



Techniki łączenia tworzyw sztucznych – zgrzewanie

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. Zgrzewanie tworzyw sztucznych

Zgrzewanie tworzyw sztucznych jest to proces łączenia elementów z tworzyw termoplastycznych polegający na uplastycznieniu pod wpływem podwyższonej temperatury łączonych powierzchni i docisku ich do siebie. Po ochłodzeniu powstaje trwałe złącze.

Ciepło potrzebne do uplastycznienia materiału, w zależności od techniki zgrzewania, może być doprowadzone z zewnątrz albo może być wytworzone wewnątrz materiału. Łańcuchy polimerowe dociśniętych do siebie łączonych powierzchni przeplatają się wzajemnie wskutek dyfuzji. Spłątane makrocząsteczki po ochłodzeniu tworzą trwałe połączenie. Ze względu na dyfuzyjny charakter procesu właściwości wytrzymałościowe złącza zależą od temperatury i czasu jej oddziaływania oraz od wartości docisku i czasu jego trwania.

Rozróżnią się następujące metody zgrzewania (podział ze względu na sposób doprowadzenia ciepła):

- A) nagrzewanie od **zewnątrznej** strony łączonych elementów:
 - 1) zgrzewanie kontaktowe
 - 2) zgrzewanie impulsowe
- B) nagrzewanie od **wewnętrznej** strony łączonych elementów:
 - 3) zgrzewanie gorącym powietrzem
 - 4) zgrzewanie gorącym klinem
 - 5) zgrzewanie gorącą płytą
 - 6) zgrzewanie tarciove
 - 7) zgrzewanie wibracyjne
 - 8) zgrzewanie laserowe
 - 9) zgrzewanie mufowe (polidyfuzyjne)
- C) nagrzewanie przy wytworzeniu ciepła wewnątrz łączonych materiałów
 - 10) elektrooporowe
 - 11) zgrzewanie prądami wysokiej częstotliwości
 - 12) Zgrzewanie mikrofalami
 - 13) zgrzewanie ultradźwiękowe

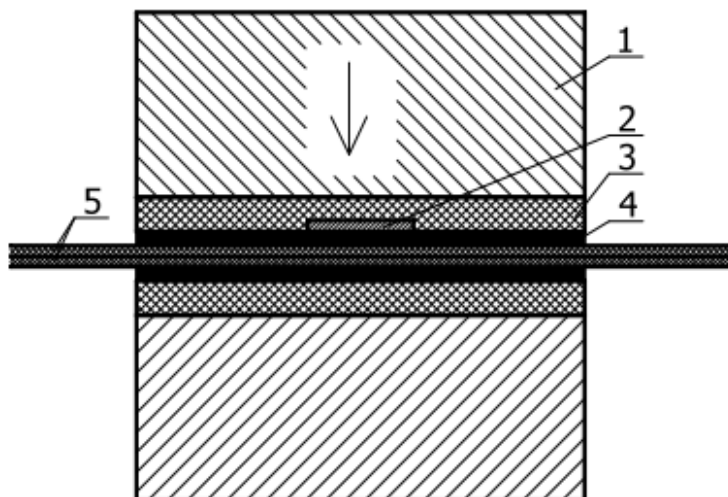
2.1.1. Zgrzewanie kontaktowe

Zgrzewanie kontaktowe polega na dociśnięciu łączonych elementów (przede wszystkim folii) do siebie między gorącymi elektrodami lub między gorącą i zimną elektrodą. Elektrody są nagrzewane poprzez przepływ prądu elektrycznego poprzez elementy elektrooporowe. Aby wyeliminować przywieranie uplastycznionego materiału do elektrod, powleka się je polichloroetylenem (PTFE)(znany pod nazwą handlową Teflon) lub tkaniną szklaną nasyconą PTFE. Elektrody podczas

całego procesu są gorące. W przypadku łączenia folii, często zgrzewanie kontaktowe prowadzi się w ten sposób aby podczas procesu nastąpiło przecięcie z jednoczesnym spojeniem przeciętych obrzeży.

