції

Конференція хвилиною мовчання віддала шану колегам, що пішли з життя в останній рік – Ткаченку А.А., директору «INTROSKOP NDT SRL», м. Кишинів; президенту Молдавського товариства НКТД, Горкунову Е.С., академіку РАН, президенту Російського товариства НКТД в 2014-17 рр.; Мітко Міховськи, президенту Болгарського товариства НК; Якубовичу І.П., провідному фахівцю НВФ «Діагностичні прилади».

В пленарних засіданнях конференції взяли участь більше 50 учених та спеціалістів з України, Німеччини та Естонії. На них було заслухано 27 доповідей. Ще 10 стендових доповідей було представлено авторами, які з різних причин не змогли приїхати в Одесу. В цілому на конференцію подали доповіді або брали участь в роботі без доповіді представники 30 підприємств та організацій з 17 міст. Тези доповідей, що були подані на конференцію, видано окремою збіркою. Її співавторами стали 108 фахівців.

Одночасно працювала виставка засобів та матеріалів неруйнівного контролю та технічної діагностики, на якій 6 провідних підприємств України демонстрували свої найкращі розробки останніх років та пропонували передові технології і обладнання від своїх закордонних партнерів з усього світу.

Перше пленарне засідання розпочалось з доповідей представників Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України (Львів).

Д.т.н. Учанін В.М. в доповіді «Нотатки про прийдешню революцію у неруйнівному контролі», розпочав дискусію про майбутнє НК та можливу роль науковців України. Тут важливо визначити основні напрямки розвитку технологій НК на основі власного бачення, показати та популяризувати перспективні українські проекти як можливі зародки технологій NDE 4.0. Приклади українських напрацювань у цих напрямках на прикладі вихрострумowego методу НК: автоматизація і роботизація (система ВК «Краб»), інтелектуалізація засобів НК та реалізація принципів адаптивності (система ВК контролю виробів зі складною геометрією, в яких сканування здійснюється за допомогою робота), тривимірна візуалізація результатів НК методами обчислювальної томографії. В другій доповіді «Вихрострумний автогенераторний дефектоскоп з автоматичним налаштуванням на заданий рівень чутливості» Учанін В.М. показав, що для виявлення поверхневих дефектів успішно впроваджено автогенераторні вихрострумні дефектоскопи (ВД) типу ЛЕОТЕСТ (ВД 3.01Н; ВД 3.2Н і ВД 3.03Н), які пройшли державні випробування і включені в регламент з технічного обслуговування літаків ДП «АНТОНОВ» і двигунів ДП «ІВЧЕНКО-ПРОГРЕС» і ПАТ «МОТОР-СІЧ». Розроблений ВД забезпечує можливість точного відтворення рівня



Доповідь В.М. Учаніна

чутливості, який прописано в методиці контролю, незалежно від кваліфікації оператора. В третій доповіді доповідач розповів про нові вихроструміві перетворювачі магнітної анізотропії (ВСПМА) з феритовими осерддями, які дозволяють розширити діапазон частот щонайменше до 50 кГц.

Д.т.н. Юзефович Р.М. в доповіді «Підходи до побудови систем вібродіагностики» обґрунтовано показав, що ефективними сучасними засобами вібродіагностики є інформаційно-вимірювальні комплекси, які поєднують у собі набір різноманітних первинних перетворювачів, обладнаних бездротовими каналами передачі інформації з можливістю поєднання в локальну цифрову мережу передачі даних. Такі комплекси використовують функції зберігання зареєстрованих вібраційних сигналів, та систему багатоканального збору інформації з можливостями апаратної попередньої обробки вхідних сигналів та комп'ютерним програмним забезпеченням повноцінної сигнальної обробки для формування діагностичних висновків. В другій доповіді «Система відбору вібраційних сигналів для діагностики обертових механізмів» Юзефович Р.М. представив багатоканальну портативну систему для відбору та обробки вібраційних сигналів з метою виявлення і попередження аварійних ситуацій на механізмах з обертовим або обертово-поступальним рухом. Давачами вібраційного сигналу є п'єзокерамічні акселерометри промислового типу.

Спільну доповідь від Одеського припортового заводу та ІЕЗ ім. Є.О. Патона представив начальник відділу технічного нагляду ОПЗ Ободовський Б.М. – «Впровадження технології акустико-емісійного моніторингу на ОПЗ», в якій розповів про досвід використання системи інтегрального моніторингу технічного стану небезпечних виробничих об'єктів з застосуванням методу акустичної емісії (АЕ). Наведено результати застосування методу АЕ на прикладі моніторингу і контролю сховищ аміаку ST-1... ST-4 у цеху перевантаження аміаку, окремих ліній та агрегатів у цеху виробництва аміаку, а також об'єктів станції розподілу повітря цеху водообробки. Аналіз результатів термографічного контролю та АЕ моніторингу дозволив



Доповідь Б.М. Ободовського

зробити висновок щодо наявних проблем з температурним станом та ізоляцією корпусу аміакосховища ST-4. Автоматизовані системи ЕМА, розроблені в ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України спільно з угорськими фахівцями, визначають ступінь небезпеки стану об'єктів з локалізацією місць можливої руйнування, прогнозують руйнівне навантаження при поточних умовах експлуатації, оцінюють залишковий ресурс конструкцій.

Друге пленарне засідання першого дня було віддано доповідям спонсорів конференції та учасникам виставки засобів технічного контролю.

Представник генерального спонсора, директор Асоціації «ОКО» Луценко Т.М. в своїй доповіді «Перспективи і розвиток компаній Асоціації «ОКО» в нових умовах сучасного світу» розповіла про значний науковий та виробничий потенціал УкрНДІНК, що дозволяє розробляти сучасні засоби неруйнівного контролю, а тісно співпрацюючи з виробничими підприємствами «Ультракон-Сервіс» та «Промприлад», що також входять в Асоціацію «ОКО», ці розробки успішно впроваджуються в різних галузях промисловості: машинобудуванні, енергетиці, металургії, нафтогазовій галузі, залізничному та авіаційному транспорті. На сьогоднішній день прилади та системи, розроблені Асоціацією «ОКО», використовуються майже у сорок країн світу, таких, як: США, Німеччина, Туреччина, Китай, Японія, Канада, Франція, Сінгапур, Індонезія, Італія, країни СНД, Балтії та інші.



