



## Techniki łączenia tworzyw sztucznych – spawanie

### 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia zaznajomienie studentów z zagadnieniami dotyczącymi metod łączenia tworzyw sztucznych, a także wykonanie połączenia próbek wybranymi metodami.

### 2. Określenie podstawowych zagadnień oraz opis metod łączenia.

Tworzywa sztuczne możemy łączyć poprzez klejenie, połączenia mechaniczne (nity, gwinty, zatrzaski). Tworzywa termoplastyczne można dodatkowo łączyć technikami zgrzewania i spawania. Wybór metody łączenia zależy od postaci łączonych elementów, zastosowania, warunków eksploatacji a także od budowy chemicznej i właściwości fizycznych łączonych materiałów.

#### 2.1. Spawanie tworzyw sztucznych

Techniki spawania mają zastosowanie w przypadku łączenia elementów z tworzyw termoplastycznych, gdzie konieczne jest wykonywanie trwałych połączeń z dużą wydajnością i możliwie wysoką jakością. Łączenie techniką spawania umożliwia uzyskanie wyrobów finalnych o założonych parametrach użytkowych w sposób szybki i stosunkowo małym kosztem (rys. 1).



Rys. 1. Zbiornik do galwanizacji wykonany z polipropylenu (PP) technikami spawania. Szkielet jest stalowy pokryty przyspawanymi profilami z PP.

#### **Spawanie termoplastów polega na doprowadzaniu ciepła do łączonych powierzchni i materiału łączącego (spoiwa), w celu uplastycznienia ich i docisku spoiwa do łączonych powierzchni.**

Podczas spawania, między uplastycznionym materiałem łączonym i spoiwą, zachodzi dyfuzja makrocząsteczek i po ochłodzeniu powstaje trwałe złącze kohezyjne. Warunkami dobrej dyfuzji jest odpowiednia ruchliwość dyfundujących łańcuchów, dlatego materiał łączony i spoiwo powinny mieć podobną temperaturę mięknienia (topnienia), a także podobną budowę chemiczną [6]. Większość tworzyw termoplastycznych jest ze sobą niemieszalna termodynamicznie, w związku z tym spoiwo musi być z tego samego polimeru co materiał łączony. Wyjątkiem jest np. polimetakrylan metylu (PMMA), który można spawać zmiekczone (suspensyjnym-przezroczystym) polichlorkiem winylu (PVC). Umożliwia to uzyskanie większej wytrzymałości połączenia niż przy stosowaniu prętów z PMMA.

Tworzywa termoplastyczne wykazujące w stanie uplastycznionym takie cechy jak: podatność na destrukcję termooksydacyjną, skłonność do degradacji termicznej, duży wskaźnik szybkości płynięcia

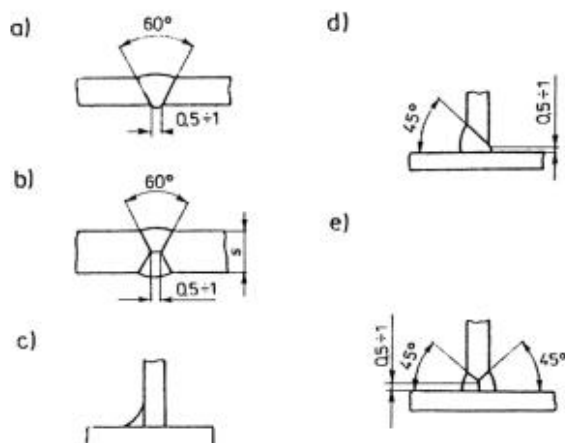


(MFR), są materiałami, których łączenie technikami spawania wiąże się z dodatkowymi trudnościami lub często jest praktycznie niewykonalne.

W technikach spawania, nagrzewanie odbywa się w strumieniu gorącego gazu najczęściej powietrza, lub w przypadku tworzyw wrażliwych na termooksydację (utleniania pod wpływem podwyższonej temperatury) - azotu, argonu, etc [3].

**Wytrzymałość mechaniczną względną** spoiny określa się stosunkiem wytrzymałości na rozciąganie spoiny do wytrzymałości materiału pierwotnego (nie spojonego). Wytrzymałości względne spoin wahają się w granicach 50%-90% w zależności od materiału i techniki spawania. Spoiny wykonywane przez automaty mają większą wytrzymałość niż spoiny wykonane ręcznie.

