

PROJEKTOWANIE URZĄDZENIA DO ODRYWANIA ZGRZEIN WSPOMAGANE METODAMI NUMERYCZNYMI

Grzegorz Makowski*, Andrzej Skibicki**

*Absolwent UTP, **Katedra Inżynierii Materiałowej
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Streszczenie

Przedstawiono projekt przyrządu do badania wytrzymałości zgrzein punktowych poprzez próbę ścinania i odrywania. Wykonano numeryczne (metodą elementów skończonych) obliczenia pracującego w warunkach największego wyteżenia elementu przyrządu, optymalizując jego kształt pod względem wytrzymałości i dokładności pomiarowej. Przedstawiono założenia i wykonane stanowisko dydaktyczne. Wskazano kierunki dalszych prac nad udoskonalaniem przyrządu.

1. WPROWADZENIE

Zgrzewanie elektryczne oporowe punktowe jest skuteczną i wydajną technologią łączenia blach. Znajduje zastosowanie w wielu procesach wytwarzania, np. karoserii samochodowych, elementów maszyn i urządzeń gospodarczych [1, 4]. Wynik zgrzewania zależy od wielu parametrów; najważniejsze to natężenie prądu zgrzewania I_z , czas przepływu prądu t_z i docisk elektrod F_z [1, 2]. Szybkie określenie jakości zgrzeiny jest możliwe np. poprzez sprawdzenie siły niszczącej oraz charakteru zniszczenia poprzez próbę ścinania lub odrywania zgrzeiny [5]. W laboratorium technologii spajania konieczna jest ocena zgrzein wykonywanych przy różnych wartościach I_z i t_z . Dotychczasowe metody były zawodne i niedokładne.

W pracy przedstawiono projekt i urządzenie do badania zgrzein z pomiarem siły, zrealizowane z uwzględnieniem ograniczonych możliwości wykonawczych warsztatu Katedry Inżynierii Materiałowej UTP w Bydgoszczy. Wśród założeń znalazły się: grubość blachy do 2+2 mm ($R_e = 300$ MPa), szerokość ok. 25 mm, ścinanie i odrywanie do 2 zgrzein jednocześnie, koszt do 1000 zł, prostota obsługi, pomiaru siły i przygotowywania próbek, niezależność od składników zewnętrznych (np. mostka, komputera, zasilania), skok wystarczający do odrywania, odporność na przypadkowe uszkodzenie.

2. ZASADA DZIAŁANIA I BUDOWA PRZYRZĄDU

Przeanalizowano różne możliwości obciążenia próbki, konstrukcji uchwytów mocujących i układu pomiaru siły. Ze względu na łatwość wywarcia siły do 30 kN i duży skok zastosowano siłownik hydrauliczny – ręczny podnośnik samochodowy.

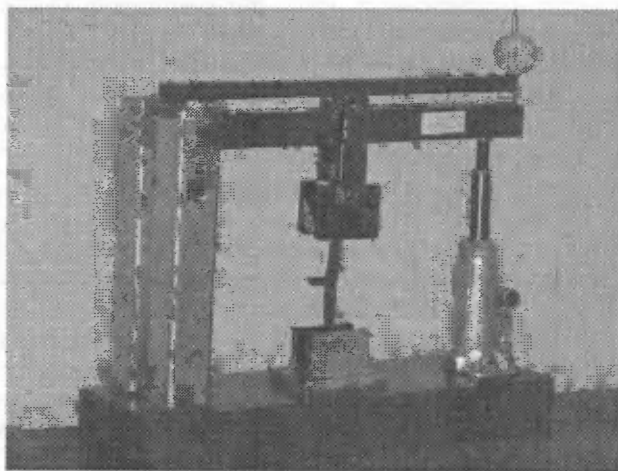
W istniejących maszynach wytrzymałościowych stosuje się wiele sposobów mocowania próbek płaskich. Uchwyty mają niekiedy bardzo złożoną konstrukcję, mogą wymagać zasilania elektrycznego, hydraulicznego lub sprężonym powietrzem. Rozpatrywano wyłącznie układy mechaniczne, nie wymagające zasilania. Zdecydowano się na skuteczne i odporne na niewystarczające dokręcenie układy samozaciskowe. Wykonano jeden uchwyt klinowy [3]. Podczas realizacji powstały trudności z dokładnym wykonaniem klinów i korpusu uchwytu oraz szcęk przenoszących obciążenia na próbkę. Ich twardość oraz nacięcia na powierzchniach roboczych decydują o skuteczności i trwałości

ści uchwytu. Po wielu próbach szczęki wykonano z pilnika do metalu. Po wysokim odpuszczeniu i obróbce mechanicznej został zahartowany. Zmontowany uchwyt został poddany próbom, po których konstrukcję uzupełniono o dwie śruby wprowadzające nacisk wstępny podczas mocowania próbki.

Trudności wykonawcze i koszt budowy uchwytu klinowego wymusiły poszukiwania innej koncepcji budowy drugiego. Zastosowanie uchwytu śrubowego nie powiodło się – nastąpiło jego zniszczenie.