Доповідь Т.М. Луценко

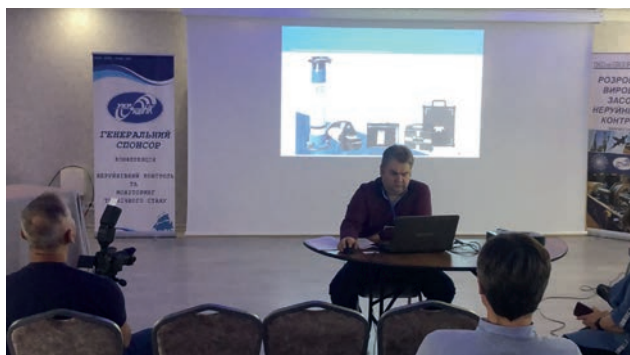
У доповіді провідного спеціаліста УкрНДІНК Верютіна М.В. «Системи вихрострумівого контролю авіаційних коліс серії SMARTSCAN» висвітлена тема виконання неруйнівного контролю коліс сучасного авіаційного парку. Розглядаються методи НК, які на сьогоднішній день є актуальними і застосовуються в авіаремонтних підприємствах. Показується важливість проведення вихрострумівого контролю і варіанти його реалізації на авіаремонтних підприємствах. Розглядаються ручний і автоматизований варіанти реалізації вихрострумівого контролю, переваги і недоліки кожного з них. У другій його до-



Представники Асоціації «ОКО»

повіді «Перша вітчизняна система швидкісного контролю залізничної колії OKOSCAN 73HS» мова йшла про розробку і впровадження на залізниці Туреччини (TCDD) швидкісної системи неруйнівного контролю (ультразвуковий і вихрострумний) рейок OKOSCAN 73HS, яка розроблена відповідно до вимог європейських стандартів і забезпечує контроль рейок на швидкості до 40 км/год (з можливістю збільшення швидкості контролю до 60 км/год).

Представник офіційного спонсора, директор НВФ «Діагностичні прилади» Павлій О.В. в доповіді «Науково-виробнича фірма «Діагностичні прилади» – 25 років пошуку та досвіду» розповів про етапи становлення фірми та представив зарубіжних партнерів, чії технології та засоби НК поставляються фірмою на підприємства України. Особливий інтерес викликала друга доповідь Павлія О.В. – «Радіаційні методи неруйнівного контролю: сучасний стан і перспективи розвитку», в якій він розповів про шляхи розвитку джерел іонізуючого випромінювання: зменшення розмірів фокусної плями та масо-габаритних показників, покращення характеристик потужності джерел. Також він розповів про стан розробок, переваги та недоліки детекторів, фосфатних пластин та традиційних рентгеновських плівок та підкреслив, що правильний вибір джерел та детекторів іонізуючого випромінювання дозволяє забезпечити високу якість робіт з рентгеновського контролю, з мінімальними дозами випромінювання та високою достовірністю рентгеновських зображень.



Доповідь О.В. Павлія

Провідний фахівець НВФ «Діагностичні прилади» Козін О.М. в доповіді «OmniScan X3 від OLYMPUS завойовує довіру у споживачів» розповів про те, що навесні 2020 р. лідер УЗК з використанням фазованих решіток Olympus випустив OmniScan X3 – вдосконалений сучасний дефектоскоп на фазованих решітках. Потужні інструменти, такі, як метод загального фокусування (TFM) та покращені засоби візуалізації, дозволяють із впевненістю виконати контроль. Доповідач детально зупинився на технічних характеристиках нового дефектоскопа, який стане в нагоді вітчизняному споживачу.

Представник спонсора Козарчук Д.В. в доповіді «Комплексні рішення для галузевих лабораторій від компанії «Хімлаборреактив» розповів про напрямки роботи компанії. ХЛР пропонує рішення для контролю якості на всіх стадіях технологічного процесу: від видобутку сировини до виробництва кінцевого продукту, від контролю технічних параметрів продукту до параметрів умов праці. Для вирішення поставлених завдань в активі компанії значна матеріальна база та тісні партнерські відносини з кращими світовими виробниками лабораторного обладнання. Крім цього, ХЛР пропонує загальнолабораторне обладнання, обладнання для контролю навколишнього середовища та охорони праці, лабораторні меблі, посуд і реактиви, стандартні зразки і еталони, обладнання для лабораторій ПММ.

Директор НВФ «Ультракон» Павлій І.В. розповів про нові розробки фірми. Слід зазначити, що НВФ «Ультракон» пропонує на ринку засоби технічного контролю власної розробки і виробництва. Це ультразвукові та вихрострумні дефектоскопи і товщиноміри, твердоміри та ін.

Вперше у виставці засобів технічного контролю взяла участь ТОВ «Еталон-Прилад» з Харкова. Його представники Боклаг М.В. і Корнієнко О.С. представили доповідь «Сучасні прилади неруйнівного контролю фірми «Starmans electronics».

Керівник відділу УДВП «Ізотоп» Король О.М. розповіла про обладнання та матеріали, що поставляються на підприємства та в медичні установи України цією організацією з багаторічним досвідом. Зокрема, вона приділила увагу гамма-дефектоскопам та іншим засобам неруйнівного контролю.

Не менш насиченими були пленарні засідання наступного дня. Відзначимо найпомітніші доповіді другого дня.

Завідувач відділу ІЕЗ ім. Є.О. Патона, д.т.н. Махненко О.В. в доповіді «Розрахункова оцінка несучої здатності головних прогонових балок мосту ім. Є.О. Патона через р. Дніпро у м. Києві за результатами неруйнівного контролю», розповів про проведений в 2020 р. неруйнівний контроль головних прогонових балок мосту, при якому були виявлені досить значні корозійні

пошкодження в зоні з'єднання стінки з полкою. Результати чисельного визначення НДС прогонової балки показали, що наявність локальних корозійних дефектів в різних характерних зонах балки в зоні з'єднання стінки з полкою не викликає суттєвого підвищення повздовжніх напружень в цих зонах та зварна конструкція головних прогонових балок мосту ім. Є.О. Патона має досить значний коефіцієнт запасу статичної міцності стосовно нормативного розподіленого навантаження. Було представлено дві доповіді, які торкались давньої проблеми атомних станцій – «Нові аспекти пошкоджуваності металу вузла зварного з'єднання колектора з патрубком Ду1200 парогенератора ПГВ-1000», «Визначення залишкових напружень в вузлі приварювання колектору до патрубка Ду1200 парогенераторів ПГВ-1000 після локальної термічної обробки».