W technikach spawania tworzyw sztucznych stosuje się dwa rodzaje spoin: czołowe (spoiwo wprowadza się między powierzchnia styku elementów) (rys. 2. a,b,d,e) i pachwinowe (spoiwo wprowadza się obok styku elementów) (rys. 2. c). Możliwe jest też wykonywanie spoin mieszanych czołowo-pachwinowych.



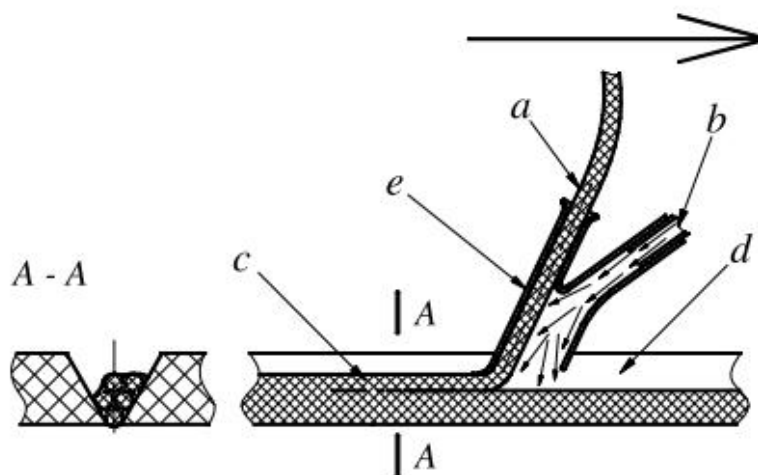
**Rys. 2.** Przykładowe rodzaje spoin a) spoina V, b) spoina X, c) spoina pachwinowa pojedyncza, d) spoina  $\frac{1}{2}$  V, e) spoina K

Do wykonywania połączeń spawanych termoplastów stosuje się najczęściej dwie techniki: spawanie drutem (ang. welding wire) nazywane również spawaniem prętem i spawanie ekstruzyjne (ang. extrusion welding) zwane też spawaniem wytłocznym.

### 2.1.1. Spawanie drutem-prętem

Drutem-prętem nazywamy postać materiału łączącego wykonanego najczęściej z tego samego tworzywa co łączone elementy, o przekroju okrągłym lub trójkątnym i wymiarach poprzecznych od 3 do 7 mm.

Podczas spawania drutem powierzchnie łączone i materiał spoiwa w postaci drutu lub pręta uplastyczniane są gorącym gazem, następnie ręcznie lub stopką dyszy spawalniczej układana jest spoina (rys. 3 i rys. 4). Aby tą techniką połączyć grubsze elementy, niezbędne jest ułożenie większej liczby ściegów.

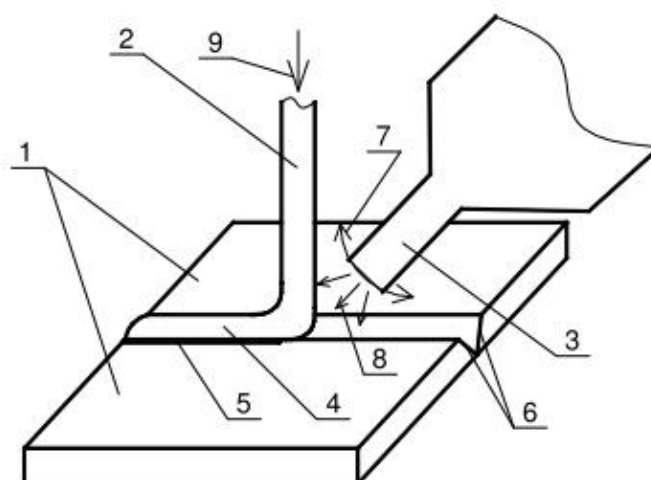


**Rys. 3.** Schemat spawania drutem w strumieniu gorącego powietrza. a – drut spawalniczy, b – gorące powietrze, c – spoina, d – Zukosowany łączony materiał, e – dysza spawalnicza



**Rys. 4.** Spawanie płyt z PP drutem profilowym z zastosowaniem dyszy spawalniczej.

W przypadku braku dyszy spawalniczej możliwe jest spawanie wahadłowe (Urząd Dozoru Technicznego nazywa takie spawanie wachlarzowym) bez użycia dyszy (rys.5 i rys. 6.), spawanie wtedy jest zdecydowanie mniej wydajne (ok. 10-krotnie wolniejsze).