Skuteczny w działaniu okazał się dwukrzywkowy uchwyt mimośrodowy. Charakteryzuje się prostym mocowaniem próbek o różnej grubości, pewnością działania, nieskomplikowanym wykonaniem i niewysokim kosztem. Dwa walce ze stali narzędziowej poddano głębokiemu moletowaniu, wykonano mimośrodowe otwory i zahartowano. Zostały zamocowane w ramce, na osiach o rozstawie o 3 mm mniejszym od średnicy wałców.

Najważniejszą częścią przyrządu jest układ pomiaru siły. Jego konstrukcja stanowiła główną część pracy. Wymagania: prostoty obsługi, dokładności, niskiej ceny, odporności na przeciążenie i skutki gwałtownego zniszczenia próbki, były trudne do jednoczesnej realizacji. Odrzucono zastosowanie siłomierzy elektronicznych, piezoelektrycznych, manometrycznych i tensometrycznych. Zrealizowano wyznaczenie siły jako funkcji odkształcenia poziomej belki pryzmatycznej przenoszącej siłę pomiędzy próbką, siłownikiem hydraulicznym i osią obrotu belki (rys. 1).



Rys. 1. Przyrząd do badania wytrzymałości zgrzein punktowych

Siłę w uchwycie można wyznaczyć z zależności (1):

$$F = c \cdot \Delta x \quad (1)$$

gdzie:

F – siła [kN],

Δx – ugięcie [mm] – wskazanie czujnika zegarowego,

c – stała zależna od przyrządu.

Wymiary belki wyznaczono na podstawie wieloetapowej analizy numerycznej dążąc do uzyskania liniowej zależności odkształcenie – siła, pełnego wykorzystania dostępne-

go materiału i jak największego odkształcenia sprężystego (ułatwiającego dokładny pomiar dostępnymi metodami).

Odształcenia mierzono czujnikiem zegarowym Kafer o działce 0,01 mm i skoku 30 mm (1 mm/360°). Czujnik zmontowano na równoległym do belki dodatkowym ramieniu, nie podlegającym działaniu sił niszczących próbki. Miejsce mocowania i długość zapewniły odczyt sumy odkształceń: liniowego oraz pochodzącego od kąta ugięcia. Układ jest odporny na gwałtowne zniszczenie próbki. Czujnik, materiał belki i wykonanie siłomierza wygenerowały główną część kosztów budowy przyrządu. Podstawę spawano z kształtowników.

Urządzenie skalowano z zastosowaniem maszyny wytrzymałościowej Instron 8501, użytej jako dokładny siłomierz, w Katedrze PKM UTP. Używając siłownika hydraulicznego układ obciążano, rejestrując siłę w miejscu zamocowania uchwytu, dla wskazań czujnika zegarowego zmieniających się co 0,1 mm; od 0 do 3,9 mm. Wyniki aproksymowano linią prostą. Otrzymano zależność (1), w której $c = 7,0725$.

Wyskalowany przyrząd użyto do zbadania siły niszczącej dla drugiej partii próbek kontrolnych. Wyniki były bardzo zbliżone do otrzymanych wcześniej, co wskazuje na poprawnie przeprowadzenie wzorcowania przyrządu.

3. OBLICZENIA NUMERYCZNE I ANALITYCZNE

Przed rozpoczęciem obliczeń wytrzymałościowych siłomierza określono metodami eksperymentalnymi i analitycznymi siły niszczące zgrzeiny przewidzianej do badania projektowanym przyrządem. Określono maksymalną siłę niszczącą poprzez ścinanie i odrywanie zgrzeiny łączącej blachy 2+2 mm [2]. Zgrzewanie blach ze stali St3S przeprowadzono na zgrzewarce ZPa-15, napięcie $U_z = 3,25$ V, $t_z = 0,4$ s. Zgrzeiny badano przy pomocy ww. maszyny wytrzymałościowej Instron 8501. Wyniki eksperymentu pozostawały w dobrej zgodności z obliczeniami analitycznymi [2, 4].

Wartości naprężeń w przyrządzie, powstających podczas wykonywania prób, obliczono metodami numerycznymi i analitycznymi. Szczególną uwagę zwrócono na belkę, której odkształcenia były bardzo istotne dla efektywnego działania siłomierza, a naprężenia ważne dla bezpiecznego użytkowania. Obliczenia wykazały, że belka o wstępnie założonej charakterystyce ($c = 0,1$, wzór (1)) miałaby rozmiary utrudniające wykonanie i używanie przyrządu. Ze względów praktycznych wykonywano obliczenia sprawdzające dla belek możliwych do wykonania z dostępnych elementów stalowych.

Dla uzyskania rozkładu wartości naprężeń w belce zastosowano metodę elementów skończonych (MES) [6]. Użyto program AutoCAD Mechanical. Model numeryczny zawierał 156 węzłów i 214 trójkątnych elementów płaskich. Największe obliczone naprężenia zredukowane (wg hipotezy Hubera) wyniosły $\sigma_r = 233,5$ MPa i były niższe od założonych dla zastosowanej stali $R_e = 300$ MPa. Założone obciążenia, model MES i wykres naprężeń przedstawiono na rysunku 2. Ze względów technologicznych nie podjęto próby wykonania belki o zmiennej wysokości, która, jak wynikało z obliczeń, byłaby podatniejsza na odkształcenie przy zachowaniu dopuszczalnej wartości σ_r . Obliczenia osi, kołków i innych elementów przeprowadzono w programie Excel, z zastosowaniem wzorów analitycznych znanych z literatury [2].