Доповідь О.В. Махненко

В доповіді «Фрактальна параметризація, як допоміжний засіб при моніторингу технічного стану зварних конструкцій» проф. Усов В.В. з ОНУ ім. Ушинського (Одеса) доповів про результати сумісного дослідження з ІЕЗ ім. Є.О. Патона та НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» про використання методу фрактального аналізу як експрес методу неруйнівного контролю. Для вивчення експлуатаційного стану конструкцій запропоновано комплексний підхід, орієнтований на пошук кореляційних залежностей між фрактальними параметрами структури та показниками фізико-механічних властивостей матеріалів, зокрема текстурної обстановки, коерцитивної сили, механічних характеристик матеріалів.

Дві доповіді зробив Учанін В.М.: «Магнітопружні давачі для безконтактного визначення механічних напружень і крутного моменту обертальних вузлів» та «Контроль шаруватих феромагнітних матеріалів коерцитиметрами з приставними давачами».

Гість із Німеччини Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Mook із Otto von Guericke University Magdeburg розповів про «Методики цікавого навчання вихрострумовому контролю».



Доповідь Prof. Gerhard Mook

Ще ряд доповідей було представлено ІЕЗ ім. Є.О. Патона:

«Основні напрямки робіт в ІЕЗ ім. Є.О. Патона з розвитку технологій неруйнівного контролю», Посипайко Ю.М.

• «Дистанційне діагностування технічного стану промислових димових труб пасивним тепловізійним методом», Глуховський В.Ю.

• «Рівні якості зварних з'єднань для системи автоматизованого візуального контролю», Литвиненко В.А.

• «Ширографічна система для неруйнівного контролю якості елементів стільникових панелей з використанням вакуумного навантаження», Шуткевич О.П.

• «Про роботу Українського товариства неруйнівного контролю та технічної діагностики», Посипайко Ю.М.



Учасники виставки



Під час засідань

Відповідальний секретар Технічного комітету стандартизації №78 «Технічна діагностика та неруйнівний контроль», Щупак С.О у своїй доповіді «Стандартизація і сертифікація в сфері неруйнівного контролю в Україні» розповіла про новини стандартизації і сертифікації, про структуру, напрямки діяльності та основні досягнення ТК 78. Зусиллями ТК-78 в Україні введено в дію біля 200 стандартів у галузі неруйнівного контролю. Також ТК 78 робить багато кроків, спрямованих на поступове забезпечення відповідності вітчизняних стандартів технічним регламентам ЄС, усунення розбіжностей між системами стандартизації та оцінки відповідності. Користуючись хорошим інтернетом в залі, Щупак С.О. продемонструвала наживо, як користуватись базами даних стандартів ISO, EN та ДСТУ.

УЧАСНИКИ ВИСТАВКИ ПРИЛАДІВ, ОБЛАДНАННЯ ТА МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ: УкрНДІНК, «Ультракон-сервіс», «Промприлад», «Діагностичні прилади»,

«ХІМЛАБОРРЕАКТИВ», «ОНІКО», «Ультракон», «Еталон-Прилад».

Паралельно проходила X Міжнародна конференція «Променеві технології в зварюванні та обробці матеріалів» (LTWMP-2021), яка також була організована ІЕЗ ім. Є.О. Патона та Міжнародною Асоціацією «Зварювання».

Оргкомітет конференції вдячний спонсорам – УкрНДІНК, НВФ «Діагностичні прилади», ТОВ «Хімлаборреактив», учасникам виставки, авторам доповідей та всім, хто приїхав на конференцію в Одесу. Бажаємо всім професійних успіхів та особистого щастя. Ми сподіваємось, що конференція, виставка та час, проведений в Одесі, були корисні для Вас. І ми ще не раз зустрінемося з Вами в цьому чудовому місті! А наступного, 2022 року, конференція запланована на 12 – 16 вересня.

Юрій Посипайко, Ірина Романова



Учасники конференцій НКМТС-2021 та LTWMP-2021

VII МІЖНАРОДНА КОНФЕРЕНЦІЯ HIGHMATTECH-2021

З 5 по 7 жовтня 2021 р. у Києві в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» відбулася VII Міжнародна конференція HighMatTech-2021. Конференція проводилась у офлайн та онлайн режимах, мова конференції англійська.

Організаторами конференції виступили Українське матеріалознавче товариство ім. І. М. Францевича, Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського», МОН України та Міжнародний науковий комітет, до складу якого увійшли Andrey Ragulya, Yury Solonin, Petro Loboda, Maryna Storozhenko, Gennadiy Bagliuk, Yuriy Bogomol, Andriy Buketov, Sergiy Firstov, Tetyana Konstantinova, Yevstakhiy Kryzhanivkyu, Tetyana Prikhna, Viktor Rud, Anatoliy Sanin, Volodymyr Turkevych, Ihor Zavalii, Roman Yavetskiy, Oleksandr Vasiliev, Petro Smertenko (Ukraine); Levan Chkhartishvili (Georgia); Yury Gogotsi, Richard Haber (USA); Mathias Herrmann (Germany); Viktor Mironov (Latvia); Lech Pawlowski (France); Maksim Antonov (Estonia); Virupaxi Auradi (India).

Урочисто відкрив конференцію голова оргкомітету к.т.н. Олександр Васильєв (Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича, Україна). Пленарні доповіді представили відомі вчені: проф. Andrey Ragulya (President of Frantsevich Ukrainian Materials Research Society, Kyiv, Ukraine); Prof. Gogotsi Yury (Drexel University Materials Science & Engineering, Philadelphia, USA); Dr. Franke Ralf (International Sales Manager Eastern Europe); Prof. Prichna Tatiana (Institute for Superhard Materials of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine); Antonov Maksim (Tallinn Technical University, Estonia);



Представники міжнародного наукового комітету конференції HighMatTech-2021

Bilan Iryna (Frantsevich Institute for Problems of Materials Science National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine); Prof. Igor Lukyanchuk (University of Picardy, France Laboratory of Cond. Mat. Physics, Amiens, France).

