Celem naukowym projektu są badania podstawowe dotyczące zachowania materiałów metastabilnych wytwarzanych metodami addytywnymi i odkształcanych w temperaturach kriogenicznych (ciekły azot 77K i ciekły hel 4,2K). Opracowany zostanie konstytutywny model transformacji fazowej fcc-bcc wywołanej odkształceniem plastycznym, obejmujący nową kinetykę, w tym zarodkowanie, wzrost i koalescencję fazy wtórnej. Ponadto model konstytutywny będzie opisywał materiał wielofazowy, składający się z osnowy austenitycznej i elipsoidalnych wtrąceń typu Eshelby'ego, odpowiadających obu wariantom martenzytu: ε i α′. Ponadto, na podstawie własnych danych eksperymentalnych, do modelu konstytutywnego wprowadzony zostanie tensor przemiany fazowej, uwzględniający zarówno składową objętościową, jak i postaciową. Na koniec zbadany zostanie wpływ obróbki cieplnej na właściwości mechaniczne oraz zjawiska zachodzące w ekstremalnie niskich temperaturach. Wśród zjawisk analizowane będą przerywane płynięcie plastyczne, bezdyfuzyjna przemiana martenzytyczna oraz rozwój mikrouszkodzeń w materiałach metastabilnych wytwarzanych metodami addytywnymi.

Wśród typowych materiałów stosowanych w temperaturach kriogenicznych (m.in. w temperaturach bliskich absolutnego zera) stosowane są z dużą popularnością stale austenityczne z grupy TRIP z uwagi na ich dobre właściwości fizyczne i mechaniczne. Technologie addytywne AM, czyli wytwarzania przyrostowego w ramach druku 3D umożliwiają produkcję gotowych elementów o skomplikowanej geometrii z austenitycznych stali nierdzewnych takich jak 304L oraz 316L. Reprezentantem technologii przyrostowych jest metoda selektywnego spiekania laserowego (SLM) rozpowszechniona w działach badawczo rozwojowych przedsiębiorstw oraz ośrodków naukowych. Proces selektywnego spiekania laserowego jest procesem aktywowanym cieplnie. Przetopienie materiału uzyskuje się poprzez nagrzanie go za pomocą wiązki lasera dużej mocy, po czym następuje szybkie wychodzenie na skutek przewodzenia ciepła. Prowadzi to do powstania wysokiego gradientu temperaturowego pomiędzy przetapianym materiałem a jego otoczeniem co wywołuje odkształcenia cieplne i naprężenia szczątkowe, przekładając się na właściwości mechaniczne i fizyczne. Może to mieć szczególne znaczenie na procesy którym ulegają stale austenityczne w temperaturach kriogenicznych takich jak nieciągłe płynięcie platyczne, bezydfuzyjna przemiana fazowa oraz rozwój mikrouszkodzeń. W celu odpowiedniej eliminacji naprężeń szczątkowych wywołanych procesem wytwarzania austenityczne stale nierdzewne zostaną poddane procesowi wyżarzania w różnych zakresach temperaturach.

Kolejnym etapem obejmują badania doświadczalne pod wpływem obciążeń jednoosiowych w szerokim zakresie temperatur (293K, 77K, 4,2K). Badania będą przeprowadzone za pomocą unikalnego zestawu składającego się z izolowanego próżniowo kriostatu umieszczonego w maszynie wytrzymałościowej. Medium kriogeniczne w postaci ciekłego helu lub azotu doprowadzane jest dedykowaną linią transferu z dewara do kriostatu. Zestaw wyposażony jest w czujniki akustyczne do służące identyfikacji mechanizmów degradacji materiału, a także ferrytoskop wykorzystywany do analizy stopnia przemiany fazowej. Ewolucja mikrostruktury badana będzie za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego wyposażonego w detektory: krystalograficzny (EBSD) oraz składu chemicznego (EDS), oraz za pomocą promieniowania synchrotronowego.

Ważny etap badań obejmuje modelowanie konstytutywne przemiany fazowej fcc-bcc wywołanej odkształceniem plastycznym, zawierające nową kinetykę obejmującą rozkład na trzy etapy, tj. zarodkowanie, rozrost i koalescencję nowo utworzonej fazy. Model bazuje na równaniach klasycznej plastyczności niezależnej od prędkości odkształcenia oraz uwzględniających nieliniowe wzmocnienie wynikające z dwóch mechanizmów:
1) oddziaływanie dyslokacji z wtrąceniami fazy wtórnej,
2) zmiana proporcji pomiędzy fazą pierwotną i wtórną, skutkująca ewolucją operatora sztywności stycznej.

Znaczenie otrzymanych wyników związane jest z rozwijaniem nowych kierunków badań jakim są poznawanie zjawisk zachodzących w sieci krystalicznej, rozwinięciem teorii plastyczności oraz rozwijanie technologii addytywnych. Otrzymane wyniki mają duże znaczenie materiałowe związane z analiza mikrostrukturalną oraz modelowaniem konstytutywnym dającym możliwości projektowania nowych materiałów. Wyniki badań znajdują zastosowanie w takich dziedzinach przemysłu jak magnesy nadprzewodnikowe w technice akceleratorowej oraz magnetycznego rezonansu, naczynia próżniowe i ciśnieniowe pracujące w niskich temperaturach, wymienniki ciepła pracujące w ciekłym lub nadciekłym helu, linie kriogeniczne służące do transportu skroplonych gazów, nadprzewodnikowe linie transportu energii na duże odległości, konstrukcje pracujące w przestrzeni kosmicznej i narażone na odkształcenia w niskich temperaturach oraz systemy transportu ciekłego wodoru i tlenu w technice kosmicznej.