

inż. Robert Dorociak\*  
mgr inż. Ryszard Nadowski\*  
mgr inż. Andrzej Barszcz\*

## Płyty styropianowe perforowane do ocieplania budynków

Izolacje termiczne budynków wykonane z płyt styropianowych charakteryzują się niskimi kosztami, stabilnością kształtu i odpornością na zawilgocenie, ale utrudniają odprowadzenie wody technologicznej z konstrukcji budynku. Sytuację może poprawić zastosowanie styropianu perforowanego, ale jego podaż jest ograniczona z uwagi na brak technologii umożliwiającej masową produkcję. W tej sytuacji w Instytucie Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, we współpracy z ZPB „Jerzy Maciejewski”, podjęto się realizacji projektu badawczego, finansowanego przez NCBiR, dotyczącego technologii oraz urządzeń do masowej produkcji styropianu perforowanego. W opracowanej technologii perforowanie zachodzi na drodze wytapiania otworów przez rozgrzane węgelniki, a pakiet płyt jest perforowany w dwóch przejściach roboczych. Urządzenie uzyskuje wydajność 20 m<sup>3</sup>/h dzięki możliwości perforowania całych, zafoliowanych pakietów płyt.

### Wyniki badań

W latach 2009 – 2010 w Instytucie Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego przeprowadzono badania porównawcze stosowanych obecnie materiałów termoizolacyjnych – wełny mineralnej, styropianu tradycyjnego, a także styropianu perforowanego o różnych rozstawach otworów. Zakres badań porównawczych, ich metodyka oraz przyjęte kryteria oceny zostały opracowane w celu umożliwienia rzetelnej analizy wyników – w odniesieniu do tych samych warunków otoczenia zewnętrznego dla każdej z badanych próbek. Założono przeprowadzenie badań płyt styropianowych standardowych oraz modyfikowanych (ze zróżnicowanym rozstawem otworów o przyjętej wstępnie średnicy) dla tej samej grubości warstwy izolacyjnej – z naniesionymi identycznymi warstwami wykończeniowymi w postaci siatki i warstw tynku dekoracyjnego. W przyjętej metodyce badawczej założono przeprowadzenie rejestracji ciągłej z wykorzystaniem rejestratorów cyfrowych mierzących temperaturę i wilgotność w poszczególnych obszarach testowych oraz analizę komputerową procesu po zakończeniu poszczególnych prób. Próbkę badawczą zostały wykonane metodą ręczną (rysunek 1). Pomiary wykonano na specjalnym stanowisku badawczym (fotografia 1). Uzyskane wyniki potwierdziły, że styropian perforowany cechuje się większą paroprzepuszczalnością niż tradycyjny (rysunek 2), bez pogorszenia izolacyjności termicznej z uwagi na wytworzenie się zamkniętych cylindrycznych komór powietrznych, w których (ze względu na małą średnicę otworów) ruch powietrza jest ograniczony.

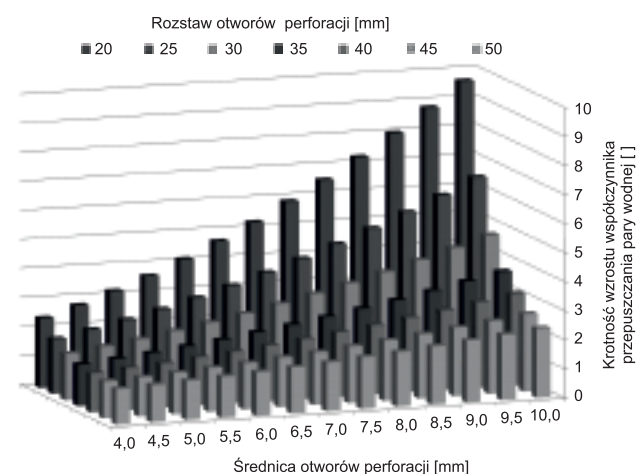
\* Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego w Warszawie



Rys. 1. Przykładowe próbki badawcze z powłoką elewacyjną z akrylowej masy tynkarskiej (źródło: [1])



Fot. 1. Ogólny widok stanowiska pomiarowego (źródło: [1])



Rys. 2. Zestawienie zbiorcze wyników badań paroprzepuszczalności (źródło: [1])

Styropian perforowany jest stosowany w kompleksowych systemach ociepleń, mających stosowne aprobaty techniczne, dlatego nie uwzględniano zjawiska kondensacji pary wod-

nej na styku międzywarstwowym w programie badań mających na celu opracowanie technologii produkcji płyt perforowanych. Obserwacje przeprowadzone po zakończeniu badań nie wykazały występowania przebarwień lub plam z wody na tynku zewnętrznym w obszarach otworów perforacji, ponieważ do systemów ociepleń na bazie styropianu perforowanego stosuje się zewnętrzne wyprawy tynkarskie charakteryzujące się odpowiednią paroprzepuszczalnością.