Конференція була присвячена матеріалознавчим питанням від фундаментальних основ сучасного матеріалознавства до розроблення сучасних матеріалів та їх практичного використання, вивченню їх фізико-хімічних та механічних властивостей, а також новим технологіям. Робота конференції проходила у вигляді пленарних доповідей, тематичних симпозіумів та стендових презентацій. Усього було представлено 110 робіт, з яких 48 доповідей наживо. У конференції приймали участь фахівці, які працюють у різних галузях знань, включаючи фізику, хімію, медицину, біологію, металознавство тощо. Актуальними напрямками у роботі конференції були: композиційні матеріали, інженерія поверхні та захисні покриття, метали та сплави, наноматеріали, кераміка.

Від колективів авторів, співробітників Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України були представлені доповіді, присвячені перспективним технологіям отримання зварних з'єднань при підводному та лазерному зварюванні, а також вивченню структурно-фазових особливостей цих з'єднань:

«Use of mathematical modelling to optimize the external influence on the processes in the dislocation structure during underwater welding», *Berdnikova Olena, Maksimov Sergey, Prilipko Olena*;

«Laser spot welding in different spatial positions», *Bernatskiy Artemii, Berdnikova Olena, Kushnarova Olha, Klochkov Illia, Motrunich Sviatoslav*.

Також дослідниками Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України у співавторстві із співробітниками з Інституту проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України були представлені доповіді:

«High Young's modulus magnesium alloy strengthening by icosahedral quasicrystals», *Maksymchuk Ihor, Khrypliviy Anatoliy, Frizel Viktor, Khokhlova Julia, Khokhlov Maxim*;

«Magnetic, electric and thermoelectric properties of Co/Al₂O₃, Co/SiO₂ and Co/TiO₂ ferromagnetic nanocomposites», *Baibara Oleksii, Radchenko M.V., Bykov O.I., Stelmakh Y.A., Krushinskaya L.A., Ievtushenko A.I.*

Доповіді конференції HighMatTech-2021 опубліковані в електронному вигляді, з ними можна ознайомитися на сайті інституту Інституту проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України.

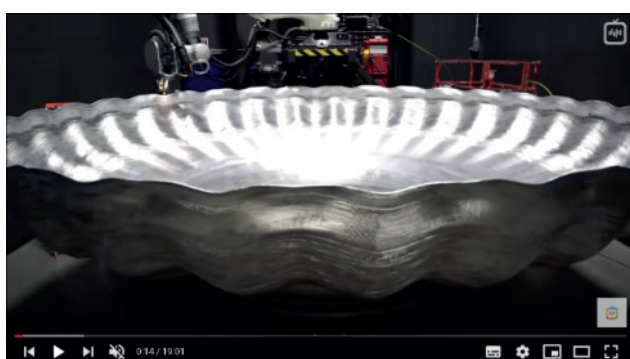
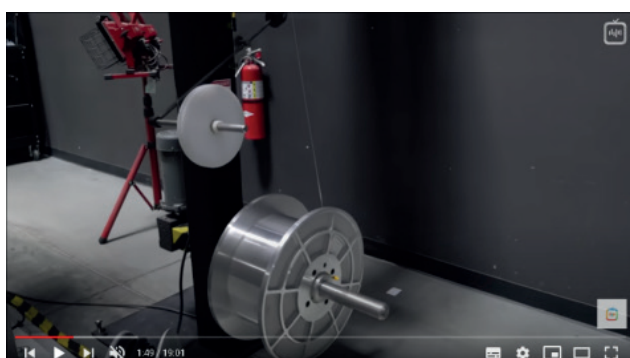
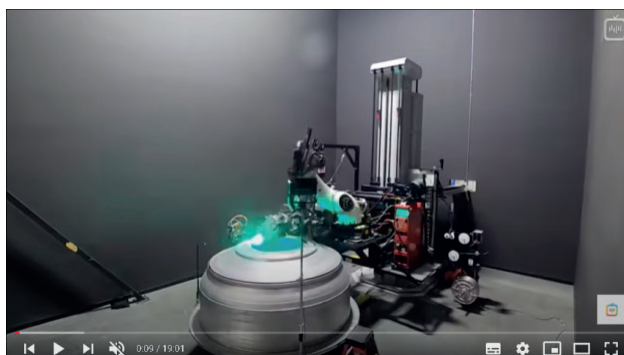
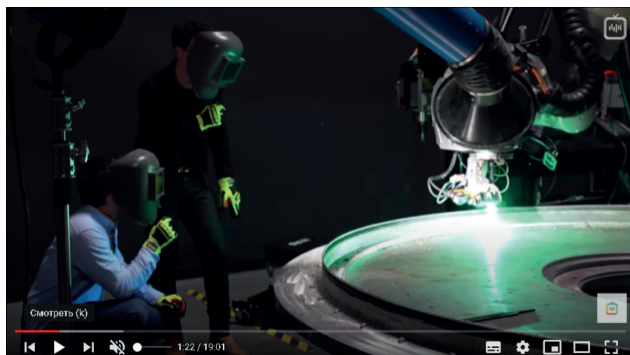
Олена Берднікова

3D-ДРУК КОСМІЧНИХ РАКЕТ

(чи відбудеться руйнування традиційної космічної промисловості?)

Компанія «Relativity Space» (США) розробила технологію та обладнання для 3D-друку корпусу та паливних баків космічних ракет. Ракета висотою 30 м друкується за 60 днів. Використовується гібридна зварювальна технологія «дуга + лазер»,

швидкість друку 25,4 см/с, матеріал для друку – алюміній. Всі розміри при друці витримуються з точністю за волосину людини (до 0,1 мм). Шорсткість збільшує масу на 5...10 %, але вона не впливає на аеродинамічні властивості корпусу ракети.



<https://m.youtube.com/watch?v=6d-Rhi5kRyw&feature=youtu.be>

ГІБРИДНИЙ ОПТИКО-ЦИФРОВИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ПІДПОВЕРХНЕВИХ ДЕФЕКТІВ

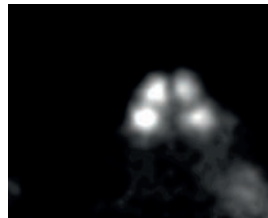
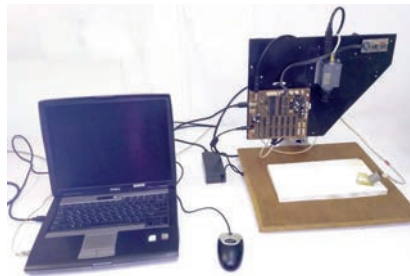
Призначення: виявлення технологічних та експлуатаційних підповерхневих дефектів у шаруватих композитних і метало-композитних елементах конструкцій та з'єднаннях «композит–композит» і «метал–композит» з метою оцінювання їх надійності та ресурсу.