2.1.2. Zgrzewanie impulsowe

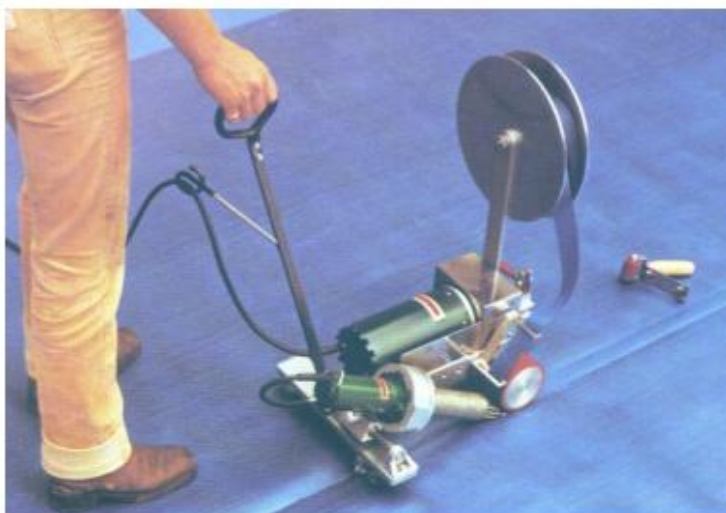
Zgrzewanie impulsowe (rys. 10) polega na ściśnięciu łączonych elementów (przede wszystkim folii) elektrodami, które następnie wskutek krótkiego impulsu prądu elektrycznego są bardzo szybko nagrzewane, a następnie szybko schłodzone. Czas impulsu wynosi od 0,1 do ok. 3 sekund w zależności od grubości. Impuls prądu nie nagrzewa całej elektrody tylko cienką taśmę elektrooporową znajdującą pod elektrodą osłoniętą tkaniną szklaną przesyconą PTFE. Po ustaniu impulsu ciepło jest odbierane przez masywną elektrodę stalową, która może być dodatkowo cały czas chłodzona. Zaletą metody zgrzewania impulsowego jest chłodzenie złącza pod dociskiem, co eliminuje możliwość jego uszkodzenia przed całkowitym schłodzeniem. Zalety tej nie posiadają zgrzewarki kontaktowe. Metoda ta jest najbardziej rozpowszechniona do zgrzewania opakowań z folii z jednoczesnym ich napełnianiem.



Rys. 10. Schemat zgrzewania impulsowego. 1 – listwa dociskowa, 2 – taśma elektrooporowa, 3 – guma porowata (izolacja elektryczna taśmy), 4 – tkanina szklana przesycona PTFE, 5 – łączone folie

2.1.3. Zgrzewanie gorącym powietrzem

Zgrzewanie to polega na nagraniu gorącym powietrzem wewnętrznych stron łączonych materiałów i docisku ich do siebie (rys. 11). Parametrem zgrzewania jest temperatura wypływającego powietrza i jego ciśnienie a także prędkość przesuwu oraz wielkość docisku. Docisk najczęściej odbywa się za pomocą elastycznego wałka co umożliwia zgrzewanie nierównych powierzchni. Technika zgrzewania gorącym powietrzem wykonuje się złącza zakładkowe. Metoda ta jest wydajna i umożliwia wykonywanie połączeń z szybkością do 15 m/min.



Rys. 11. Zgrzewanie gorącym powietrzem polietylenowej wykładziny basenu pływackiego taśmą o szerokości.

2.1.4. Zgrzewanie gorącym klinem

Zgrzewanie tą metodą polega na uplastycznieniu krawędzi łączonych elementów za pomocą gorącego klina metalowego i docisku krawędzi do siebie. Nacisk na elementy wywierany jest za pomocą walcowej rolki. Metoda podobna do zgrzewania gorącym powietrzem. Technika to zgrzewa się folie i cienkie płyty np. z PE, PVC, PMMA.

2.1.5. Zgrzewanie gorącą płytą

Metoda ta polega na dociśnięciu powierzchni łączonych do gorącej płyty w celu uplastycznienia tworzywa, a następnie po usunięciu płyty docisku powierzchni do siebie. Podstawowymi parametrami zgrzewania są: temperatura płyty, czas docisku do płyty i siła docisku, czas docisku powierzchni łączonych i siła docisku. Podczas zgrzewania tworzą się dwa symetryczne wypływki (wałeczki) powstałe z wyciśniętego ze złącza tworzywa. Metodą tą masowo wykonuje się połączenia rur i płyt z tworzyw sztucznych termoplastycznych. Największe zastosowanie metoda znajduje w łączeniu rur z przeznaczeniem do wody, gazu i innych mediów. Najczęściej są to rury z PEHD, PP. Duże zastosowanie metoda ta ma w produkcji okien i drzwi z PVC. Zgrzewaniem doczołowym łączy się płyty w budowie zbiorników instalacji chemicznych.

