



Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju realizowany w ramach konkursu „Ścieżka dla Mazowsza” pt.:

Opracowanie i wdrożenie kompletnej linii technologicznej przyrostowego odtwarzania, regeneracji oraz udoskonalania części instalacji wytwórczych dla przedsiębiorstw branży naftowej i chemicznej – w celu redukcji czasu i kosztów ich pozyskania

Cel projektu

Celem projektu jest opracowanie i wdrożenie technologii przyrostowego odtwarzania i regeneracji zużytych części maszyn i urządzeń, których pozyskanie w tradycyjnych technikach wytwarzania oznacza wysoki koszt oraz długi czas oczekiwania przez konieczność stworzenia oprzyrządowania do wykonywania odlewów. Techniki przyrostowe – druk przestrzenny z wykorzystaniem proszków metalowych: SLM (selektywne spiekanie w ramach wykładanych warstw proszku) lub LDT (spiek proszku w miejscu jego podawania dyszami), pozwalają w czasie kilku dni odtworzyć część, poddać ją obróbce cieplnej lub termiczno-ciśnieniowej (HIP), a następnie dokonać wykańczającej obróbki powierzchniowej.

Opracowanie i wdrożenie kompletnej technologii staje się możliwe dzięki postępowi w konstrukcji urządzeń do druku 3D oraz pracom badawczo-rozwojowym nad technikami obróbki postprocesowej, w których mają udział członkowie Konsorcjum. Odtwarzane części mogą, dzięki rozwojowi technik druku i obróbki, odtworzyć pełną funkcjonalność oryginałów, a także ich walory użytkowe. Członkowie Konsorcjum rozpoczęli prace badawczo-rozwojowe w tej dziedzinie w 2018 r., traktując je jako rozwinięcie doskonalonej wspólnie technologii wytwarzania w druku 3D narzędzi wtryskowych z chłodzeniem konformalnym. Stały się one podstawą pierwszego wspólnego przedsięwzięcia z Orlen Serwis S.A. – w pełni funkcjonalnego prototypu wirnika pompy używanej w instalacji wytwórczej Koncernu. Wydrukowany wirnik zdał pomyślnie próby w instalacji, co stało się impulsem do inwentaryzacji okazji zastosowania technologii będącej przedmiotem wniosku w instalacjach Grupy Kapitałowej PKN Orlen. Wdrożenie technologii przez Konsorcjum pozwoli oferować usługi odtwarzania, regeneracji i przeprojektowywania części dla szerszej grupy odbiorców – szczególnie w przemysłach eksploatujących na przestrzeni wielu lat skomplikowane, unikalne instalacje wytwórcze, których ewentualny przestój grozi dużymi stratami produkcyjnymi.

Planowane efekty

Punktem startowym Konsorcjum, w szczególności RCIT, było zdefiniowanie obszarów wytwarzania konkretnych produktów przy wykorzystaniu technik przyrostowych, w które został wyposażony. Proponowany projekt jest kolejnym obszarem, po implantach medyczno-weterynaryjnych oraz narzędziach wtryskowych z chłodzeniem konformalnym, który jest przedmiotem zainteresowania. Z dotychczasowych doświadczeń należy stwierdzić, że każdy projekt jest platformą umożliwiającą poszukiwanie kolejnych zastosowań. Wyzwania badawczej technologicznej są podstawą do kolejnych inicjatyw produktowych. Tak np. zdarzyło się w sytuacji dwóch pierwszych wymienionych i realizowanych projektów. Doświadczenie zdobyte w projektowaniu struktur przestrzennych wypełniających implanty i narzędzia posłużyło do zapoczątkowania nowego projektu w sferze obronności.

Każdy projekt jest także wzbogacaniem wiedzy i wzmacnianiem umiejętności w zakresie projektowania nowych rozwiązań. Możliwość projektowania lżejszych konstrukcji z wykorzystaniem nowoczesnego oprogramowania (*Generative design*) da możliwość wykonywania technikami przyrostowymi elementów o takich samych własnościach mechanicznych co część stworzona tradycyjnie. Nabyte kompetencje pomogą ewoluować zespołowi projektowemu w realizacji dalszych projektów z różnych gałęzi przemysłu. Nowe projekty pozwalają także na unowocześnianie bazy badawczo-wytwórczej Konsorcjantów. Druk 3D w zasadzie nie posiada urządzeń pracujących w skali laboratoryjnej. Jako laboratorium wykorzystywane są urządzenia pierwszych generacji, o stosunkowo szerokiej skali zastosowania. Kolejne generacje urządzeń do druku przestrzennego są coraz bardziej specjalizowane, co czyni je efektywnymi w sensie wytwórczym, ale mniej przydatnymi do rozszerzania skali zastosowania. Posiadanie kolejnych generacji urządzeń jest jednak niezbędne nie

tylko do osiągnięcia właściwej skali wytwarzania i opłacalności (są one zazwyczaj bardziej wydajne i tańsze w eksploatacji), ale także służą do eksploracji węższych obszarów zastosowań, przynosząc znacznie ulepszone możliwości wytwarzania (wyższą rozdzielczość, zastosowanie nowych materiałów, zastosowanie nowych technik druku).