Область застосування: літальні апарати авіакосмічної техніки, композитні та метало-композитні елементи та з'єднання машинобудівних та будівельних конструкцій.

Основні технічні характеристики та переваги: Робота гібридного оптико-цифрового пристрою базується на виявленні підповерхневих дефектів за динамічними спекл-зображеннями поверхні шаруватих композитних і метало-композитних елементів конструкцій під час їх ультразвукового збудження.

Частота зміни кадрів	до 10 с ⁻¹	Особливості функціонування: - простота конструкції, відсутність інтерферометра; - набагато менша чутливість до вібрацій та інших завад, більша площа захоплення ділянки поверхні; - можливість виявляти дефекти більших розмірів; - здатність працювати в натурних умовах; - можливість сканувати поверхню зразка розмірами 30×30 см (сканування більшої площі з додатковим устаткуванням).
Поле зору	60×45 мм	
Час зміни поля зору	1...3 с	
Товщина досліджуваного зразка	до 10 мм	
Виявлення дефектів розмірами	до 40 мм	
Глибина залягання	до 8 мм	

Макет оптико-цифрового пристрою та приклади виявлення глухого отвору глибиною 3 мм у композитній панелі товщиною 4 мм за різної частоти ультразвукового збудження



Виявлення глухого отвору на частоті 35,5 кГц



Виявлення глухого отвору на частоті 12,5 кГц

Стан розробки: виготовлено та випробувано макетний зразок.

Галузі застосування: Розроблена на основі пристрою методика виявлення внутрішніх дефектів у композитних і метало-композитних структурах може знайти застосування у ДП «КБ «Південне»», ДП «АНТОНОВ», ТОВ «Сіка Україна» та інших підприємствах авіакосмічної та будівельної галузей.



Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України,
e-mail: kuts@ipm.lviv.ua

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ДАТЧИКИ ВІБРОПЕРЕМІЩЕННЯ ТА ВІБРОШВИДКОСТІ

Призначення: оцінка вібраційного стану обертових та необертових частин механізмів ТЕС, ТЕЦ і інших промислових об'єктів.

Область застосування: підприємства енергетики, нафтової, вугільної та газової промисловості.

Основні технічні характеристики та переваги:

– діапазон вимірювання розмаху вібропереміщення від 20 до 1000 мкм з дискретністю 1 мкм та відносного переміщення від 20 мкм до 4 мм;

– діапазон частот вимірювання розмаху вібропереміщення від 0,05 до 500 Гц;

– діапазони вимірювання СКЗ віброшвидкості від 0,5 до 50 мм/с;

– діапазон частот вимірювання віброшвидкості від 0,5 до 200 Гц та від 5 до 1000 Гц.

Особливості функціонування:

Датчики безперервно визначають поточні значення вібропереміщення, віброшвидкості та спектральні характеристики; формують аналогові і цифрові сигнали; придатні для передачі та обробки в зовнішніх інформаційно-вимірювальних системах аналізу й вібродіагностики з автоматичною компенсацією впливу температури та нелінійності амплітудно-частотної характеристики первинного перетворювача з автоматичною перевіркою функціонування.

Стан розробки: інтелектуальні датчики створено, випробувано та використовуються на підприємствах енергетики.



Інтелектуальні датчики вібропереміщення



Встановлення датчиків на щітково-контактному апараті турбоагрегата



Інститут проблем машинобудування НАН України ім. А.М. Підгорного,
e-mail: shulzhenko@ipmach.kharkov.ua

ДАТИ, ПОДІЇ, ФАКТИ З ІСТОРІЇ ТЕХНІЧНОГО КОНТРОЛЮ

2 липня 1929 р. американський винахідник і бізнесмен Едвард Бадд (1870-1946) отримав патент на технологію зварювання в автопромисловості. Він був піонером масового виробництва суцільнометалевих автомобільних кузовів. Заснована ним фірма «Едвард Бадд Меньюфекчурінг Компані» виготовляла сталеві кузова для легкових автомобілів, вперше застосовуючи точкове зварювання. Попередньо спеціалісти фірми виконали великий обсяг робіт з механічних випробувань точкових зварних з'єднань та рамних конструкцій кузовів в цілому



2 липня 1862 р. народився Вільям Генрі Брегг (помер 12.03.1942 р.) – британський фізик, основоположник рентгеноструктурного аналізу, лауреат Нобелівської премії з фізики 1915 р. Професор Аделаїдського (Австралія, з 1886 р.), Лідського (з 1909 р.) і Лондонського (з 1915 р.) університетів. Член (з 1906 р.) і президент (1935 – 1940 рр.) Лондонського королівського товариства. Відомий науковими працями зі структурного аналізу. Ряд його науково-популярних праць перекладено українською мовою («У світі атомів і молекул». Х., 1932; «Вступ до аналізу кристалів». М. – Л., 1930, та ін.)



4 липня 1981 р. в Баренцеве море на випробування вийшов найбільший в світі атомний підводний човен – важкий ракетний крейсер стратегічного призначення «Акула» (проект 941) довжиною 172,8 м і водотоннажністю 48 000 т. Подібний підводний човен в цей же час створювалася і в США. Згодом він отримала назву «Огайо». Міцний корпус було зварено з секцій (обичайок) циліндричної, конічної і еліптичної форми з товщиною стінок 75 мм. Така товщина зварних з'єднань вимагала створення потужних рентгенівських апаратів на основі бетатронів



4 липня 2012 р. у CERN (Європейській організації з ядерних досліджень) повідомили про відкриття на Великому адронному колайдері бозона Хіггса. CERN – міжнародний дослідницький центр європейської спільноти, найбільша у світі лабораторія фізики високих енергій. Ідея заснування CERN належить французькому фізику Луї де Бройлю, оприлюднена ним в 1949 р. на Європейській конференції в Лозанні. Він запропонував створити міжнародну організацію для здійснення наукових досліджень. Офіційним днем народження CERN вважають 29 вересня 1954 р., коли 12 країн-учасниць ратифікували угоду про її заснування. CERN має в своєму розпорядженні цілу низку прискорювачів заряджених частинок, найбільший з яких, Великий адронний колайдер, був запущений впродовж 2008 – 2010 рр.



