

Streszczenie rozprawy doktorskiej:

Badanie stalowych połączeń spawanych laserowo w warunkach obciążenia dynamicznego

Autor: mgr inż. Paweł PROCHENKA

Promotor: dr hab. inż. Jacek JANISZEWSKI, prof. WAT

Promotor pomocniczy: dr inż. Judyta SIENKIEWICZ

W drodze do uzyskania neutralności klimatycznej przez państwa członkowskie Unii Europejskiej zmianie ulegają strategie dotyczące projektowania i wytwarzania środków transportu drogowego i kolejowego, które są odpowiedzialne za emisję prawie jednej trzeciej całkowitej masy emitowanych szkodliwych substancji do atmosfery. Obserwuje się tendencję w dynamice rozwoju pojazdów drogowych jak i szynowych z napędami elektrycznymi i wodorowymi, gdzie do produkcji tego typu pojazdów często wykorzystywanym materiałem konstrukcyjnym są stale AHSS (ang. Advanced High Strength Steel). Ze względu na wysoką wytrzymałość, podatność na wtórne przetworzenie oraz korzystny stosunku masy do kosztów produkcji, stal wyróżnia się na tle innych materiałów konstrukcyjnych, jednak zastosowanie cienkich blach o wysokich parametrach wytrzymałościowych stwarza niedogodności związane z uzyskaniem wysokojakościowych połączeń spawanych, które będą gwarantować odpowiednio wysoki poziom bezpieczeństwa biernego.

Tematyka badań reakcji mechanicznej stali AHSS w warunkach obciążenia dynamicznego jest dość obszernie opisana w literaturze, jednak jedynie nieliczne publikacje poświęcone są problematyce badania wytrzymałości złączy spawanych wiązką lasera w warunkach obciążeń dynamicznych. Dodatkowo, doświadczenia autora pracy jako osoby odpowiedzialnej za prace badawczo - rozwojowe w organizacji zajmującej się projektowaniem i wytwarzaniem wyrobów dla branży motoryzacyjnej i kolejowej, stały się podstawą do sformułowaniu celu pracy, dotyczącego poszukiwania korelacji pomiędzy jakością procesu spawania laserowego cienkich blach ze stali o podwyższonej wytrzymałości, a wytrzymałością dynamiczną połączenia spawanego. Prezentowana rozprawa posiada doświadczalny charakter, do realizacji celu pracy wytypowano pięć gatunków stali o zróżnicowanych właściwościach mechanicznych, wybrane materiały wykorzystywane są m.in. w procesie wytwarzania struktur energochłonnych w pojazdach drogowych i szynowych.

Pierwsza część pracy poświęcona jest ocenie reakcji złączy spawanych laserowo dla trzech poziomów szybkości odkształcenia tj.: niskiego - 10^{-3} , średniego - 10^0 s^{-1} i wysokiego - 10^3 s^{-1} . Na podstawie otrzymanych wyników określono wpływ szybkości odkształcenia na wartość naprężenia maksymalnego, ciągliwość, energię deformacji (energochłonność) oraz wrażliwość na szybkość

odkształcenia. Testy w zakresie $10^{-3} \leq \dot{\epsilon} \leq 10^0 \text{ s}^{-1}$ realizowano w ramach statycznej próby rozciągania, zaś dla poziomu szybkości odkształcenia 10^3 s^{-1} wykorzystano technikę dzielonego pręta Hopkinsona na rozciąganie stosując autorskie rozwiązanie układu mocowania próbki materiałowej.

Wyniki badań złącz spawanych z pierwszej części pracy pozwoliły na stwierdzenie, że zachowanie mechaniczne złącz spawanych w warunkach dynamicznego obciążenia znacząco różni się od zachowania złącz spawanych obciążanych quasi-statycznie. Analizując wpływ czynników technologicznych na jakość złącza spawanego laserem dowiedziono, że złącza spawane wiązką laserową o średnicy plamki procesowej 0,6 mm charakteryzują się niższą twardością w strefie przetopienia w stosunku do złączy wykonanych wiązką o średnicy 0,3 mm. Dodatkowa obróbka cieplna w postaci nagrzewania laserowego przed spawaniem powoduje wzrost wytrzymałości jedynie stali martenzytycznych Docol 1200M i Docol 1500M, w przypadku próbek wycinanych prostopadłe do kierunku walcowania blachy. Do oceny energochłonności próbek spawanych i niespawanych wykorzystano parametr względnej energii deformacji, która dla próbek spawanych z blach ze stali Strenx S700MC, Docol 800DP Docol 1000DP jest zbliżona do energii deformacji próbek spawanych, podczas gdy w przypadku pozostałych stali martenzytycznych, tj. Docol 1200MC i 1500MC zauważono spadek wartości energii deformacji średnio ok. 15%.

W drugiej części pracy zaprezentowano wyniki zgniatania miniaturowych absorberów energii mechanicznej w warunkach quasi-statycznego i dynamicznego obciążenia. Badania te wykazały, że energochłonność mechaniczna absorberów w warunkach obciążenia dynamicznego jest wyższa w porównaniu do energochłonności absorberów w warunkach obciążenia quasi-statycznego, przy czym wzrost ten jest nieco wyższy w przypadku absorberów wykonanych ze stali dwufazowych (Docol 800DP i Docol 1000DP) w porównaniu do stali martenzytycznych (Docol 1200M i Docol 1500M). Absorbery wykonane ze stali DP wykazują również wyższe wartości współczynnika efektywności siły zgniatającej CFE w porównaniu do konstrukcji wykonanych z pozostałych badanych gatunków stali.

Powyższe rezultaty i wypływające z nich wnioski cechuje charakter praktyczny. Obszerny zbiór wyników doświadczalnych zaprezentowany w rozprawie może stanowić cenne źródło danych referencyjnych, pomocnych konstruktorom i technologom zajmującym się projektowaniem i wytwarzaniem konstrukcji poddanych obciążeniom dynamicznym. Dodatkowo, z informacji zawartych w rozprawie mogą skorzystać projektanci układów laboratoryjnych i badacze wykonujący badania rozciągające w zakresie dużych szybkości odkształcenia.

