

Zaawansowane materiały dla przemysłu motoryzacyjnego i energetycznego muszą łączyć w sobie bardzo wysoką wytrzymałość, plastyczność, zdolność pochłaniania energii uwalnianej podczas wypadków, a temu wszystkiemu powinien towarzyszyć stosunkowo prosty, energetycznie i ekologicznie efektywny oraz niekosztowny proces produkcyjny, zgodny z **propozycją Europejskiego Zielonego Ładu**. Jest to spowodowane coraz większymi wymaganiami dotyczącymi bezpieczeństwa pasażerów, oszczędności paliwa i norm emisji spalin, szczególnie **ważnych dla przyszłej elektromobilności**. W ostatnich latach opracowano różne grupy zaawansowanych stali o wysokiej wytrzymałości (AHSS), które skutecznie łączą wysoką wytrzymałość i plastyczność. Jednym z podstawowych składników strukturalnych stali AHSS, odpowiedzialnym głównie za jednoczesną poprawę umocnienia odkształceniowego i plastyczności jest austenit szczątkowy (Asz). Metastabilny Asz może ulegać przemianie martenzytycznej wywołanej odkształceniem (SIMT) lub intensywnemu bliźniakowaniu mechanicznemu podczas odkształcania, które może wystąpić podczas operacji formowania lub eksploatacji. Pozwala to na jednoczesne zwiększenie wytrzymałości i plastyczności w wyniku zwiększonego umocnienia przez zgniot, a tym samym predysponuje stale zawierające Asz do stosowania jako części przeznaczone na kontrolowane strefy zgniotu. Wysoki udział Asz w stalach AHSS II i III generacji, otrzymywany jest poprzez znaczne domieszkowanie Mn, co pozwala uzyskać stal o wytrzymałości na rozciąganie powyżej 800 MPa i wydłużeniu od 20% do nawet 80%. Pomimo oczywistych przewag stopów AHSS II i III generacji nad innymi stalami stosowanymi w automotive, **wykazują one również szereg problemów w trakcie produkcji ze względu na zwiększoną zawartość pierwiastków stopowych (Mn, Al, Si)**, które należy rozwiązać, aby umożliwić produkcję zaawansowanych lekkich stopów żelaza na dużą skalę. Do najważniejszych z nich zalicza się: (a) mikrosegregację pierwiastków stopowych podczas krzepnięcia, co skutkuje niejednorodnością struktury i właściwości mechanicznych oraz (b) skłonność do pękania podczas odlewania i późniejszej obróbki plastycznej na gorąco na skutek tworzenia się kruchych faz międzymetalicznych na granicach ziaren austenitu.

Cele projektu badawczego zakładają:

- **analizę wpływu dodatku Mn, mikrododatki Ti, Mo, B, a także metali z recyklingu stali (np. Cu), oraz wysokiego stężenia Al (5-10% wag.)** zarówno w stopach wysoko-Mn, jak i średnio-Mn pod kątem krzepnięcia i zachowania perytektycznego, mikrosegregacji, odkształcalności na gorąco i przemian fazowych w trakcie chłodzenia
- **analizę wpływu wysokotemperaturowego składu fazowego na ciągliwość na gorąco stopów w różnych warunkach temperatury, prędkości odkształcania i stanu naprężenia (rozciąganie, ściskanie)**
- **wyjaśnienie mechanizmów krzepnięcia, odkształcalności i kruchości w wysokiej temperaturze i mikrosegregacji w nowych lekkich stopach żelaza o wysokiej i średniej zawartości Mn oraz gęstości obniżonej poniżej 7 g/cm³.**

Realizacja projektu badawczego wymaga zastosowania szerokiego zakresu kompleksowych technik badawczych oraz metod symulacyjnych/modelowych stosowanych do oceny krystalizacji i mikrosegregacji, badań plastyczności na gorąco oraz szczegółowej analizy mikrostrukturalnej.

Plan badań zakłada opracowanie różnych składów chemicznych stopów wysoko- (20-30% wag.) i średnio- (4-7% wag.) manganowych. Nowe koncepcje stopów zostaną przeanalizowane w oparciu o najnowszą wiedzę literaturową. W dalszej kolejności opracowana zostanie termodynamiczna baza danych dla nowych stali wysoko- i średnio-manganowych. Kolejnym etapem badań będą obliczenia termodynamiczno-kinetyczne i weryfikacja eksperymentalna temperatur krytycznych istotnych dla plastyczności na gorąco. Obliczenia i zachowanie podczas utleniania w wysokiej temperaturze zostaną następnie zweryfikowane eksperymentalnie. Na koniec wytworzone stopy zostaną zbadane pod kątem zachowania termicznego, mikrostruktury i właściwości mechanicznych.

Przyjęta hipoteza badawcza zakłada, że modyfikacja składu chemicznego stali wysoko- i średnio-manganowych (oraz składu faz wysokotemperaturowych) oraz dobór optymalnych parametrów odlewania i obróbki plastycznej na gorąco spowoduje ograniczenie zjawiska mikrosegregacji i poprawę plastyczności na gorąco, co umożliwi ich zastosowanie w nowoczesnym przemyśle motoryzacyjnym i energetycznym.