10 липня 1856 р. народився Нікола Тесла (помер 7.01.1943 р.) – сербський та американський винахідник і фізик. Походив із сербської сім'ї, згодом став громадянином США. Працював в компаніях Едісона та Вестінгаузена, причому останній викупив у нього 40 патентів. Тесла найбільш відомий своїми винаходами у галузі електрики, магнетизму та електротехніки. Зокрема, він відкрив явище обертового магнітного поля, йому належать винаходи змінного струму, поліфазової системи та електродвигуна змінного струму, електрогенератора надвисокої частоти. Був ключовою фігурою при побудові першої гідроелектростанції на Ніагарському водоспаді. Одиниця вимірювання магнітної індукції в системі SI названа на честь дослідника



11 липня 1979 р. з орбіти зійшла, завершивши свою роботу, «Скайлеб» – перша і єдина національна американська орбітальна станція. Під час польоту були проведені експерименти з електронно-променевою зварювання для встановлення впливу невагомості на якість зварного з'єднання і мікроструктуру. На станції «Скайлеб» був обладнаний матеріальний переробний комплекс, який включав багатопільові електричні печі, камери і електронно-променеву гармату. Серед експериментів було дослідження обробки розплавленого металу; вивчення росту кристалів; обробки сплавів; пайки нержавіючої сталі. Отримані в результаті експериментів зразки стали об'єктом технічного діагностування та різного виду досліджень





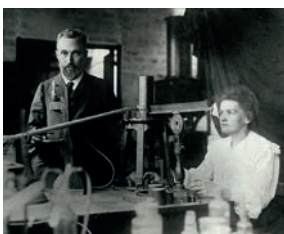
13 липня 2006 р. відбулось офіційне урочисте відкриття нафтопроводу Баку - Тбілісі - Джейхан для транспортування каспійської нафти до турецького порту Джейхан, розташованого на березі Середземного моря. Його довжина 1760 км, а пропускна спроможність 50 мільйонів тон нафти на рік. Такий трубопровід є складною технічною спорудою. При його будівництві використовувались найсучасніші засоби неруйнівного контролю, а надійність роботи підтримується постійним моніторингом його технічного стану



14 липня 1969 р. розпочав занурення під воду перший підводний апарат, призначений для дослідження середніх глибин (до 1000 м), мезоскаф «Огюст Пікар», сконструйований Жаком Пікаром в 1964 р. для швейцарської виставки. Названий на честь батька конструктора, видатного швейцарського вченого Огюста Пікара. Особлива увага приділялася міцності та герметичності зварних з'єднань, люків та ілюмінаторів. Були проведені численні перевірки та експертизи, перш ніж було дозволено використовувати апарат. Загальна кількість пасажирів-туристів, що занурювалися під воду в мезоскафі протягом кількох років, перевищила 33 000 чоловік



16 липня 1965 р. урочисто відкрився Монбланський автомобільний тунель, прокладений під горою Монблан між Шамоні-Мон-Блан (Франція) та Курмайором (Італія). Довжина тунелю – 11611 м, ширина – 8,6 м, висота – 4,35 м. Тунель складається з однієї галереї, рух здійснюється по одній смугі шириною 3,5 м в кожну сторону. Має профіль у вигляді несиметричної букви Л для полегшення зливу води. Висота portalу на французькій стороні 1274 м над рівнем моря біля підніжжя льодовика Bossons, на італійській – 1381 м біля підніжжя льодовика Brenva. При прокладанні тунелю використовувались засоби контролю зварних з'єднань арматури та контролю міцності бетону і гірських порід



18 липня 1898 р. П'єр і Марія Кюрі представили в Паризьку Академію доповідь про те що, окрім урану, існують і інші радіоактивні елементи. Згодом подружжя Кюрі оголосило про відкриття двох нових елементів, які були названі ними полонієм (на честь Польщі – батьківщини Марії) і радієм. Вони екстрагувати два нові елементи з уранової смоляної обманки. Щоб екстрагувати їх у вимірних кількостях, дослідникам необхідно було переробити величезні кількості руди. У 1903 р. за дослідження явищ радіації Марія і П'єр Кюрі разом Анрі Беккерелем, який першим відкрив це явище, отримали Нобелівську премію з фізики. Ці відкриття та наступні дослідження стали в основу гамма-дефектоскопії



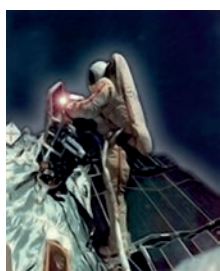
19 липня 1900 р. відбулося відкриття Паризького метрополітену. Відкриття було приурочено до початку Всесвітньої виставки 1900 р. Паризький метрополітен – один з найстаріших метрополітенів в Європі (третій після лондонського та будапештського). Неперевершені в той час можливості термітного зварювання були наочно продемонстровані під час прокладання рейкових шляхів Паризького метрополітену, а до його випробування були залучені провідні спеціалісти Європи



20 липня 1966 р. командир екіпажу Ніл Армстронг і пілот Едвін Олдрін американського космічного корабля «Аполлон-11» посадили місячний модуль на Місяць. Виконання цього проекту не могло бути досягнуто без застосування сучасних технологій зварювання та технічного контролю. Заслугує на увагу той факт, що двигуни ракети-носія «Сатурн-5» мали тисячі зварних швів, виконаних вручну. Розробники ракети предметом гордості вважали саме зварні роботи та роботи з технічних випробувань, називаючи їх «витвором мистецтва»

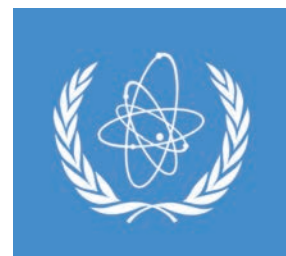


21 липня 2007 р. хмарочос висотою 829,8 м «Бурдж-Халіфа» в процесі будівництва став найвищою будовою в світі. Урочиста церемонія відкриття відбулася 4 січня 2010 р. в найбільшому місті Об'єднаних Арабських Еміратів – Дубаї. Зварювальні та випробувальні технології були особливо затребувані під час будівництва, починаючи від фундаменту і закінчуючи самою верхньою точкою колон, де все кріпилося або болтами, або електродуговим зварюванням. Хмарочос є одним із зварювальних рекордів і демонструє, яких розмірів можуть досягати споруди за допомогою зварювання. Шпиль «Бурдж-Халіфа» – це складна сталева конструкція з безліччю колон і зварних балок. Будівництво хмарочоса супроводжувала великий кількість дефектоскопістів



