

## POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

Wiele procesów wytwarzania zarówno tradycyjnych, jak i nowoczesnych opierają się na przemianach stanu skupienia materii. Najczęściej obróbka jest prowadzona w stanie stałym lub ciekłym. Pewna grupa technologii wykorzystuje stan ciekły (lub półciekły) do kształtowania wyrobów lub półwyrobów. W nich przewidziana jest kontrolowana przemiana stanu skupienia nazywana krzepnięciem. Inny, odwrotny proces, nazywany topnieniem jest stosowany jako wstępny przy kształtowaniu wyrobów lub w procesach uzyskiwania czystych metali, stopów lub innych materiałów o wysokiej jednorodności. Do innej grupy technologii bardzo szybko rozwijających się w ostatnich latach zaliczane są technologie wytwarzania przyrostowego. Pewne technologie wytwarzania przyrostowego pozwalają uzyskać wyroby o kształcie i właściwościach niemożliwym do otrzymania tradycyjnymi technologiami ubytkowymi lub kształtującymi. Część z tych technologii szeroko wykorzystuje materiały w różnym stanie skupienia. Są to, na przykład technologie SLS/SLM (Selective Laser Sintering/Melting – selektywne laserowe spiekanie lub topnienie) Laser Cladding i inne. Również tradycyjne technologie spawania, spiekania lub metalurgii proszków można zaliczyć do technologii o podwójnej przemianie stanu skupienia: topnienie-krzepnięcie.

**Celem naukowym projektu** jest opracowanie platformy obliczeniowej do trójwymiarowego modelowania i symulacji procesów technologii wytwarzania przyrostowego opartych na podwójnej przemianie stanu skupienia topnienie-krzepnięcie. Platforma będzie utworzona w oparciu o metody homogeniczne z wykorzystaniem szybkich równoległych obliczeń na kartach graficznych (GPU).

W projekcie, technologia selektywnego laserowego spiekania/topnienia SLS/SLM została wybrana jako bazowa do opracowania takiego modelu. W technologii SLS/SLM mogą być określone cztery podstawowe procesy zachodzące sekwencyjnie lub jednocześnie: zasypywanie proszku, nagrzewanie wiązką laserową i topnienie materiału sproszkowanego, swobodny przepływ roztopionego materiału oraz krzepnięcie. Dla każdego z tych czterech procesów należy opracować odpowiedni model.

Jednym z bardzo ważnych obszarów zastosowania metody SLS/SLM jest biotechnologia, a w szczególności wytwarzanie implantów ludzkich. Do wytworzenia gotowego wyrobu lub jego części może być wykorzystany praktycznie dowolny sproszkowany materiał: metale (stopy), ceramika, polimery, bioszklę lub materiały kompozytowe. Wytwarzanie elementów (w tym implantów) łączących materiały o różnych własnościach mechanicznych i termicznych odbywa się w kilku etapach. Najpierw jest wytwarzana część z materiału o wyższej temperaturze topnienia, potem o niższej. Często jednak skomplikowany kształt i wymagane charakterystyki (na przykład porowatość) dwu- lub trójskładnikowych wyrobów nie mogą być uzyskane w kilku etapach i jedyną możliwością jest produkowanie ich w jednym stadium wytwarzania. Opracowanie takiego procesu jest niewątpliwym wyzwaniem zarówno technologicznym, jak i naukowo-teoretycznym. Jednym z etapów, pozwalających opracować taką technologię SLS/SLM, są badania teoretyczne w oparciu o modelowanie procesu wytwarzania.

Obecnie dla dużych modeli stosowano podejście wieloskalowe, które polega na połączeniu kilku metod działających na różnych zasadach i(lub) w różnych skalach. Istnieje wiele wariantów do stworzenia wieloskalowego holistycznego modelu, z których większość stosuje istotnie różnorodne metody, które potrzebują dość skomplikowanego interfejsu między poszczególnymi składowymi i tym samym prawie eliminują możliwość pełnego obliczenia w ramach jednego modelu bez przerzucania danych i bez niezależnego uruchomienia poszczególnych modułów. W wyniku powstają trudności i ograniczenia do opracowania dużych różnorodnych holistycznych modeli i powstaje pytanie możliwości zrealizowania takich przedsięwzięć.

Natomiast zrealizowanie holistycznego modelu w całości opartego o jedną lub dwie jednorodne metody, które nie potrzebują skomplikowanego interfejsu, pozwoli modelować bardzo złożone procesy i zjawiska oraz cały proces wytwarzania. Metodami, które spełniają ten warunek, są automaty komórkowe w połączeniu z metodą kratowego równania Boltzmanna (LBM – Lattice Boltzmann Method). Poprzednie badania autorów projektu udowodniły możliwość stworzenia takiego holistycznego modelu.

Podstawową metodą badań teoretycznych będzie modelowanie komputerowe zarówno poszczególnych procesów i zjawisk zachodzących podczas wytwarzania przyrostowego, jak i samego procesu wytwarzania. Weryfikacja jakościowa i ilościowa będzie prowadzona na określonych procesach testowych z zastosowaniem współczesnych metod pomiarowych.

Wynikiem projektu będzie oprogramowanie wspomagające opracowanie i optymalizację technologii wytwarzania przyrostowego. Obecnie na świecie nie istnieje takie oprogramowanie lub jest zupełnie niedostępne. Opracowany software będzie również przydatny do modelowania innych złożonych procesów obejmujących topnienie, krzepnięcie, wymianę ciepła, płynięcie cieczy (lub gazu).

Autorzy projektu mają duże doświadczenie w opracowaniu i zastosowaniu CA. Kierownik projektu opracował algorytm FCA. W projekcie będą również uczestniczyli specjaliści od LBM. Przewidywana jest także nieformalna współpraca z ośrodkami naukowymi w Wielkiej Brytanii, Czechach i Ukrainie.