



ЧИГЛЕЙЧИК
Сергій Леонідович —
провідний інженер
АТ «Івченко-Прогрес»

НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ СПІВРОБІТНИЦТВО АТ «ІВЧЕНКО-ПРОГРЕС» ТА УСТАНОВ НАН УКРАЇНИ З ПИТАНЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ. ДОСЯГНЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОЇ СПІВПРАЦІ

Шановні члени Президії!

Шановні присутні!

Деталі та вузли авіаційних двигунів у процесі експлуатації отримують значні пошкодження в результаті впливу зносу, корозії, ерозії, перевантаження, а також потрапляння сторонніх предметів до тракту двигуна. Більшість з них, особливо деталі з жароміцних нікелевих сплавів гарячого тракту, є дуже високовартісними і мають тривалий строк виготовлення. Їх заміна на нові потребує значних витрат. Використання відомих методів ремонту, заснованих на зварюванні та наплавленні методом аргонодугового зварювання, особливо в разі напрацювання понад 3 тис. годин, часто обмежене великими площами руйнування, деградацією металу в цій зоні або появою термовтомних тріщин, передусім на сплавах з високим вмістом γ' -фази (ЖС32-VI, ЖС26-VI, ЖС6К, ЖС6У-VI).

Розроблена в Інституті електрозварювання (ІЕЗ) ім. Є.О. Патона НАН України технологія плазмово-порошкового наплавлення із застосуванням стиснутої дуги з прецизійним регулюванням зварювального струму та механізацією подачі присадного матеріалу (порошку) дозволила фахівцям АТ «Івченко-Прогрес» здійснити відновлення пошкоджених у процесі експлуатації ділянок лопаток (бандажних полиць, лабіринтних гребінців, Z-подібних профілів, торців пера) із наведених вище марок жароміцних сплавів.

На сьогодні наше підприємство успішно використовує технологію плазмово-порошкового наплавлення при ремонті кон-

тактних і проточних поверхонь лопаток турбін, ущільнювальних дисків, а також прогарів бандажних полиць соплових лопаток і проставок авіаційних двигунів Д-18Т, Д-36, Д-27, АІ-222, АІ-25, АІ-450.

Наступним актуальним завданням, яке було успішно реалізовано АТ «Івченко-Прогрес» спільно з ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України, стало розроблення та застосування адитивних технологій, які ґрунтуються на методі плазмового наплавлення, при виготовленні деталей з жароміцних нікелевих сплавів, що входять до соплових апаратів, жарових труб та камер згорання авіаційних двигунів. Під час виконання робіт встановлено, що механічні властивості вирощених заготовок не поступаються властивостям заготовок, отриманих методами лиття та кування. Визначено також сферу найбільш ефективного їх застосування — це циліндричні та конусні заготовки деталей (діаметром від 150 до 1500 мм), що входять до соплових апаратів, жарових труб, камер згорання (нікелеві сплави).

У результаті спільних робіт АТ «Івченко-Прогрес», ЗМКБ «Прогрес» та ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України було розроблено технологію і присадковий матеріал для реакційно-дифузійного з'єднання (РДЗ) соплових лопаток із матеріалу ЖС6У-ВІ в сектор. В умовах виробництва ЗМКБ «Прогрес» за цією технологією створено комплект дволопаткових секторів СА ТВТ виробу Д-18Т серії 3М, в якому лопатки з'єднано методом РДЗ. На відміну від технології пічного паяння припоєм ВПр-24, яку зазвичай використовують для з'єднання соплових лопаток із матеріалу ЖС6У-ВІ в сектор, розроблена технологія дозволяє підвищити тривалу міцність з'єднання за робочої температури 975 °С більш як удвічі (9 і 18,4 кгс/мм² відповідно).

Шви, отримані способом РДЗ, мають структуру і хімічний склад, близькі до основного матеріалу — сплаву ЖС6У-ВІ. Завдяки цьому досягається висока тривала міцність з'єднання (понад 80 % міцності основного матеріалу). Мікроструктура шва РДЗ не має чіткої межі з основним матеріалом, тобто відбувається взаємна дифузія присадкового і основного матері-

алів, у результаті чого можна отримати майже монолітне з'єднання.

На основі рекомендацій ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України наші фахівці успішно відпрацювали на макеті (диск + кільце) технологію реакційно-дифузійного з'єднання біметалевого колеса турбіни компресора в умовах виробництва ЗМКБ «Прогрес». Отримані на зразках значення жароміцності біметалевого РДЗ задовольняють умовам технічного завдання. На сьогодні підприємство вже виготовляє вхідні деталі для першого біметалевого колеса турбіни компресора авіаційного двигуна АІ-35, з'єднані способом РДЗ.