25 липня 1984 р. у відкритому космосі, за бортом орбітальної станції «Салют-7», були проведені експерименти з електронно-променевого зварювання за допомогою зварювального апарату УРІ (універсальний ручний інструмент). Цей апарат дозволяв здійснювати зварювання, різання, пайку металу, нанесення покриттів. Космонавти Володимир Джанібєков і Світлана Савицька вийшли у відкритий космос для зварювання в космосі. Протягом трьох з половиною годин космонавти провели весь комплекс запланованих робіт. Всі поставлені завдання експерименту були успішно виконані. В подальшому отримані зразки зварних та паяних з'єднань, наплавок та напилень були всебічно досліджені в лабораторіях ІЕЗ ім. Є.О. Патона і провідних металознавчих інститутах країни

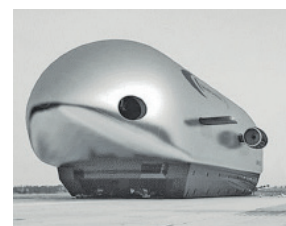
29 липня 1957 р. заснована Міжнародна агенція з атомної енергії (МАГАТЕ), провідна світова міжнародна організація з науково-технічної співпраці в області мирного використання ядерної технології. Станом на сьогодні до складу Агентства входять біля 170 країн-членів. МАГАТЕ входить до загальної системи міжнародних організацій ООН і встановлює стандарти ядерної безпеки і захисту довкілля, надає країнам-членам технічну допомогу, а також заохочує обмін науковою і технічною інформацією щодо ядерної енергії. Головна ціль цих програм – сприяти передачі навичок і знань для того, щоб країни могли здійснювати атомні програми ефективніше і безпечніше. Агентство пропонує радників й обладнання, навчає спеціалістів, координує роботи з технічного контролю на атомних електростанціях



2 серпня 1930 р. народився Сергій Іванович Кучук-Яценко (помер 22 березня 2021 р.) – вчений в галузі зварювання металів тиском, заступник директора з науки ІЕЗ ім. Є.О. Патона. Займався вивченням швидкоплинних процесів нагріву і руйнування контактів при високих концентраціях енергії. Фундаментальними дослідженнями вченого є розробки нових способів контактного зварювання постійним, імпульсним і пульсуючим оплавленням, запатентованими в провідних країнах світу. На їх основі С.І. Кучуком-Яценком з колективом співробітників розроблена технологія зварювання різних виробів, системи управління і нові зразки зварювального обладнання, що не мають аналогів у світовій практиці. Ці види контактного зварювання поставили нові завдання перед розробниками методів технічного контролю



4 серпня 2009 р. британський ентузіаст і інженер Алан Рой Хендлі вирішив повернутися до створення металевого дирижабля. Свій проект він назвав Varialift. Алан вирішив створити гібридну систему, здатну об'єднати в собі переваги літака, вертольота та дирижабля. Родзинка проекту – авторське рішення проблеми балансування і підйому повітряного судна. Цю ідею Хендлі запатентував в Європейському патентному бюро. Перший апарат серії Varialift - ARH-50 A Хендлі позиціонує як дирижабль для транспортування вантажів вагою 50-55 т. У 2011 р. був успішно протестований прототип довжиною 150 м. Оболонка апарату зварювалася з алюмінієвих листів, що утримує газ – гелій. Особлива увага приділяється герметичності оболонки



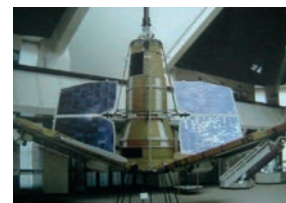
12 серпня 1908 р. зійшов з конвеєра перший екземпляр автомобіля «Ford Model T», також відомий як «Жерстяна Ліззі» – автомобіль, що випускався «Ford Motor Company» з 1908 по 1927 рр. Зазвичай, він розглядається як перший доступний автомобіль, що вироблявся мільйонами екземплярів, який «посадив Америку на колеса». Це стало можливим, у тому числі, завдяки нововведенням Форда, таким, як застосування складальної лінії замість індивідуальної ручної збірки, а також концепції виплати працівникам заробітної плати пропорційно вартості автомобіля. Всього було випущено 16 500 000 автомобілів «Ford Model T»



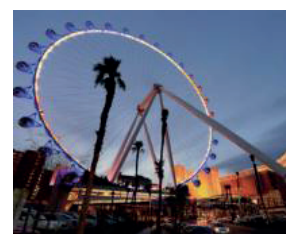
30 серпня 1871 р. народився Ернест Резерфорд (помер 19.10.1937 р.) – британський фізик, лауреат Нобелівської премії з хімії 1908 р. «за проведені ним дослідження в області розпаду елементів в хімії радіоактивних речовин». Резерфорд відомий, передусім, експериментами з розсіювання альфа-частинок (Резерфордівське розсіювання), завдяки якому він встановив структуру атома як системи, що складається із малого за розмірами позитивно зарядженого ядра й електронів. У 1898 р. Резерфорд відкрив альфа- і бета-промені, згодом вивчав гамма-промені, досліджував недавно відкрите явище радіоактивності урану і торію. Резерфорд відноситься до тієї групи вчених, чії роботи лежать в основі рентгенівської та гаммадефектоскопії

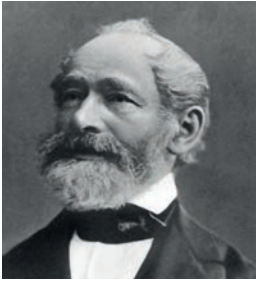


31 серпня 1995 р. запущений перший український космічний апарат Січ-1, вагою 1920 кг, призначений для спостереження поверхні Землі в інтересах господарської діяльності та проведення наукових експериментів з дослідження іоносфери та магнітосфери. Розробник: Державне конструкторське бюро «Південне» ім. М. К. Янгеля. Виробник: Державне підприємство «Виробниче об'єднання «Південний машинобудівний завод ім. О.М. Макарова». Супутник запущений за допомогою ракети-носія «Циклон-3» і працював до 2001 р. У створення супутника значний вклад внесли спеціалісти відділу неруйнівного контролю, яким в ті роки керував Віктор Тихий



