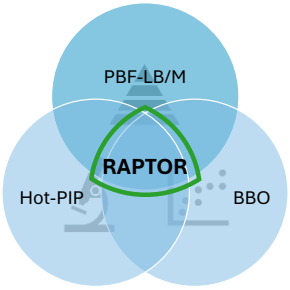
RAPTOR – Rozwój wytrzymałych mAteriałów wysokotemperaturowych poprzez ProbabilisTyczną Optymalizację dla wytwaRzania przyrostowego

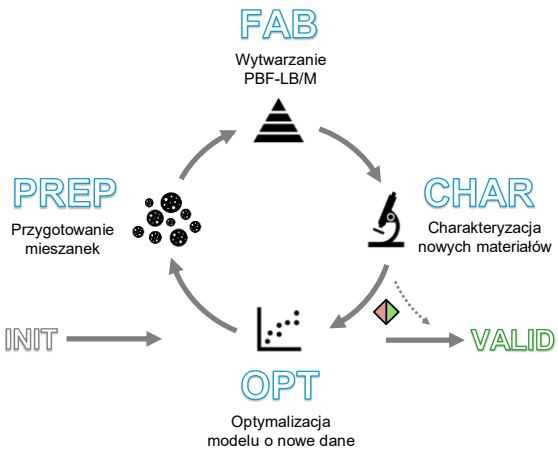


Projekt "RAPTOR – Rozwój wytrzymałych materiałów wysokotemperaturowych poprzez probabilistyczną optymalizację dla wytwarzania przyrostowego" ma na celu opracowanie strategii projektowania materiałów opartą na danych, która posłuży do odkrywania nowych materiałów wysokotemperaturowych. Projekt koncentruje się na optymalizacji materiałów do wytwarzania przyrostowego (AM) przy użyciu technik takich jak optymalizacja czarnoskrzynkowa (ang. black-box optimizataion, BBO) plastometria wgłębna oparta na profilometrii w wysokich temperaturach (ang. profilometry-based indentation plastometry in high-temperatures, Hot-PIP). Projekt wykorzystuje metodę wytwarzania przyrostowego – selektywne topienie laserowe (ang. laser-based powder bed fusion of metals, PBF-LB/M) do tworzenia i poszukiwania nowych materiałów, które lepiej sprawdzą się w wysokich temperaturach.

Metoda PBF-LB/M jest skuteczna w tworzeniu skomplikowanych struktur z trudnych do obróbki materiałów, takich jak nadstopy niklu, oraz umożliwia tworzenie nowych stopów poprzez bezpośrednie topienie i modyfikację mieszanek proszków. Jednocześnie, tradycyjne metody projektowania eksperymentów są kosztowne i nieefektywne, ponieważ wymagają licznych eksperymentów. RAPTOR ma na celu zredukowanie niepotrzebnych eksperymentów poprzez połączenie modeli probabilistycznych z iteracyjnymi eksperymentami PBF-LB/M. Dane z tych eksperymentów będą wykorzystywane do trenowania modeli uczenia maszynowego przy użyciu metod BBO, takich jak optymalizacja Bayesowska (BO), które dobrze sprawdzają się przy ograniczonych zestawach danych. Celem jest znalezienie najlepszych mieszanek proszków do PBF-LB/M poprzez równoważnie uzyskiwanych właściwości takich jak wytrzymałość na rozciąganie, wydłużenie, twardość i porowatość.

Wybór odpowiedniego modelu uczenia maszynowego i danych treningowych jest kluczowy. Aby przyspieszyć testowanie i zwiększyć liczbę eksperymentów, RAPTOR używa Hot-PIP zamiast standardowych testów rozciągania. Hot-PIP dobrze koreluje ze standardowymi testami rozciągania i wymaga mniejszych próbek. Projekt planuje również zbierać dodatkowe dane dotyczące właściwości takich jak porowatość i twardość, aby poprawić jakość modelu BBO w przewidywaniu właściwości materiału.

Celem projektu RAPTOR jest zatem znalezienie frontu Pareto, czyli grupy materiałów reprezentującej optymalne składy mieszanek proszków. Na przykład, skład proszku jest wejściem (np. procent masowy stopu bazowego i dodatków), a wynikające właściwości są wyjściem (np. wytrzymałość na rozciąganie, wydłużenie, twardość i porowatość). Front Pareto pokazuje najlepsze mieszanki proszków, które równoważą różne właściwości materiałowe.



Pętla eksperymentalna RAPTOR obejmuje następujące kroki:

- INIT – Wstępna konfiguracja eksperymentu, określenie początkowych mieszanek proszków i wyników badań wejściowych.
- PREP – Przygotowanie mieszanek proszków, mieszanie proszku nadstopu z dodatkami.
- FAB – Wytwarzanie przyrostowe PBF-LB/M i opcjonalna obróbka końcowa, wytwarzanie próbek.
- CHAR – Testowanie próbek, w tym Hot-PIP, pomiary twardości i porowatości.
- OPT – Aktualizacja modelu BBO nowymi danymi w celu udoskonalenia przewidywań na kolejną iterację, sprawdzenie kryterium zatrzymania i powrót do kroku PREP lub zakończenie pętli.
- VALID – Jeśli pętla jest zakończona, wyniki są walidowane – front Pareto został znaleziony.

Chociaż RAPTOR koncentruje się na nadstopach niklowych i metodzie PBF-LB/M, wyniki projektu mogą przynieść korzyści w innych obszarach badań materiałowych oraz w różnych zastosowaniach inżynieryjnych.