

MATERIAŁY POMOCNICZE DO ĆWICZENIA: SPIENIANIE TWORZYW SZTUCZNYCH

Spieniony polistyren (EPS) jest tworzywem porowatym, otrzymywanym w wyniku spieniania granulek polistyrenu zawierających czynnik porotwórczy (porofor), którym najczęściej jest: n-pentan (lub izobutan).

Przemysłowy proces technologiczny składa się z trzech głównych etapów:

Etap 1: Wstępne Spienianie (Ekspandowanie)

Spęczniecie to proces wstępnego rozprężania granulek polistyrenu zawierających porofor (np. pentan, izobutan) za pomocą pary wodnej. Celem jest zwiększenie ich objętości i przygotowanie do późniejszego formowania w bloki lub kształtki (powiększenie objętości granulek surowcowych poprzez termiczną aktywację poroforu, prowadzące do wytworzenia zamknięto-komórkowej, porowatej struktury). Proces ten trwa od 2 do 5 minut.

- Do zbiornika (przeważnie wolnoobrotowy mixer z podgrzewanym płaszczem parowym) wsypuje się precyzyjnie odmierzoną ilość surowca (granulek EPS). Ilość zależy od pojemności zbiornika i żądanej gęstości końcowej wyrobu. Zbiornik napełnia się tylko częściowo (max. 60-70% pojemności), aby granulki miały przestrzeń do powiększania się.
- Do zbiornika wprowadza się parę wodną pod niskim ciśnieniem (zazwyczaj 0,5 - 2 bar). Para jest kluczowym czynnikiem dostarczającym ciepło niezbędne do odparowania poroforu wewnątrz granulek. Zbyt niska temperatura ($<95^{\circ}\text{C}$) nie zmiękczy skutecznie polimeru. Zbyt wysoka ($>120^{\circ}\text{C}$) może prowadzić do nadmiernego spiętrzenia granulek, ich zapadnięcia lub wręcz degradacji termicznej.
- Pod wpływem ciepła pary: pentan (lub inny porofor) zawarty w granulkach odparowuje i rozpręża się. Powstają zamknięte pory wewnątrz każdej granulki, powodując jej powiększenie nawet 20-50 razy w stosunku do objętości początkowej. Tworzą się pęcherzyki powietrza (ok. 98% objętości to powietrze, tylko 2% to polimer). Powstające ciśnienie pary wewnątrz granulek jest równoważone przez ciśnienie pary zewnętrznej, co zapobiega przedwczesnemu pękaniu.
- Po osiągnięciu żądanej objętości dopływ pary zostaje odcięty i materiał jest chłodzony. Wprowadzane jest podciśnienie lub rozpylana jest woda, aby schłodzić granulki. Schłodzenie jest bardzo ważne. Para i pentan wewnątrz granulek skraplają się, tworząc częściową próżnię. Bez tego, po otwarciu zbiornika, zimne powietrze z zewnątrz spowodowałoby zassanie się do wnętrza granulek i ich zapadnięcie. Schłodzone granulki są wyprowadzane na sito wibracyjne lub do silosów.
- Wstępne spienianie granulatu polistyrenu, ma wpływ na gęstość finalnego produktu. Im bardziej rozszerzy się granulak tym mniejszą przyjmie gęstość.

Styropian – Otrzymywanie

Etap 2: Sezonowanie

Powstałe cząstki spienionego polistyrenu przed dalszą obróbką muszą przejść etap sezonowania w przewiewnych silosach. W ten sposób w drodze dyfuzji, do ich wnętrza wnika powietrze nadając im niezbędną w dalszych etapach stabilność. Granulki leżakują przez kilka do nawet 24 godzin w przewiewnych pojemnikach (np. big-bagach). Im większa gęstość tym dłużej trwa sezonowanie. W tym czasie powietrze dyfunduje do wnętrza granulek, wyrównując ciśnienie wewnętrzne z atmosferycznym. Granulki tracą nadmiar wilgoci. Podczas sezonowania następuje:

- Dyfuzja powietrza: Podczas dojrzewania, granulki są magazynowane w silosach wentylowanych lub workach z tkaniny siatkowej. Umożliwia to dyfuzję powietrza atmosferycznego przez ich cienkie ścianki komórkowe do wnętrza.
- Wyrównanie ciśnienia: Powietrze stopniowo wypełnia puste komórki, wyrównując ciśnienie wewnętrzne z atmosferycznym.
- Kondensacja poroforu: Jednocześnie, pozostały w granulkach skroplony pentan powoli odparowuje, dyfunduje przez strukturę i ponownie kondensuje, wspomagając utrzymanie sztywnej struktury i "naprawiając" ewentualne mikrouszkodzenia.

Etap 3: Formowanie

Granulki wstępnie spienionego polistyrenu wsypywane są do dużych prostopadłościennych form i ponownie spieniane przy użyciu pary wodnej o temperaturze 110°C do 120°C pod wpływem, której łączą się tworząc zamkniętą, piankową strukturę. Po ostudzeniu bloki styropianu są wyjmowane z form i sezonowane. Granulki są wsypywane do form i ponownie poddawane działaniu pary wodnej. Granulki skleją się ze sobą dzięki mięknieniu powierzchni i obecności gazu porotwórczego. Powstają bloki styropianowe (duże bryły, np. 1 × 1 × 5 m) lub gotowe kształtki (np. opakowania, elementy ochronne).

Formowanie składa się z następujących etapów:

- Wtłoczenie pary: Para wodna pod ciśnieniem (0,5 – 3 bar) jest wtłaczana przez perforacje w ściankach formy, wnikać w masę granulek.
- Przenikanie ciepła: Para kondensuje na powierzchni zimniejszych granulek, oddając ogromne ilości energii cieplnej (ciepło kondensacji).
- Mięknienie i sprasowanie: Ciepło powoduje ponowne, powierzchniowe zmiękczenie polistyrenu. Jednocześnie para wypiera powietrze z przestrzeni międzygranulkowych. Ciśnienie pary i/lub mechaniczne dociskanie formy powoduje sprasowanie granulek.
- Spiekanie (Sklejanie): Miękkie, nagrzane powierzchnie sąsiednich granulek łączą się ze sobą, tworząc jednolitą, spieczoną strukturę. Część pentanu i pary wodnej odparowuje, prowadząc do ostatniej, niewielkiej ekspansji, która idealnie wypełnia formę.
- Chłodzenie i ciecie styropianu.