

Zaawansowane kształtowanie mikrostruktury w druku 3D metali z wykorzystaniem lasera femtosekundowego

Cel projektu

Celem projektu jest zbadanie, czy ultrakrótkie impulsy laserowe mogą umożliwić osiągnięcie większej precyzji w druku 3D metali, a także pozwolić na drukowanie stopów, z którymi obecne drukarki 3D nie są w stanie sobie poradzić np. szkła metalicznych poprzez ograniczenie tzw. „strefy wpływu ciepła”.

Opis badań

W ramach projektu planowane jest zmodyfikowanie drukarki 3D do metalu, poprzez wyposażenie jej w źródło lasera femtosekundowego. Po walidacji działania zmodyfikowanej drukarki, wydrukowane zostaną próbne elementy z tradycyjnych stopów. Pozwoli to na zbadanie, czy ultraszybki laser rzeczywiście minimalizuje strefę wpływu ciepła, jednocześnie zapewniając stabilność jeziora stopionego metalu. Zbadana zostanie też mikrostruktura próbek i zmierzona ich twardość, aby sprawdzić, czy wewnętrzne ziarna metalu są znacznie drobniejsze w porównaniu z odpowiednikami drukowanymi tradycyjnymi metodami. Najtrudniejszym etapem będzie próba druku 3D obiektu ze szkła metalicznego. Szkło metaliczne (ang. Bulk Metallic Glass, BMG) to stop, który może zastygnąć w przypominającej szkło formie amorficznej (niekryształicznej), jeśli zostanie ekstremalnie szybko schłodzony. Materiały te są bardzo wytrzymałe, ale wytworzenie większych, pozbawionych pęknięć elementów ze szkła metalicznych na bazie żelaza jest trudne – jeśli chłodzenie jest choć odrobinę zbyt wolne, metal krystalizuje się i traci swoje szczególne właściwości. Konwencjonalny druk 3D nie radzi sobie z takimi materiałami; wydrukowane części często okazują się częściowo skryształizowane albo popękane wskutek wysokiej temperatury procesu. Laser femtosekundowy stwarza nową możliwość uniknięcia tego problemu. Dostarczając energię w ultrakrótkich impulsach, każda warstwa zastyga, zanim ciepło zdąży się nagromadzić, dzięki czemu cała wydrukowana część pozostaje amorficzna. Zostanie podjęta próba wydrukowania niewielkich próbek takiego szkła metalicznego za pomocą ultraszybkiego lasera, tak aby pozostały w pełni amorficzne przez cały proces.

Powody, dla których podjęta została ta tematyka badawcza

Druk 3D z metalu zmienia sposób, w jaki wytwarzamy złożone elementy. Jednak współczesne drukarki 3D do metalu zazwyczaj wykorzystują lasery ciągłe lub o długich impulsach do topienia proszku metali, co wprowadza do każdej warstwy znaczną ilość ciepła. Nadmiar tego ciepła rozchodzi się, tworząc rozległą „strefę wpływu ciepła” wokół ścieżki lasera, co prowadzi do niejednorodności struktury. Tym samym obecne metody laserowego druku 3D metali często dają obiekty, które nie są tak jednorodne ani niezawodne, jak byśmy chcieli. Istnieje, więc potrzeba opracowania technik pozwalających wytwarzać metalowe części o bardziej jednolitej strukturze wewnętrznej, pozbawione defektów związanych z rozległą strefą wpływu ciepła. Femtosekunda to niewiarygodnie krótki odcinek czasu – rzędu jednej biliardowej części sekundy (10⁻¹⁵ s). W przypadku laserów femtosekundowych każdy taki impuls skupia intensywne ciepło na bardzo małym obszarze, topiąc proszek metalu. Jednak ponieważ trwa on zaledwie kilka femtosekund, materiał praktycznie nie ma czasu, by przekazać ciepło dalej i zaczyna stygnąć natychmiast po zakończeniu impulsu. Ciepło nie ma szans rozprzestrzenić się na pozostałą część materiału. Dzięki ograniczeniu dopływu energii ultraszybki laser minimalizuje „strefę wpływu ciepła” wokół każdego punktu topnienia. Jeśli wszystko zadziała zgodnie z założeniami, pozwoli to uniknąć wielu problemów wywoływanych przez lasery ciągłe. Impulsy femtosekundowe mogą umożliwić wytwarzanie metalowych części o drobniejszej i bardziej jednorodnej mikrostrukturze, niż jest to możliwe obecnymi metodami.

Najważniejsze spodziewane efekty

Pod koniec projektu powinno być możliwe zademonstrowanie kilku znaczących postępów w technologii druku 3D metali. Oczekuje się, że wytworzone części będą niemal pozbawione strefy wpływu ciepła – co oznacza znacznie mniej mikropęknięć i naprężeń wewnętrznych – a proces pozwoli uzyskać znacznie drobniejsze detale, tworząc bardzo małe elementy z zredukowanymi odkształceniami. Dodatkowo zakłada się wykazanie, że nowe materiały, takie jak szkło metaliczne, można drukować bez krystalizacji. Potencjalne korzyści z tych badań dla przemysłu i społeczeństwa są ogromne. Jeśli badania zakończą się sukcesem, ultraszybki laser pozwoli wytwarzać lepsze i bardziej niezawodne wyroby metalowe drukowane w 3D. Przykładowo producenci sprzętu medycznego mogliby tworzyć spersonalizowane implanty z metalu amorficznego, odporne na zużycie i znacznie trwalsze. Na poziomie produkcji ograniczenie defektów i odkształceń oznaczałoby mniej odpadów i niższe koszty. Ostatecznie nowatorskie badania mogą uutorować drogę do powstania nowej generacji drukarek 3D, które znacznie wydajniej wytwarzają metalowe komponenty.