Wartość projektu: 13 124 010,20 PLN

Wartość dofinansowania: 7 887 679,21 PLN

Okres realizacji: styczeń 2020 r. – grudzień 2022 r.

Kierownik B+R: mgr Jarosław Szewczyk

Kierownik B+R (Ł-IOd): inż. Stanisław Pysz

Projekt realizowany jest przez Konsorcjum, w skład którego wchodzi:
Radomskie Centrum Innowacji i Technologii Sp. z o.o. (Lider)
i Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Odlewnictwa (Konsorcjant).



Radomskie Centrum
Innowacji i Technologii



Krótki opis projektu

Technologie przyrostowe w zakresie druku z proszków metalowych od kilku lat opuszczają fazę eksperymentalną. Nie osiągają jeszcze statusu techniki przełomowej w skali całej gospodarki, jednakże znajdują opłacalne nisze, w których są w stanie dowieść swojej wyższości nad dotychczasowymi technikami wytwarzania. Jedną z tych nisz jest bezpośrednie wytwarzanie narzędzi i części maszyn z pominięciem tradycyjnych technik formowania, takich jak odlewanie lub obróbka z bloku metalu. Korzyści z zastosowania technik przyrostowych w miejsce tradycyjnych metod obróbczych to: oszczędność czasu i kosztów (nie ma potrzeby wytwarzania narzędzi odlewniczych), oszczędność materiału (przy zastąpieniu metod ubytkowych obróbki), zalety związane z jakością uzyskiwanych struktur oraz możliwości uwolnienia wyobraźni konstruktora pozwalające na projektowanie efektywniejszych konstrukcji w porównaniu z dostępnymi przy zastosowaniu tradycyjnych technik obróbczych. RCIT samodzielnie, a także w porozumieniu z Orlenem (przy współpracy z Siecią Badawczą Łukasiewicz – Instytutem Odlewnictwa) dokonał przy posiadanym majątku wytwórczym oraz w ramach zbudowanych kompetencji wytwórczych i projektowych wielu prototypowań i znajduje się w fazie wczesnej sprzedaży licznych rozwiązań z określonego obszaru. Są wśród nich na nowo zaprojektowane, z wbudowanymi, innowacyjnymi rozwiązaniami chłodzenia konformalnego, narzędzia do wtrysku mas plastycznych i formowania metali lekkich, odtworzone beznarzędziowo unikalne części maszyn i urządzeń, także elementy regenerowane lub utwardzane powierzchniowo w celu podniesienia ich walorów użytkowych. W trakcie tych prób opracowano i przetestowano wiele procesów pre- i post-wytwórczych, charakterystycznych dla zajmującej centralne miejsce w technologii techniki druku 3D przy wykorzystaniu proszków metalowych w obu najpopularniejszych wydaniach: SLM (selektywnego spiekania proszku wykładanego warstwami) i LDT (spiekania proszku podawanego bezpośrednio dyszami w miejsce spieku).

Uzyskane dotychczas rezultaty predysponują Konsorcjantów do stwierdzenia, że posiadają zasób wiedzy i umiejętności do wykroczenia poza dokonane prace badawczo-rozwojowe i opracowania oraz wdrożenia kompletnej linii technologicznej. Będzie ona zaspokajała potrzeby klientów zewnętrznych w zakresie beznarzędziowego i udoskonalonego wytwarzania części maszyn i urządzeń w tych obszarach, gdzie korzyści wnoszą się ponad koszty nowej technologii. Konieczność wyjścia z fazy laboratoryjnej i eksperymentalnej jest podyktowana kilkoma powodami. Po pierwsze producenci przemysłowych drukarek 3D są obecnie w stanie dostarczać udoskonalone wersje swoich urządzeń, w których nacisk położono na specjalizację i wydajność w miejsce dotychczasowych dążeń do uniwersalizacji zastosowań. Ma to istotne przełożenie na rachunek kosztów wytwarzania w sytuacji, gdy prędkość druku nowych urządzeń kilkakrotnie przekracza dokonania starszych rozwiązań. Po drugie – w ostatnim czasie nastąpił gwałtowny rozwój technik pre- i post-procesowych druku, w który wkład mieli również Konsorcjanci. Obecny stan tych technik pozwala na opracowanie kompletnego ciągu technologicznego z gwarancją uzyskiwania oczekiwanych rezultatów w zakresie atrybutów technicznych i jakościowych produktów. Po trzecie – w większości przypadków nowe urządzenia drukujące mają charakter otwarty, co składa na