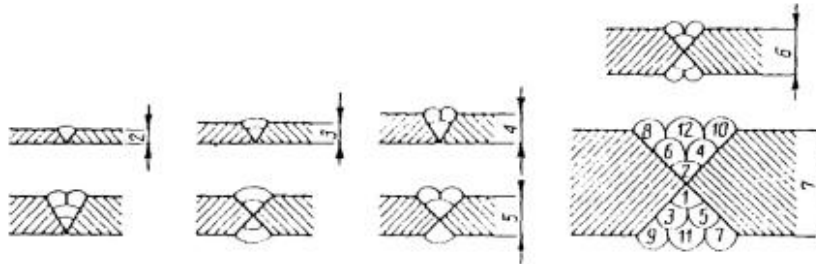
**Rys. 5.** Spawanie wahadłowe prętem z tworzywa w strumieniu gorącego gazu (najczęściej powietrza): 1 – materiały łączone, 2 – pręt-drut z tego samego tworzywa co materiały łączone, 3 – końcówka spawarki-dmuchawy gorącego gazu, 4 – lico wykonanej spoiny, 5 – nadlew-wypływka, 6 – ukosowany pod kątem  $60^\circ$  materiał – spoina doczołowa V, 7 – kierunek wykonywanego ruchu wahadłowego, 8 – gorący gaz, 9 – nacisk na pręt spawalniczy (ok. 1 – 2 kg)



**Rys. 6.** Zobrazowanie prawidłowego nadlewu-wypływki przy wahadłowym spawaniu utwardzonego polichlorku winylu (PVC) i profilowanego pręta spawalniczego PVC.

Bardzo istotna podczas spawania drutem jest odpowiednio dobrana temperatura gorącego gazu, oraz równomierna prędkość spawania i nacisk, tak aby powstał właściwy nadlew-wypływka, który jest gwarancją dobrego spawu. Zarówno materiał łączony jak i drut spawalniczy muszą być w takim samym stopniu uplastycznione, gdyż w przeciwnym wypadku nie nastąpi dyfuzja i spoina będzie wadliwa. Należy podkreślić, że temperatura którą będzie miało tworzywo podczas spawania zależy jednocześnie od temperatury gazu oraz prędkości spawania, czyli czasu jaki będzie gorący gaz oddziaływał z tworzywem. Przy większej prędkości spawania temperatura gazu powinna być wyższa niż przy mniejszej prędkości spawania.

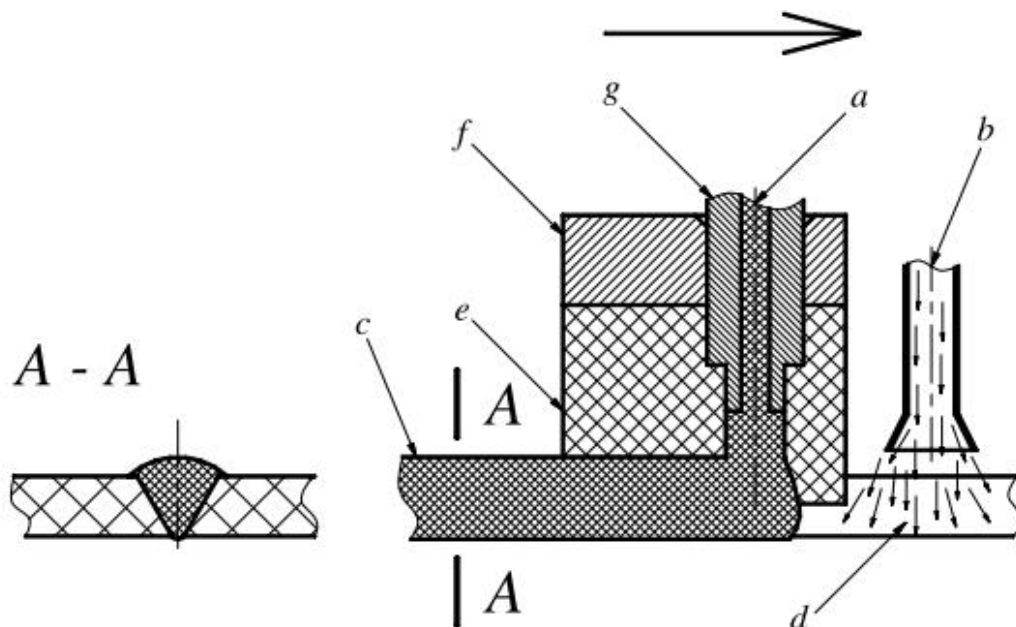
Na rysunku 7 pokazane jest jak należy dobierać warstwy spoin w zależności od grubości materiału łączonego. Należy zwrócić uwagę, że do wykonania spoiny X potrzeba mniej materiału niż do wykonania analogicznej spoiny V.