Wyniki badań potwierdziły celowość opracowania krajowej metody wytwarzania perforowanych płyt styropianowych na skalę przemysłową oraz urządzeń umożliwiających ich produkcję w konkurencyjnej cenie. Przeprowadzono również badania mające na celu rozpoznanie warunków temperatury procesu perforowania płyt styropianowych, pod kątem uzyskania:

- prawidłowej penetracji na głębokość do 600 mm, bez uszkodzeń płyt górnych i dolnych pod wpływem temperatury;
- jednakowych parametrów perforacji wszystkich płyt wchodzących w skład pakietu;
- odpowiedniej obliczeniowej wydajności technicznej procesu.

W wyniku serii przeprowadzonych prób sformułowano następujące wnioski:

- proces perforacji przebiega bez zakłóceń w temperaturze powyżej 190 °C;
- powyżej 240 °C występuje zwiększone przetapianie styropianu powodujące rozkalibrowanie średnicy otworów;
- w wyższej temperaturze występuje sklejanie sąsiednich płyt pakietu.

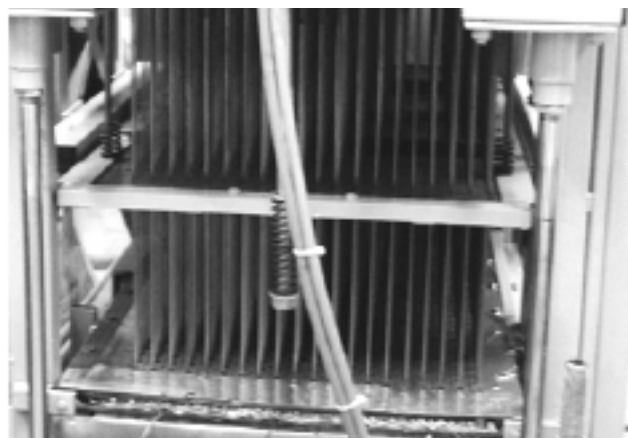
Na podstawie przeprowadzonych badań podstawowych przyjęto średnicę nominalną wykonywanych otworów 5 mm oraz ich rozstaw na powierzchni pakietu 25 mm. Wyniki badań pozwoliły również na określenie założeń konstrukcyjnych zespołu perforującego oraz przyjęcie wstępnych założeń dotyczących technologii produkcji na skalę masową.

### Założenia technologiczne produkcji płyt perforowanych

Podstawowym założeniem było uzyskanie dużej wydajności procesu perforowania całych, zafoliowanych pakietów płyt za pomocą urządzenia perforującego wyposażonego w określoną liczbę węgłników o wymiarach geometrycznych wynikających z badań podstawowych. Otwory w styropianie miały być wytapiane przez węgłniki rozgrzane do temperatury ok. 200 °C. Otwory wykonane tą metodą charakteryzują się gładkimi ściankami na skutek stopienia przylegających do węgłnika warstw polistyrenu. Rozważano dwa sposoby realizacji cyklu:

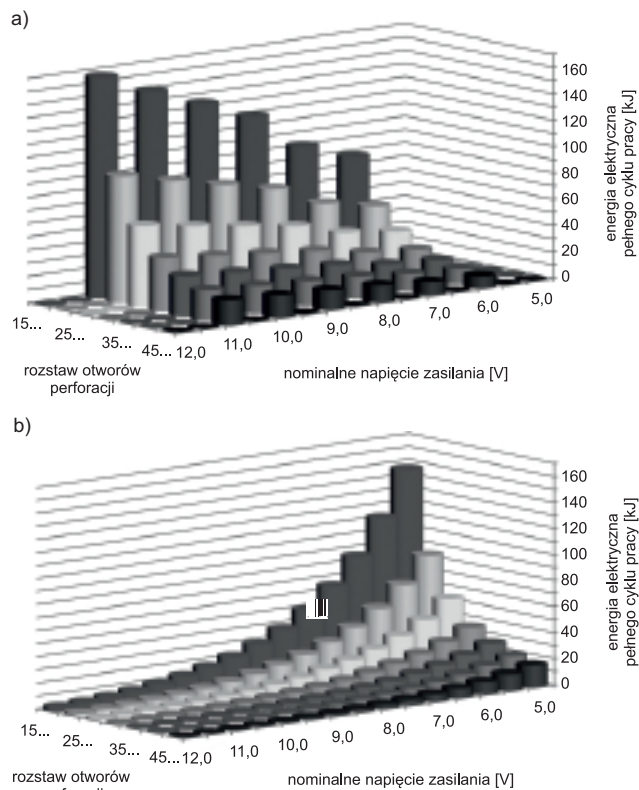
- jednorzędowy, z długimi węgłnikami oraz płytą dystansową na dole pakietu;
  - dwurzędowy, z krótkimi węgłnikami;
- przy dwóch systemach nagrzewania węgłników – płytą grzejną lub świecą żarową.

Na podstawie wyników przeprowadzonych testów opracowano i wykonano zespoły robocze dla dwóch wersji układu perforującego. Komorę roboczą pokazano na fotografii 2. W pierwszej wersji wykonano próby z węgłnikami zawierającymi świecę żarową. Rozwiązanie to okazało się oszczędne pod względem energetycznym – świeca żarowa pracowała w czasie ruchu roboczego, a prąd zasilający odłącza-



Fot. 2. Komora robocza zespołu perforującego (źródło: [1])

no podczas ruchu w położenie początkowe. Badania wykonano dla całego użytecznego zakresu napięć zasilania świec żarowych, przy różnym rozstawie otworów. Wyniki badań energochłonności procesu przedstawiono na rysunku 3. Przeprowadzona analiza energetyczna procesu umożliwiła określenie zapotrzebowania na energię elektryczną i mechaniczną oraz optymalizację procesu technologicznego perforacji dla kryterium minimum zużycia energii, przy zadanej wartości rozstawu otworów perforacji. Mimo że wydajność energetyczna procesu perforacji pakietu płyt z zastosowaniem świec żarowych była zadowalająca, to wystąpiły problemy techniczne, takie jak:



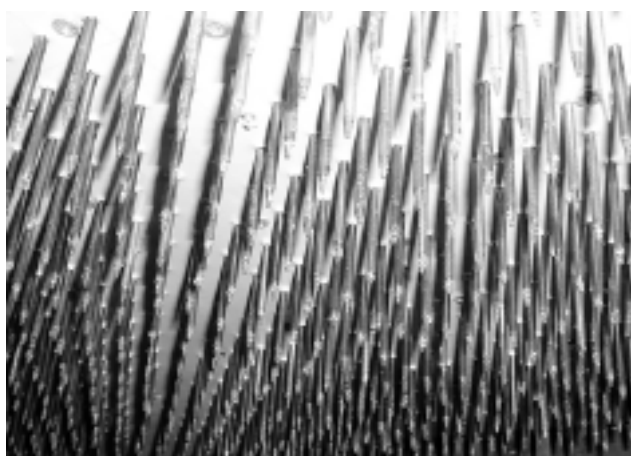
Rys. 3. Wyniki analizy energetycznej procesu perforacji (źródło: [1]): a) zapotrzebowanie energii elektrycznej; b) zapotrzebowanie energii mechanicznej

- rozbudowany system sterowania, z niezbędnym monitoringiem funkcjonowania poszczególnych końcówek grzejnych;

- oklejanie się stopionego styropianu na pobocznicach węglników;

- blokada (przez zaklejenie w pakiecie płyt) węglników w przypadku zaniku zasilania – mała bezwładność cieplna układu.