barki użytkownika samodzielny wybór zarówno materiałów, jak i parametrów ich spiekania. To korzyść umożliwiająca dalszy rozwój technologii i ochronę know-how, ale jednocześnie obowiązek posiadania przez wytwórcę kompetencji technologicznych znacznie przekraczających rutynowe użytkowanie urządzenia. W ostatnich latach RCIT wzbogacił się o doświadczenia z licznych wykonanych aplikacji przemysłowych. Wyzwania związane z projektem należy podzielić na cztery grupy. Pierwsza to dobór technik pre-procesowych w zakresie projektowania i nadawania im cech do tej pory nieosiągalnych w obróbce tradycyjnej (rozwiązania z zakresu *generative design* oraz CAE). Druga to wybór techniki druku w celu uzyskania optymalnej kombinacji efektywności wytwarzania oraz jakości uzyskiwanych spieków. W tej grupie mieszczą się także zagadnienia związane z doбором gamy materiałów wytwórczych oraz opracowaniem najlepszych parametrów spieku dla nich. Trzecia grupa to opracowanie dla nowej techniki spieku optymalnych parametrów obróbki post-procesowej (obróbka cieplna i termiczno-ciśnieniowa – HIP), także powierzchniowej przy wykorzystaniu najnowszych opracowań w tym zakresie (metoda Hinterbergera). Czwarta grupa to skalowanie procesu wytwarzania, gdzie Konsorcjum ma zamiar wykorzystać potrzeby jednego z klientów (Orlen), a także możliwości wytwarzania produktów zbliżonych dla innych klientów zewnętrznych, które od ponad roku rozwijane są w RCIT. Nowe wyzwania wymagają całkowicie nowego podejścia do projektowania, wyboru materiału i prognozowania właściwości, a w następnej kolejności jego cyklu życia. Głębsze zrozumienie i zaawansowane możliwości testowania i modelowania, zachowania materiałów i elementów konstrukcyjnych, zwłaszcza ich mikrostruktury, powstawania naprężeń szczątkowych i uszkodzenia są niezbędne do zintegrowanego podejścia. W tym celu zostanie wykorzystane zintegrowany proces modelowania (ICME – *Integrated Computational Materials Engineering*).

W wyniku realizacji projektu, który jest innowacją procesową, zostanie wdrożony w RCIT w Radomiu (woj. mazowieckie) proces szybkiego wykonywania metalowych elementów konstrukcyjnych o unikalnych właściwościach charakteryzujących się:

- jednostkową i unikalną konstrukcją, często bardzo z rozbudowaną geometrią (wirniki), nieposiadającą pełną dokumentację;
- wysokimi parametrami eksploatacyjnymi, w tym np.:
 - podwyższoną odpornością np. na ścieranie;
 - odpornością na agresywne środowisko;
 - pracy w podwyższonej temperaturze (narzędzia lub matryce do pracy gorąco),
- odpowiedzialne jednostkowe elementy konstrukcyjne jako części zamienne pojazdów wojskowych lub maszyn górniczych;
- elementy konstrukcyjne odpowiedzialnych elementów poddawanych zmiennym naprężeniom eksploatacyjnych.

Inżynieria odwrotna, wykorzystując nowoczesne narzędzia badawcze, w tym tomografię komputerową, skanowanie optyczne, mikroskopy elektronowe, pozwala na dokładne ustalenie właściwości konstrukcji. Obliczenia numeryczne (symulacja) pozwoli na wyznaczenie i określenie parametrów eksploatacyjnych. Ma to wszystko istotne znaczenie, gdyż projekt zakłada nie tylko odtworzenie (czyli wykonanie takiej jak do tej pory konstrukcji), ale również wprowadzenie zmian, dla zmniejszenia awaryjności, ale zwiększenia żywotności w niekorzystnym środowisku pracy. Ze względu na złożoność problemu wynikającą z różnorodności możliwych konstrukcji i ich przeznaczenia, w projekcie skupimy się nad wytwarzaniem konstrukcji dla przemysłu petrochemicznego – rafinerii. Jest on bardzo wrażliwy, nawet na chwilowe przestoje. Głównymi elementami w przesyłaniu ropy podczas całego cyklu przetwarzania są pompy, a w szczególności jej główny element – wirnik. Zbadanie i opracowanie procesu wykonywania pomp i wirników, w którym to procesie zostaną sparametryzowane procedury szybkiego, ekonomicznego, funkcjonalnego (spełniającego założone parametry wstępne i ich zwiększające) ich wykonania, będzie podstawą do wdrożenia w RCIT innowacyjnego procesu i uruchomienia linii produkcyjnej.

Linia technologiczna będzie miała możliwość dalszego rozwoju i udoskonalania wraz z postępem wiedzy w zakresie jej wykorzystania i rosnącą skalą wytwarzania. Z racji przemysłowego, a nie laboratoryjnego charakteru, zostanie objęta procesami zapewnienia jakości charakterystycznymi dla tradycyjnych technik wytwarzania. Należy nadmienić, że RCIT posiada już doświadczenia w tym zakresie, podejmując się certyfikacji wytwarzania przyrostowego dla produktów medycznych według standardu ISO 13485.