

Druk 3D metali to dynamicznie rozwijająca się branża, umożliwiającą wytwarzanie części metalowych o skomplikowanych kształtach przy użyciu proszków jako surowców. Biorąc pod uwagę aktualne trendy rynkowe, prognozuje się, że globalny rynek druku 3D (metali) osiągnie wartość 19 miliardów dolarów w 2029 roku. Aktualnie dominującym obszarem zastosowania technologii addytywnych jest sfera szybkiego prototypowania (Rapid Prototyping), obecna niemalże w każdej branży, w której powstaje produkt końcowy w postaci fizycznego detalu. Szeroki wachlarz zastosowań sprawia że rosną również wymagania co do ich własności. Oczekuje się zwłaszcza poprawy dokładności i jakości topografii powierzchni oraz większej wytrzymałości mechanicznej.

W porównaniu do tradycyjnych metod produkcyjnych, jak np. odlewanie, innowacyjność technologii przyrostowych przejawia się w pewnym stopniu jako wada, oznacza to jednak również, że istnieje wiele interesujących możliwości rozwoju. Dotychczasowe badania w skali laboratoryjnej i przemysłowej były ukierunkowane przede wszystkim na poprawę własności mechanicznych poprzez: ocenę wpływu parametrów wytwarzania, obróbkę cieplną, chemiczną lub powierzchniową. Zaledwie nieliczne prace poświęcone są alternatywnym obróbkom post-procesowym, w których intensywne odkształcenie plastyczne jest ostatnim etapem.

Podstawowym problemem technologicznym wynikającym z synergetycznej integracji obu technologii tj. selektywnego przetapiania laserowego (SLM) i intensywnego odkształcenia plastycznego jest niewielka podatność na przeróbkę plastyczną stopów metali otrzymanych z druku 3D. Jest to spowodowane między innymi naprężeniami rezydualnymi pochodzenia termicznego. Z drugiej jednak strony bardzo duże szybkości chłodzenia w procesie SLM (10^5 – 10^6 K/s) sprzyjają powstawaniu unikalnej niejednorodnej mikrostruktury zbudowanej z obszarów twardych (płaszcz) i miękkich (rdzeń).

Proponowanym przez nas rozwiązaniem powyższego problemu jest zaprojektowanie/dostosowanie procesu obróbki cieplnej elementów z druku 3D w taki sposób, by w jak największym stopniu zachować unikalną (metastabilną) niejednorodną mikrostrukturę, przy jednoczesnej poprawie wskaźników opisujących ciągliwość.

Koncepcja innowacyjnej technologii wytwarzania stopów Al-Si o wysokiej wytrzymałości i plastyczności wykorzystuje niejednorodny charakter mikrostruktury - miękki rdzeń Al/twardy płaszcz Si. Podczas intensywnego odkształcenia plastycznego, istniejący gradient deformacji będzie powodował powstawanie naprężeń wewnętrznych dalekiego zasięgu (z ang. long-range internal stresses). Naprężenia te będą akomodowane przez dyslokacje geometrycznie niezbędne. Dyslokacje te ponadto będą stanowić przeszkody dla ruchu dyslokacji statystycznie zmagazynowanych (poruszających się w dominującym systemie poślizgu), tym samym intensyfikując proces rozdrobnienia mikrostruktury.

Wzrost wytrzymałość zostanie osiągnięty w skutek synergicznego oddziaływania kilku mechanizmów umocnienia - rozdrobnienia mikrostruktury oraz dodatkowej akumulacji defektów/ przeszkód (dla dyslokacji statystycznie zmagazynowanych) przez dyslokacje geometrycznie niezbędne (GNDs), generowanych we wczesnym etapie odkształcenia plastycznego materiału niejednorodnego, natomiast podwyższona ciągliwość dzięki istniejącemu gradientowi odkształcenia akomodowanemu przez powstałe naprężenia dalekiego zasięgu.

Wykonane w ramach projektu badania będą dotyczyły obserwacji podstawowych zjawisk odkształcenia w skali mikro i nanometrycznej w celu określenia wkładu naprężeń powrotnych w zdolność do umacniania odkształceniowego (zdolności do magazynowania energii odkształcenia plastycznego) stopów Al-Si otrzymanych technologią selektywnego topienia laserowego (SLM). Nadrzędnym celem wykonanych obserwacji jest określenie wpływu niejednorodności mikrostrukturalnej na zdolność do umocnienia odkształceniowego stopów Al-Si otrzymanych technologią selektywnego topienia laserowego.