

## STRESZCZENIE

Spawanie stali odpornych na korozję o strukturze austenitycznej wiąże się z emisją pyłu spawalniczego, który stanowi istotne zagrożenie dla środowiska, zdrowia i bezpieczeństwa pracowników. Zgodnie z wytycznymi Międzynarodowej Agencji Badań nad Rakiem pył spawalniczy od 2018 r. należy do grupy czynników o udowodnionym działaniu rakotwórczym. Podstawowymi składnikami stopowymi tych stali są chrom i nikiel. Ich związki również zaliczane są do substancji o udowodnionym działaniu kancerogennym.

Technologie spawalnicze są najczęściej stosowanymi technologiami łączenia stali odpornych na korozję. Podstawową metodą spawania stali austenitycznych jest proces spawania łukowego, jednak zwiększające się wymagania w zakresie poprawy wydajności i jakości złączy spawanych oraz efektywności procesu spawania spowodowały wzrost zastosowania w przemyśle technik laserowych. Oprócz spawania laserowego, procesem wykorzystującym wiązkę laserową jest spawanie hybrydowe (HLAW – hybrid laser arc welding). Proces ten polega na jednoczesnym zastosowaniu dwóch źródeł ciepła (wiązki promieniowania laserowego i łuku elektrycznego).

W ramach realizacji pracy doktorskiej opracowano metodykę oceny zagrożenia związanego z powstawaniem pyłu spawalniczego. Metodyka ta obejmuje określenie wielkości emisji pyłu całkowitego wyrażonej w mg/s; rozumianej jako ilość powstającego pyłu w czasie. W celu określenia jakie pierwiastki chemiczne są obecne w pyłe wykonano analizę składu chemicznego pyłu metodą SEM-EDS. Uzupełnieniem analizy składu chemicznego jest analiza fazowa pyłu metodą XRD, która umożliwia określenie faz występujących w pyłe. Wykonano również badania morfologii pyłu, określając wielkość, kształt i budowę cząstek. Do oceny wielkości cząstek zastosowano technikę dyfrakcji laserowej (LD).

Opracowana metodyka zapewnia uzyskanie pełnej charakterystyki pyłu obejmującej wielkość emisji, jego skład chemiczny i fazowy oraz morfologię. Umożliwiło to przeprowadzenie oceny zagrożenia związanego z powstawaniem pyłu podczas spawania laserowego, hybrydowego i łukowego stali w gatunku 1.4301 i 1.4828.

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że spawanie łukowe metodą MIG charakteryzowało się największą emisją pyłu w porównaniu do spawania laserowego i hybrydowego. Dla energii liniowej wynoszącej 0,54 kJ/mm emisja pyłu podczas spawania łukowego była 3,5-razy większa niż podczas spawania laserowego i ponad dwukrotnie większa niż podczas spawania hybrydowego. W pyłe pochodzącym ze spawania laserowego i hybrydowego stali odpornych na korozję stwierdzono obecność żelaza (55-63%), chromu (20-28%), manganu (3-14%), niklu (4-9%) oraz krzemu (0,1-6%). Pierwiastki te występują w formie tlenków (spinelu) żelaza, manganu, chromu i niklu, tj.  $\text{Cr}_2\text{FeO}_4$ ,  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  i  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ . Analiza wielkości cząstek pyłu pochodzącego ze spawania hybrydowego i laserowego stali odpornych na korozję wykazała, że ponad 20% cząstek pyłu wchodzi w skład frakcji respirabilnej i tchawicznej (tj. o wymiarze poniżej 10  $\mu\text{m}$ ), stanowiących największe zagrożenia dla zdrowia.

**Słowa kluczowe:** emisja pyłu spawalniczego, spawanie laserowe, spawanie hybrydowe (HLAW – hybrid laser arc welding), spawanie łukowe, stale odporne na korozję