W związku z tym w rozwiązaniu docelowym zastosowano grzałki elektryczne umieszczone w dolnej płycie prowadzącej, nagrzewające pośrednio węglniki pełne (pręty stalowe o profilowanej końcówce), pokazane na fotografii 3. Na podstawie wykonanych badań stwierdzono, że o ile zapotrzebowanie na moc wzrasta w stosunku do rozwiązania z końcówkami grzejnymi – to zwiększony pobór mocy występuje tylko przez początkowych 20 min pracy urządzenia, podczas rozgrzewania zespołu grzałek i nagrzewania początkowego węglników. Po rozgrzaniu układ grzejny przechodzi w stan pracy przerywanej i zapotrzebowanie mocy maleje do poziomu porównywalnego z układem węglników ze świecami żarowymi. Inne ważne zalety tego systemu grzejnego to równomierny rozkład temperatury oraz samooczyszczanie pobocznic węglników podczas ruchu powrotnego w położenie wyjściowe (odparowywanie pozostałości polistyrenu) i w przypadku zaniku zasilania (wystarczająca bezwładność cieplna układu).



Fot. 3. Węglniki pełne (ogrzewanie specjalną płytą grzejną) (źródło: [1])

Na przedstawionym na fotografii 4 urządzeniu przeprowadzono badania jakości produktu oraz wydajności technicznej przy dwóch rodzajach przebiegów roboczych – jedno- (głębokość 600 mm) oraz dwuprzebiegowego (głębokość 300 mm). W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że:

- przy jednorazowym perforowaniu pakietu płyt (głębokość 600 mm) występuje znaczny rozrzut otworów w płytach dolnych, co nie wpływa na charakterystykę termiczną i paroprzepuszczalność, ale może mieć wpływ na walory marketingowe produktu finalnego;

- proces dwuprzebiegowego perforowania pakietów płyt styropianowych (głębokości 300 mm) cechuje się znacznie lepszym odwzorowaniem zakładanej siatki otworów;

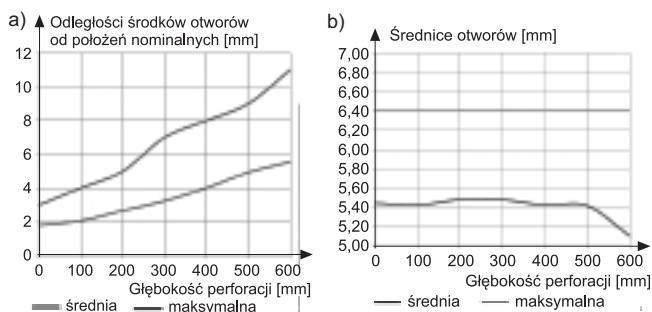
- sklejanie poszczególnych płyt styropianowych (przy liczbie węglników 800 szt.) zachodzi w każdym z wymienionych procesów, ale występujące siły nie powodują uszkodzenia płyt podczas ich rozdzielania;



Fot. 4. Ogólny widok urządzenia perforującego (źródło: [1])

- średnia wydajność eksploatacyjna opracowanych urządzeń wynosi 15 m<sup>3</sup>/h, a w cyklu automatycznym możliwe jest uzyskanie maksymalnej wydajności 25 m<sup>3</sup>/h.

W wyniku przeprowadzonych serii pomiarów i badań (rysunek 4) wybrano, jako rekomendowaną, metodę perforacji z zastosowaniem dwóch przejść węglników – kolejno z obu stron pakietu. W opracowanym zestawie urządzeń do perforowania pakietowego płyt styropianowych zastosowano pneumatyczne układy napędowe dla poszczególnych ruchów roboczych. Wybór napędów pneumatycznych był poddyktowany powszechną dostępnością sprężarek w zakładach produkcyjnych lub obecnością sieci zakładowych sprężonego powietrza.



Rys. 4. Rozkład odległości środków (a) oraz średnic (b) otworów dla różnej głębokości perforacji (źródło: [1])

## Podsumowanie

Opracowano nową technologię masowej produkcji styropianu perforowanego oraz modelowe rozwiązania docelowych podstawowych zespołów i urządzeń linii technologicznej. Pozwoli to na uruchomienie produkcji w zakładach na terenie całego kraju, co spowoduje ograniczenie kosztów transportu nowego wyrobu, a jednocześnie obniży jego cenę.

## Literatura

[1] Sprawozdanie z wykonania projektu rozwojowego Nr 03 0025 06 „Technologia produkcji oraz zestaw maszyn i urządzeń do perforacji płyt styropianowych przeznaczonych do stosowania w kompleksowych systemach ociepleń” – praca zbiorowa pod redakcją prof. dr. hab. inż. Witolda Gutkowskiego – dokument IMBiGS