2.1.6. Zgrzewanie tarciove

W metodzie tej ciepło niezbędne do uplastycznienia materiału uzyskuje się przez wzajemne tarcie łączonych powierzchni z jednoczesnym dociskiem ich do siebie. Po osiągnięciu wymaganej temperatury operację tarcia przerywa się utrzymując tylko docisk. Zgrzewanie można przeprowadzać na przystosowanych do tego tokarkach – łączy się w ten sposób rury. Dobrze zgrzewają się tą metodą twarde termoplasty, podatne na utlenianie w podwyższonej temperaturze. Zgrzewanie odbywa się praktycznie bez dostępu powietrza do uplastycznionego tworzywa. Metoda doskonale nadaje się do zgrzewania PA, który jest twardy i podatny na utlenianie w podwyższonej temperaturze.

2.1.7. Zgrzewanie wibracyjne

Zgrzewanie wibracyjne jest odmianą zgrzewania tarciovego, gdyż ciepło potrzebne do uplastycznienia materiału również wydziela się podczas tarcia. Różnica polega na tym, że łączone powierzchnie trą o siebie wykonując wibracje względem siebie. Jeden z elementów jest nieruchomy, a drugi wprowadzany w ruch drgający, przy jednoczesnym wywieraniu docisku. Częstotliwość stosowana w tej metodzie wynosi 100 – 280 Hz. Elementy zgrzewane mogą mieć dowolny kształt. Względne przemieszczenie zgrzewanych części może być liniowe lub kątowe. Wibrujące powierzchnie zgrzewanych elementów ulegają uplastycznieniu w ciągu 2-3 s, a po ustaniu drgań następuje ich



zestalenie pod odpowiednim dociskiem. Tą metodą zgrzewać można elementy o większych gabarytach np. zbiorniki na paliwo do samochodów.

2.1.8. Zgrzewanie laserowe

W tej metodzie następuje uplastycznienie łączonych powierzchni jest następstwem absorpcji promieniowania laserowego. Oddziaływanie promienia lasera z makrocząsteczkami polimeru powoduje zwiększenie ich drgań i podniesienie temperatury tworzywa. Jeżeli tworzyw wykazuje słabą absorpcję promieniowania lasera, wprowadza się uprzednio do tworzywa środki pomocnicze w postaci cząstek dobrze absorbujących to promieniowanie. Przy pomocy lasera można wykonać połączenia doczołowe poprzez nagrzanie laserem rozsuniętych powierzchni przeznaczonych do zgrzania a następnie docisku ich do siebie podobnie jak ma to miejsce podczas zgrzewania gorącą płytą. Drugim sposobem zgrzewania za pomocą lasera jest wykonywanie połączeń elementów, z których jeden przepuszcza promieniowanie (nie wykazuje absorpcji) natomiast drugi doskonale absorbuje je. Są to elementy z tego samego polimeru ale jeden z elementów posiada napelniacz absorbujący promieniowanie lasera. Elementy są dociśnięte do siebie, promień lasera przechodzi przez jeden materiał natomiast na styku elementów następuje absorpcja promieniowania z wydzieleniem ciepła i zgrzanie.

2.1.9. Zgrzewanie mufowe (polidyfuzyjne)

Metoda stosowana wyłącznie do łączenia rur. W metodzie tej łączenie rur odbywa się za pomocą kształtek (muf), nie łączy się rury z rurą bezpośrednio. Miejsce zgrzania jest wewnętrzna powierzchnia kształtki i zewnętrzna rur. Nagrzewania odbywa się na specjalnych narzędziach pokrytych np. teflonem aby zapobiec adhezji do elementów grzejnych. Narzędzie jest w postaci nagrzanego z jednej strony trzpienia i z drugiej strony rury, na które nasadza się jednocześnie kształtkę i wsadza rurę. Po podgrzaniu elementów narzędzie usuwa się i natychmiastowo wkłada się rurę w kształtkę i następuje zgrzanie. Metodą to wykonuje się coraz częściej instalacje wodne z rur PE i PP w gospodarstwach domowych.