Крім того, результати досліджень підтвердили можливість виконання бездефектного біметалевого з'єднання з рівнем механічних властивостей, вказаним у ТЗ. Визначено механічні властивості таких зварних з'єднань.

У 2024 р. фахівці АТ «Івченко-Прогрес» спільно з науковцями ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України розпочали науково-дослідні роботи з отримання дрібнодисперсних сферичних порошків із жароміцних сплавів для адитивного виробництва плазмово-дуговим розпиленням дротових та пруткових матеріалів з накладанням ультразвукових коливань. Актуальність цих робіт зумовлена гострою потребою в розширенні сфери використання адитивних технологій, або технологій 3D-друку, в галузях, пов'язаних із виробництвом та ремонтом спецтехніки та озброєнь, газових турбін, елементів ракет, авіаційного транспорту, в тому числі й безпілотних літальних апаратів. Найбільш поширені на сьогодні технології 3D-друку для формування адитивних шарів використовують як витратний матеріал спеціалізовані сферичні порошки, до яких висувають суворі вимоги, а саме: ці порошки повинні мати високий ступінь сферичності за відсутності сателітів та інших дефектів, мінімальну пористість і стабільний хімічний та фазовий склад. Отримані газовим розпиленням розплаву порошки відрізняються відносно низьким коефіцієнтом сферичності, наявністю великої кількості сателітів, пористістю, а їх гранулометричний склад лежить у широкому діапазоні і лише невелика

частина перебуває в інтервалі, придатному для використання в технологіях 3D-друку.

У цьому аспекті відкриваються перспективи отримання сферичних порошків за допомогою технологій, у яких як вихідні матеріали використовують дроти або прутки, а процеси нагрівання, розплавлення і диспергації розплаву здійснюються плазовими струменями без застосування відцентрових сил та високообертового обладнання зі складною кінематичною схемою. Накладання ультразвукових коливань на розпилюваний матеріал приводить до істотного зменшення розмірів рідкого прошарку та збільшення частоти його зриву, що у свою чергу дозволяє значно підвищити кількість дрібнодисперсної фракції порошку. Такі технології вирізняються гнучкістю, і їх можна використовувати для отримання порошків із широкого класу матеріалів, що або випускаються промисловістю (дроти, прутки), або можуть бути отримані у вигляді зливків ливарними методами.

Наразі в ініціативному порядку в АТ «Івченко-Прогрес» разом з ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України тривають експериментальні роботи з розроблення технології виробництва

методом адитивного плазово-дугового друку авіаційних виробів із порошку ВЖЛ12Е-ВІ (ВЖЛ12У-ВІ).

Перспективним інноваційним процесом отримання виробів авіаційного призначення є адитивна технологія електронно-променевого сплавлення. У цьому процесі виріб друкується пошарово розплавленням порошку електронним променем, який формується електронно-променевою гарматою. Проведені в АТ «Івченко-Прогрес» роботи з використання цієї технології для виготовлення авіаційних виробів показали її високу ефективність: отримано підвищення пластичності в комбінації з великою міцністю. Використання такої технології забезпечить принципово новий підхід до одержання найбільш навантажених деталей авіаційних двигунів, таких як робоче колесо турбіни.

На завершення свого виступу хочу подякувати фахівцям НАН України за плідну співпрацю. Сподіваюся на її продовження і подальше зміцнення зв'язків між АТ «Івченко-Прогрес» та установами Академії для посилення обороноздатності нашої країни. Працюємо разом на Перемогу!

Дякую за увагу!

Sergii L. Chygileichyk

*Zaporizhzhia Machine-Building Design Bureau Progress, Joint Stock Company
named after Academician O.H. Ivchenko (Ivchenko-Progress, JSC), Zaporizhzhia, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2372-9078>*

SCIENTIFIC AND TECHNICAL COOPERATION BETWEEN IVCHENKO-PROGRESS
AND THE INSTITUTIONS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE
ON OPTIMIZATION OF AIRCRAFT ENGINE PARTS MANUFACTURING. ACHIEVEMENTS
AND PROSPECTS FOR FURTHER COOPERATION

Speech at the session of the General Meeting of the National Academy of Sciences of Ukraine, April 30, 2025

Cite this article: Chygileichyk S.L. Scientific and technical cooperation between Ivchenko-Progress and the institutions of the National Academy of Sciences of Ukraine on optimization of aircraft engine parts manufacturing. Achievements and prospects for further cooperation (speech at the session of the General Meeting of the National Academy of Sciences of Ukraine, April 30, 2025). *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2025. (6): 53—55. <https://doi.org/10.15407/visn2025.06.053>