



WYŻSZA SZKOŁA EKOLOGII I ZARZĄDZANIA

Wydział Architektury

00-792 Warszawa, ul. Olszewska 12

MATERIAŁY DO IZOLACJI CIEPLNYCH W BUDOWNICTWIE

Część III

Materiały termoizolacyjne z tworzyw sztucznych

MATERIAŁY TERMOIZOLACYJNE Z TWORZYW SZTUCZNYCH (1)

Przemysł tworzyw sztucznych produkuje wyroby do izolacji cieplnych w budownictwie z polistyrenu, poliuretanu oraz z pianki fenolowej.

Tworzywami sztucznymi nazywa się materiały, które składają się z polimeru (żywicy) oraz dodatków w postaci:

- (a) wypełniaczy,
- (b) stabilizatorów.
- (c) zmiękczaczy lub plastyfikatorów,
- (d) środków barwiących,
- (e) środków smarujących,
- (f) środków zmniejszających palność.

Polimer pochodzi od greckiego słowa „*polymeros*” oznaczającego wielkie części. Polimery są materiałami organicznymi pochodzącymi z przeróbki ropy naftowej, gazu lub węgla kamiennego.

Polimery (żywice), jako substancje wielkocząsteczkowe, powstają w wyniku polireakcji substancji małocząsteczkowych (monomerów). W zależności od chemicznego przebiegu polireakcji rozróżnia się substancje wielkocząsteczkowe w postaci:

- żywic polimeryzacyjnych,
- żywic polikondensacyjnych,
- żywic poliaddycyjnych.

MATERIAŁY TERMOIZOLACYJNE Z TWORZYW SZTUCZNYCH (2)

Materiały dodatkowe do żywic

- (a) **Wypełniacze** – dodawane w celu zwiększenia wytrzymałości polimerów głównie przez ograniczenie zdolności do przemieszczania się cząsteczek żywicy. Zwiększają one również stabilność wymiarową i obniżają koszt wytwarzania wyrobów. Wypełniaczami są względnie obojętne materiały, takie jak: krótkowłóknista celuloza, skrawki tkanin, krzemionka, mika, proszki metali i sadza. Sadza zwiększa wytrzymałość, sztywność, twardość i odporność cieplną wyrobu.
- (b) **Stabilizatory** – stanowią dodatki zapobiegające rozkładowi polimeru pod wpływem utleniania, promieniowania nadfioletowego lub podwyższonej temperatury. Przykładowo:
- polietylen zabezpiecza się przed promieniowaniem nadfioletowym, dodając jako stabilizatora sadzy,
 - polichlorek winylu zabezpiecza się przed promieniowaniem nadfioletowym i podwyższoną temperaturą, dodając związki ołowiu lub organiczne sole metali;
- działanie stabilizacyjne dodatków polega w tym przypadku na chemicznym wiązaniu tlenu i produktów rozpadu polichlorku winylu.

MATERIAŁY TERMOIZOLACYJNE Z TWORZYW SZTUCZNYCH (3)

Materiały dodatkowe do żywic (c.d.)

(c) **Zmiękczacze** (plastyfikatory) są dodawane w celu obniżenia temperatury zeszklenia, a przez to zwiększenia plastyczności polimeru w określonym przedziale temperatury. Często stosowanymi zmiękczaczami są polimery o małej masie cząsteczkowej. Są one szczególnie ważne w przypadku polichlorku winylu, gdyż jego temperatura zeszklenia (cechy ciała stałego) jest znacznie wyższa od temperatury otoczenia.

(d) **Środki barwiące** – nadają polimerom żądane zabarwienie. Do tego celu stosowane są pigmenty lub barwniki.

Pigmenty są nierozpuszczalnymi materiałami barwiącymi dodawanymi do polimeru w postaci proszku. Typowymi pigmentami są niektóre związki krystaliczne, na przykład: tlenek tytanu, tlenki żelaza, sole niklu, kobaltu itp.