2.1.10. Zgrzewanie elektrooporowe

Metoda prawie identyczna jak zgrzewanie mufowe z tą różnicą, że nie nagrzewa się powierzchni łączonych gorącym narzędziem. Kształtki (mufy) posiadają wtopiony w ścianki drut elektrooporowy. Po włożeniu rur w kształtkę, przez drut przepuszczany jest prąd elektryczny powodujący rozgrzanie drutu i otaczającego go polimeru. Podgrzewa się zarówno wewnętrzna powierzchnia kształtki jak i zewnętrzna powierzchnia rur w kształtce. Następuje zgrzanie powierzchni.

2.1.11. Zgrzewanie prądami wysokiej częstotliwości

Metoda przeznaczona do tworzyw sztucznych mających budowę polarną i wykazujących wysoki współczynnik stratności dielektrycznej przede wszystkim do PVC. Możliwe jest też zgrzewanie tą metodą ABS, PET, PUR, EVA, CA. Pod działaniem pola elektromagnetycznego następuje polaryzacja cząsteczek tworzywa wg linii działania pola czyli ustawienie się dipoli analogicznie jak ustawia się igła kompasu w polu elektromagnetycznym. Po zmianie biegunów przyłożonego napięcia, następuje przegrupowanie dipoli o 180°. Jeżeli zmiana biegunów odbywa się miliony razy w ciągu sekundy (dokładnie 27 MHz), ruch dipoli wywołuje tarcie wewnętrzne i nagrzewanie się materiału (wyobrazić sobie to można w ten sposób, że igła kompasu reprezentująca pojedynczy dipol na skutek zmiennego pola elektromagnetycznego ustawiała się z wielką częstotliwością raz w górę raz w dół). Elektrody, które dociskają materiał są zimne a ciepło wytwarzane jest w materiale między elektrodami. Górna elektroda ma kształt wykonywanego złącza a dolną stanowi płyta. Wytrzymałość względna spoin wykonanych tą metodą jest bardzo wysoka i dochodzi do 99%, gdyż wymuszony ruch dipoli bardzo wzmacnia dyfuzję łańcuchów i wzajemne ich przemieszanie w złączu. Metodą tą wykonuje się zgrzewanie elementów wyposażenia samochodowego, materiałów obiciowych wykonanych np. ze sztucznej skóry PVC.



2.1.12. Zgrzewanie mikrofalami

Metoda analogiczna do zgrzewania prądami wysokiej częstotliwości różniąc się jedynie częstotliwością pola wynosząca 0,3-300 GHz i długościami fal elektromagnetycznych.

2.1.13. Zgrzewanie ultradźwiękowe

Zgrzewanie to polega na wprowadzeniu materiału łączonego za pomocą sondotrody w drgania o częstotliwościach ultradźwiękowych (20-40 KHz), przez co w miejscu odpowiednio uformowanego styku materiałów wydziela się ciepło umożliwiające zgrzanie po ustaniu drgań. Ciepło wydziela się z powodu tarcia wewnętrznego na skutek wysokich naprężeń zmiennych w czasie (a co za tym idzie odkształceń) w miejscu styku materiałów. Materiały w miejscu styku mają małą powierzchnię co powoduje że pod wpływem siły w tym miejscu powstają duże naprężenia i odkształcenia. Zgrzewarka ultradźwiękowa składa się m.in. z przetwornika drgań, w którym wytwarzane są drgania mechaniczne trzpienia, który przenosi je na materiał łączony a także z kowadełka przejmującego nadmiar drgań i odprowadzającego ciepło. Tworzywo przeznaczone do zgrzewania ultradźwiękowego nie powinny tłumić drgań a więc powinny być twarde (np. PA, PC, PMMA, PS, PET, PBT), aby przekazywać całą energię do złącza. Metoda wydajna, czas zgrzewania nie przekracza 2 s.

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. Zgrzewanie tworzyw sztucznych

W czasie ćwiczeń zostaną wykonane połączenia doczołowe rur z PE i PP metodą gorącej płyty. Przy pomocy zgrzewarki impulsowej wykonane zostaną worki z folii PE. Na zgrzewarce wielkiej częstotliwości wykonane zostanie połączenie folii ze zmiękzonego PVC.

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
4. K. Kwiatkowski, Z. Rosłaniec – „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