

Właściwości wielu materiałów determinowane są ich wewnętrzną mikrostrukturą – zestawem cech takich jak rozmiary i kształty ziaren – małych kryształów będących elementami składowymi większości metali i materiałów ceramicznych. Atomy w pojedynczym ziarnie, tak jak w kryształach ułożone są według trójwymiarowego periodycznego wzoru – sieci krystalicznej. Dzięki temu idealnemu periodycznemu ułożeniu atomy w sieciach krystalicznych są względnie stabilne – odporne na odkształcenia i ataki chemiczne czy korozję. W typowym materiale polikrystalicznym pojedyncze ziarna są bardzo małe i w jednym centymetrze sześciennym może się ich zmieścić wiele milionów. Pomiędzy ziarnami – w **granicach ziaren** znajdują się obszary, w których atomy nie zajmują swoich idealnych położeń, ponieważ nie mogą dopasować się jednocześnie do pozycji w sieciach krystalicznych obu sąsiadujących ziaren. Zwiększanie liczby tych ‘przypadkowych’ granic może poprawiać właściwości mechaniczne – **granice** stanowią przeszkody dla dyslokacji – defektów sieci krystalicznej, których ruch pozwala na odkształcenie ziaren. Jednak zwiększanie ilości granic powoduje również wzrost liczby ‘niestabilnych’ atomów, które nie zajmują swojej idealnej pozycji w sieci. To może prowadzić do **poślizgu po granicach ziaren (PGZ)** – mechanizmu pełzania w podwyższonych temperaturach – odkształcania materiału pod wpływem naprężeń znacznie mniejszych niż jego typowa wytrzymałość.

Na szczęście możliwe jest takie ułożenie ziaren w polikryształach aby załagodzić negatywne efekty związane z obecnością granic ziaren. Istnieją pewne ‘specjalne’ relacje orientacji ziaren, zwane **dezorientacjami z siecią miejsc koincydentnych** (ang. coincidence site lattice – **CSL** misorientations), w których część idealnych pozycji atomów (węzłów sieci) z jednego ziarna nakłada się na węzły sieci krystalicznej drugiego ziarna. Im więcej węzłów w sieciach obu ziaren nakłada się na siebie, tym bardziej stabilna staje się granica. Rodzaje i ilość granic ziaren w materiałach metalicznych mogą być zmieniane i kontrolowane poprzez między innymi specjalne rodzaje obróbki termicznej i mechanicznej. Obróbki te można ogólnie nazwać metodami **inżynierii granic ziaren (IGN)**, których zastosowanie pozwala na kontrolę nad pewnymi właściwościami powiązanymi z granicami ziaren takimi jak odporność na korozję czy pełzanie.

W tym projekcie postanowiliśmy zastosować idee **inżynierii granic ziaren** w stopach cynku, które mogą znaleźć potencjalne zastosowanie w bio-resorbowalnych implantach tymczasowych, takich jak stenty kardiologiczne czy implanty kostne. Właściwości korozyjne stopów cynku są idealne w kontekście stentów, jednak ich właściwości mechaniczne powinny być poprawione zanim będzie możliwe ich bezpiecznie zastosowanie. Temperatura topnienia cynku jest stosunkowo niska - 419.5 °C, przez co jest on podatny na pełzanie nawet w temperaturach odpowiadających temperaturze ludzkiego ciała.

W projekcie tym będziemy badali w jaki sposób różne typy granic międzyziarnowych wpływają na właściwości mechaniczne stopów cynku i jakie rodzaje obróbki mogą zwiększać udział granic CSL w tych materiałach. W celu zbadania charakteru i właściwości granic ziaren, zastosujemy zaawansowane techniki mikroskopii elektronowej oraz aparaturę do badań mikro-mechanicznych. W celu przeanalizowania charakteru granic zastosujemy dyfrakcję elektronów wstecznie rozproszonych (EBSD) w skaningowym mikroskopie elektronowym (SEM) w celu stworzenia map orientacji ziaren, dzięki którym możliwe będzie obliczenie dezorientacji granic ziaren. Analizę chemiczną granic ziaren – stężenia atomów pierwiastków stopowych oraz obecność wydzielen dodatkowych faz – będziemy prowadzić wykorzystując wysokorozdzielczą spektroskopię masową z czasem przelotu (ToF-SIMS). Te informacje będą następnie korelowane z właściwościami makroskopowymi: wytrzymałością na rozciąganie oraz odpornością na pełzanie. Ponadto, w powiązaniu z techniką EBSD zastosujemy stolik tensometryczny in-situ pozwalający na obserwacje aktywacji mechanizmów odkształcenia w SEM. W dalszych etapach wykorzystamy system zogniskowanej wiązki jonów (FIB) w SEM w celu przygotowania mikro-preparatów zawierających pojedyncze ziarno lub dwa ziarna i pojedynczą granicę. Następnie dzięki zastosowaniu precyzyjnego nano-indentera w SEM będziemy mogli testować właściwości mechaniczne przy jednoczesnej obserwacji odkształcania pojedynczych ziaren i granic ziaren. Takie procedury eksperymentalne pozwolą nam na opisanie relacji pomiędzy typem granicy międzyziarnowej (specjalna lub przypadkowa) i charakterem jej odkształcenia.

Wyniki tego projektu zapewnią nowy wgląd w związki pomiędzy mikrostrukturą granic ziaren i właściwościami stopów cynku oraz będą istotnym krokiem w rozwoju bio-resorbowalnych implantów opartych na stopach cynku.