



**„Wpływ obróbki plastycznej metodą Differential Speed Rolling połączoną z wielowariantową obróbką cieplną na ewolucję struktury i właściwości nadstopu niklu Haynes 282”**

**Kierownik projektu:** dr inż. Wojciech Polkowski

**Nr umowy:** UMO-2016/23/D/ST8/01269

**Dofinansowanie:** 636 000 PLN

**Okres realizacji:** 17.07.2017 r. – 16.07.2020 r.

**Cel projektu:**

Stopy na bazie niklu przeznaczone do pracy w wysokiej temperaturze to najbardziej zaawansowane metalowe materiały konstrukcyjne-materiały te nie bez przyczyny nazywane są nadstopami (z ang. superalloys). Ze względu na nieosiągalną dla innych materiałów kombinację żaroodporności i żarowytrzymałości, są one niezastąpione w najważniejszych dziedzinach transportu, przemysłu czy energetyki. Właściwości mechaniczne i użytkowe nadstopów, istotnie przewyższające

właściwości wysokostopowych stali, kształtowane są poprzez liczne dodatki stopowe (głównie chrom, kobalt, molibden, wolfram, tytan etc.) oraz odpowiednią technologię wytwarzania i przetwarzania. Stop Haynes 282 jest nowo opracowanym nadstopem na bazie niklu do przeróbki plastycznej. Materiał ten jest stopem umacnianym wydzieleniowo, przeznaczonym do pracy w warunkach wysokiej temperatury, środowiska korozyjnego oraz długotrwałych obciążeń mechanicznych i cieplnych. Przewidywanym obszarem zastosowań stopu Haynes 282 są przede wszystkim naziemne i lotnicze silniki gazoturbinowe, w których materiał ten w postaci m.in. blachy pierścieni mógłby, dzięki wyższej maksymalnej dopuszczalnej temperaturze pracy, z powodzeniem zastąpić aktualnie wykorzystywane nadstopy np. Inconel 718. Potencjalne wykorzystanie blach ze stopu Haynes 282 wpisuje się również w obecnie silnie rozwijany trend w projektowaniu urządzeń wysokotemperaturowych, w którym duże jednoczęściowe elementy odlewane zastępowane są odpowiednikami złożonymi z połączonych ze sobą obrabianych plastycznie komponentów o prostej geometrii (blachy, taśmy, niewielkie odkuwki). Jednakże, jednym ze wskazywanych mankamentów blach wykonanych z nadstopu Haynes 282 jest ich wysoka anizotropia właściwości mechanicznych (tzn. że materiał posiada różne właściwości w zależności od kierunku pomiaru). Powyżej opisany efekt jest zjawiskiem niepożądanym z punktu widzenia dalszej obróbki plastycznej blachy, mogącym prowadzić do niszczenia materiału. W nielicznych dotychczasowo prowadzonych pracach poświęconych temu problemowi wykazano, że głównym czynnikiem odpowiedzialnym za powyżej opisane niekorzystne cechy blach ze stopu Haynes 282, jest obecność niejednorodnej struktury oraz pasmowych skupisk wydzielen utworzonych podczas obróbki plastycznej i cieplnej. Co ważne, brak jest natomiast informacji na temat tego, czy możliwe jest (w jaki sposób i w jakim stopniu?) kontrolowanie struktury stopu Haynes 282 poprzez modyfikację sposobu walcowania blach. Ze względu na bardzo dobre właściwości użytkowe stopu Haynes 282, szczególnie ważnym zagadnieniem jest więc opracowanie technologii wytwarzania blach z tego materiału o jednocześnie wysokiej wytrzymałości i podatności do kształtowania plastycznego. Jednym z nowatorskich rozwiązań w zakresie technologii wytwarzania blach i taśm jest metoda Differential Speed Rolling (DSR). Metoda ta jest generalnie bardzo podobna do klasycznego procesu walcowania, różni się od niego natomiast tym, że walce robocze obracają się podczas obróbki z niejednakową prędkością. Taka modyfikacja sposobu walcowania powoduje, że materiał ulega większemu odkształceniu - oprócz zmiany grubości blachy, następuje także jej dodatkowe ścinanie podczas przechodzenia pomiędzy walcami. W dotychczasowych pracach dotyczących technologii DSR (prowadzonych także przez Kierownika projektu), wykazano m.in. że dobranie odpowiednich parametrów odkształcenia (m.in. stopnia zróżnicowania prędkości walców) pozwala uzyskać odmienną strukturę i właściwości niż ma to miejsce w przypadku stosowania normalnego walcowania. Stwierdzono, że blachy i taśmy wytwarzane metodą DSR cechują się bardzo niewielką wielkością ziarna (co daje im wysoką wytrzymałość) oraz bardziej korzystnym rozmieszczeniem cząstek faz powstających podczas późniejszej obróbki cieplnej (co m.in. obniża niekorzystny efekt dużej anizotropii właściwości mechanicznych). Jak do tej pory, brak jest

jednakże w dostępnej literaturze danych na temat zmian struktury, tekstury oraz właściwości mechanicznych nadstopów na bazie niklu (w tym także stopu Haynes 282) odkształconych w procesie DSR. Stąd też, oryginalnym uzupełnieniem istniejącego stanu wiedzy będzie realizacja podstawowego celu przedstawionego projektu jakim jest doświadczalna ocena wpływu parametrów procesu DSR (m.in. wielkości zadanego odkształcenia, wartości współczynnika asymetrii prędkości walców) oraz zastosowanej obróbki cieplnej (temperatura/czas wygrzewania) na ewolucję struktury oraz zmianę właściwości mechanicznych i termofizycznych nadstopu niklu Haynes 282. Powyżej opisany cel projektu będzie zrealizowany poprzez zaplanowanie oraz przeprowadzenie prac doświadczalnych z wykorzystaniem standardowych oraz zaawansowanych metodyk badawczych takich jak statyczna próba rozciągania i pomiary mikro-nanotwardości; skaningowa (SEM) i transmisyjna mikroskopia elektronowa (TEM); dyfrakcja elektronów wstecznie rozproszonych (EBSD); dyfrakcja promieniowania rentgenowskiego (XRD); dylatometria, skaningowa kalorymetria różnicowa (DSC) i laserowa analiza impulsowa (LFA) – do oceny przewodnictwa temperaturowego i cieplnego.