Barwniki są rozpuszczalnymi związkami organicznymi mogącymi powodować zabarwienie materiału z zachowaniem jego przezroczystości.

MATERIAŁY TERMOIZOLACYJNE Z TWORZYW SZTUCZNYCH (4)

Materiały dodatkowe do żywic (c.d.)

- (e) **Środki smarujące** – dodawane są w celu ułatwienia przetwórstwa polimerów. Ich zadaniem jest zmniejszenie lepkości polimeru podczas formowania i zmniejszenie przyczepności polimeru do gorących powierzchni maszyn przetwórczych. Najczęściej stosowanymi środkami smarującymi są parafiny i woski.
- (f) **Środki zmniejszające palność** (nazywane *antypirenami*) – dodawane ze względu na to, że w większości polimery są materiałami organicznymi i po zainicjowaniu palenia płoną aż do całkowitego spalania. Przez wprowadzenie do polimerów substancji wydzielających podczas spalania duże ilości niepalnych gazów odcinających dopływ tlenu do płonącego materiału, można wywołać efekt samogaśnięcia. Podstawowymi składnikami antypirenów są: chlor, brom, fosfor lub antymon.

Wyroby z tworzyw sztucznych są materiałami niebezpiecznymi w czasie pożaru. Większość związków organicznych zawiera dioksyny. W czasie pożaru następuje wydzielanie się tych dioksyn, które są bardziej toksyczne od cyjanku potasu. Stwierdzono, że naruszają one strukturę kodu genetycznego i osłabiają proces wzrostu. Pierwszymi objawami zatrucia dioksynami są alergie skórne.

MATERIAŁY TERMOIZOLACYJNE Z TWORZYW SZTUCZNYCH (5)

Tworzywo polistyrenowe

Polistyren – należący do grupy żywic polimeryzacyjnych – wytwarzany jest na bazie surowców naturalnych (najczęściej ropy naftowej) z użyciem niewielkiej ilości *pentanu* jako środka spieniającego, zamkniętego w cząstkach polistyrenu. Polistyren, będący przetworzonym surowcem syntetycznym, ma postać twardego, szklanego granulatu kulistego o średnicy $0,2 \div 2,5$ mm. Jego gęstość naturalna wynosi $\rho = 1010 \div 1070$ kg/m³, a gęstość pozorna (nasykowa) $\rho \cong 650$ kg/m³.

Polistyren, wraz z dodatkami w postaci granulatu, jest półproduktem w procesach wytwarzania termoizolacyjnych materiałów budowlanych o handlowych nazwach: **styropian** i **styrodur**.

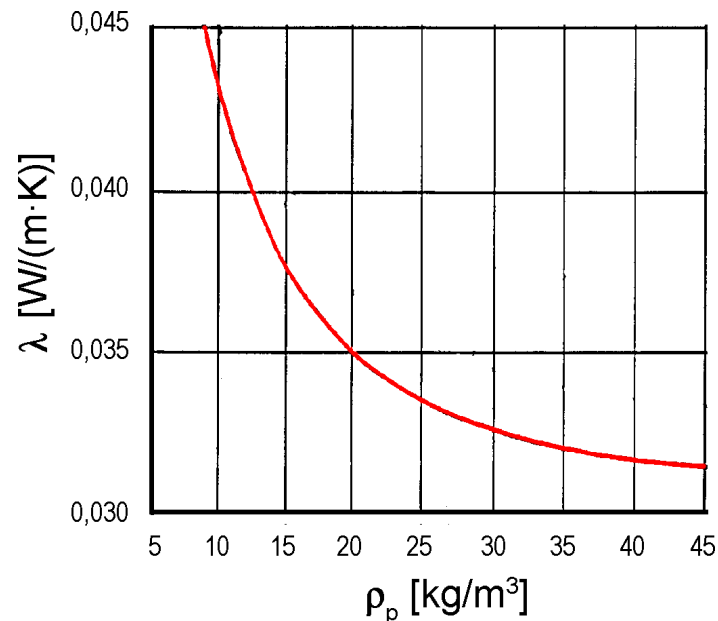
Styropian i wyroby styropianowe objęte są normą **PN-EN 13163** „*Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie. Wyroby ze styropianu (EPS) produkowane fabrycznie. Specyfikacja*”.