9 вересня 2013 р. у США відкрито атракціон під назвою «Las Vegas High Roller», що має висоту 168 м. Колесо огляду є фантастичним втіленням досягнень машинобудування і дизайну, а також рекордсменом в світі за висотою. У новому атракціоні обладнано 28 кабінок діаметром шість метрів, в кожній з яких можуть розміститися по 40 чоловік. Зовнішній обід колеса був зварений з двох трубчастих сталевих балок дюймової товщини, потім вони були з'єднані в групи по чотири балки з утворенням секції обода. Опорні конструкції були спроектовані і побудовані таким же чином, щоб нести величезне навантаження колеса. Щороку всі зварні з'єднання металоконструкцій колеса огляду підлягають обстеженню та дефектоскопії





11 вересня 1816 р. народився Карл Фрідріх Цейс (помер 3.12.1888 р.) – всесвітньо відомий німецький інженер і виробник оптики, засновник фабрики оптичних систем «Цейс» в Єні (з 1846 р.). Цейс зробив істотний внесок у розвиток технології виготовлення лінз. Його досягнення в цій галузі використовуються й досі. Заснований ним у 1840 р. у Веймарі (Німеччина) завод згодом став одним із найвідоміших і найкрупніших виробників оптики. На фабриці в Єні Цейс розробив лінзи, які лягли в основу популярної оптики Zeiss. Спочатку продукція заводу використовувалася у виробництві мікроскопів, а після винаходу фотокамери компанія «Цейс» почала виробляти і знамениті високоякісні об'єктиви. Створені Цейсом об'єктиви мали дуже велику апертуру, що давало змогу отримувати якісніші зображення. К. Цейс, безумовно, є піонером оптичного контролю



12 – 15 вересня 1994 р. відбулася Перша Українська конференція «Неруйнівний контроль і технічна діагностика». Учасники конференції з провідних наукових та виробничих організацій України зібрались на базі відпочинку ДКБ «Південне» біля м. Дніпро на березі р. Самара. В програмі конференції було представлено 93 доповіді. Наступні, 2-га і 3-тя конференції в 1997 та 2000 рр. відбулись теж на р. Самара. Згодом національні конференції з неруйнівного контролю та технічної діагностики проводились в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона і Міжнародному виставковому центрі на Броварському проспекті в м. Києві



14 вересня 1939 р. у США уродженець Києва авіаконструктор Ігор Сікорський підняв у повітря свій перший вертоліт VS-300. Номер 300 зафіксував третій побудований Сікорським вертоліт, з урахуванням двох, побудованих у Києві. На початку 1941 р. діяльність компанії Сікорського оцінило керівництво ВПС США, і високі армійські чини підтримали розробку вертольота і виділили кошти на розробку проекту VS-316 (S-47), який отримав армійське позначення XR-4, і будівництво зразка. У жовтні 1943 р. VS-300 передали в музей Генрі Форда в Дірборні, штат Мічиган. Він міститься там донині, за винятком подорожі назад на завод Sikorsky Aircraft для відновлення у 1985 р.



15 вересня 1830 р. відкрилась перша в світі залізниця від Ліверпулю до Манчестера для перевезення сировини і готової продукції між морським портом в Ліверпулі і Манчестером, де була велика кількість фабрик. Довжина дороги склала 56 км. Тяга поїздів на дорозі з самого початку здійснювалася паровозами. Інженерне забезпечення дороги було передовим для того часу. Було побудовано 64 мостів і віадуків, а також тунель довжиною 2 км. Висота віадука над долиною Sankey Brook сягала 21,3 метра. Потяги курсували зі швидкістю 27 км/г. За перші три місяці експлуатації було перевезено 71950 пасажирів, 2630 т вугілля, 1432 т інших товарів. Успіх цієї дороги визначив початок «залізничної лихоманки» і в наступне десятиліття були побудовані тисячі кілометрів залізниць



20 вересня 1842 р. народився Джеймс Дьюар (помер 27.03.1923 р.) – шотландський фізик і хімік. Коло його наукових інтересів було дуже широке. Найбільш відоме ім'я Дьюара у зв'язку з його роботою над зріджуванням газів і дослідженнями температур, близьких до абсолютного нуля. Його інтерес до цієї галузі фізики та хімії припадає на початок 1870-х р. В Королівському інституті Дьюар вперше продемонстрував на публіці дослід зрідження кисню і повітря. В 1880-х р. в Королівському інституті були спроектовані і побудовані машини, які виготовляли рідкий кисень в промислових кількостях. Близько 1892 р. Дьюару прийшла ідея використання посудин з вакуумною оболонкою для зберігання рідких газів, що призвело до створення посудини Дьюара – його найбільш відомого винаходу. Посудина Дьюара входить до складу мас-спектрометричних течошукачів



22 вересня 1791 р. народився Майкл Фарадей (помер 25.08.1867 р.) – англійський фізик і хімік, основоположник вчення про електромагнітне поле, член Лондонського королівського товариства (1824 р.) і безлічі інших наукових організацій. Займаючись дослідженням зв'язку між електричними і магнітними явищами, Фарадей у 1831 р. відкриває явище електромагнітної індукції, вивів її основний закон, з'ясував залежність індукційного струму від магнітних властивостей середовища, дослідив явище самоіндукції та екстраструми замикання та розмикання, заклавши тим самим початок основ електротехніки. У 1845 р. Фарадей відкрив явище парамагнетизму та діамагнетизму, обертання площини поляризації світла в магнітному полі (ефект Фарадея). Це було перше спостереження зв'язку між магнітними й оптичними явищами. Фактично Фарадей є основоположником електромагнітних методів неруйнівного контролю



24 вересня 1975 р. на легендарному літаку «Ан-2» перевезений 250-мільйонний пасажир. «Ан-2» відноситься до літаків з коротким злетом і посадкою. Літак «Ан-2» по праву називають крилатими трудівниками. Він має ряд якостей, які і зробили його популярним – це простота, надійність, можливість експлуатації на невеликих злітно-посадкових полосах. З метою спрощення ремонту літака в польових умовах конструкція фюзеляжу виконувалася зі сталевих труб, з'єднаних між собою зварюванням, а обшивку зробили полотняною. «Ан-2» вироблявся не тільки в СРСР, а і в Польщі та КНР. Всього було побудовано більше 18 тис. машин. Він занесений до Книги рекордів Гіннеса, як єдиний в світі літак, який випускався серійно більше 60 років