Rys. 7. Zależność ilości warstw spoiwa od grubości (mm) spawanych elementów.

### 2.1.2. Spawanie ekstruzyjne

W spawaniu ekstruzyjnym (wytłocznym) uplastycznione spoiwo jest wytłaczane z wytłaczarki i specjalną głowicą tzw. butem spawalniczym jest formowana spoina między uplastycznionymi gorącym gazem powierzchniami łączonymi (rys. 8). Tą metodą możemy jednym przejściem wykonywać spoiny o dużej grubości. Spawanie ekstruzyjne jest bardziej wydajne niż spawanie drutem.



Rys. 8. Schemat spawania ekstruzyjnego. a – stopione tworzywo z ekstrudera, b – gorące powietrze, c – spoina, d – ukosowany łączony materiał, e – but spawalniczy z PTFE, f – podstawa buta, g – dysza ekstrudera.



Rys. 9. Spawanie doczołowe płyt z PEHD spawarką ekstruzyjną

Wybór metody łączenia zależy od postaci łączonych elementów, zastosowania, warunków eksploatacji a także od budowy chemicznej i właściwości fizycznych łączonych materiałów.

### 3. Sposób wykonania ćwiczenia

Instrukcja obsługi urządzeń wraz z danymi technicznymi oraz uwagami dotyczącymi BHP powinna znajdować się na stanowisku. Obsługiwanie urządzeń do spawania i zgrzewania jest dozwolone tylko w obecności prowadzącego ćwiczenie po uprzednim zapoznaniu się z instrukcją lub przeszkoleniu. Należy ściśle stosować się do poleceń prowadzącego ćwiczenie. Należy zachować szczególną ostrożność, gdyż w przeciwnym wypadku istnieje groźba poparzenia.

#### 3.1. Spawanie tworzyw sztucznych

Na ćwiczeniach przewidziane jest przeprowadzenie spawania drutem bez oraz z dyszą szybkiego spawania a także spawanie ekstruzyjne. W/w metodami wykonane zostaną złącza doczołowe płyt z PE i PP ukosowanych na V lub X w zależności od grubości płyt. Wykonane złącza prowadzący ćwiczenie poprzecina w próbki do badań wytrzymałości względnej spoin a następnie zostaną przeprowadzone próby wytrzymałościowe.

### 4. Literatura

1. Schreder W.: Tworzywa sztuczne. Przeróbka i spawanie. Wydawnictwo Naukowo Techniczne. Warszawa 1973
2. Klimpel A.,: Spawanie i zgrzewanie tworzyw termoplastycznych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2000
3. Wytyczne Urzędu Dozoru Technicznego „SPAWACZE I ZGRZEWACZE TERMOPLASTYCZNYCH TWORZYW SZTUCZNYCH”, WDT-ST-1/00, Warszawa 2000



# Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny INSTYTUT INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ

Adres: al. Piastów 19, 70-310 Szczecin,  
NIP 852-254-50-56, Tel. 091 449 47 79, Fax. 091 449 43 56 , [www.iim.edu.pl](http://www.iim.edu.pl)

---

4. K. Kwiatkowski, Z. Roslaniec – „Badanie połączeń spawanych elastomerów poli(eterowo-estrowych). Cz. I. Wpływ zawartości segmentów giętkich na morfologię i właściwości mechaniczne”, POLIMERY 2004, 49, 268-274
5. Spawanie termoplastycznych tworzyw sztucznych przy użyciu spawarek ręcznych. Materiały reklamowe firmy LEISTER, prospekt 21A/PL , Kagiswil, Szwajcaria