Styrodur i wyroby z tego tworzywa objęte są normą **PN-EN 13164** „*Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie. Wyroby z polistyrenu ekstrudowanego (XPS) produkowane fabrycznie. Specyfikacja*”.

MATERIAŁY TERMOIZOLACYJNE Z TWORZYW SZTUCZNYCH (6)

Wyroby ze styropianu

Styropian (*EPS* – *Expanded PolyStyrene*) otrzymywany jest poprzez kolejny proces spieniania granulek polistyrenowych, poddając je działaniu gorącej pary wodnej o temp. ok. 100°C, z ewentualnie dodatkową porcją związków antypirenowych (styropian samogaśnący). Efektem tego procesu jest 10-krotne do nawet 70-krotnego powiększenia się objętości granulek, których gęstość pozorną (nasypaną) wynosi wówczas $\rho_p = 10 \div 45 \text{ kg/m}^3$. Tak powstały sypki materiał stanowi sztuczne tworzywo surowcowe do produkcji wyrobów ze styropianu.



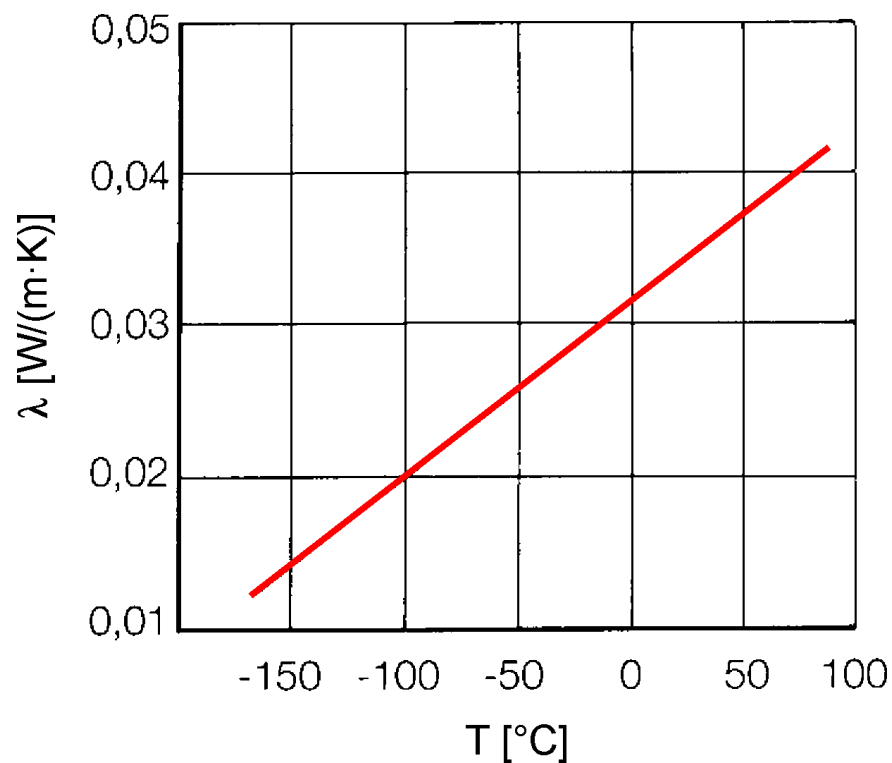
Właściwości fizyko-mechaniczne styropianu

- a) współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)]
w funkcji gęstości pozornej ρ_p [kg/m³]

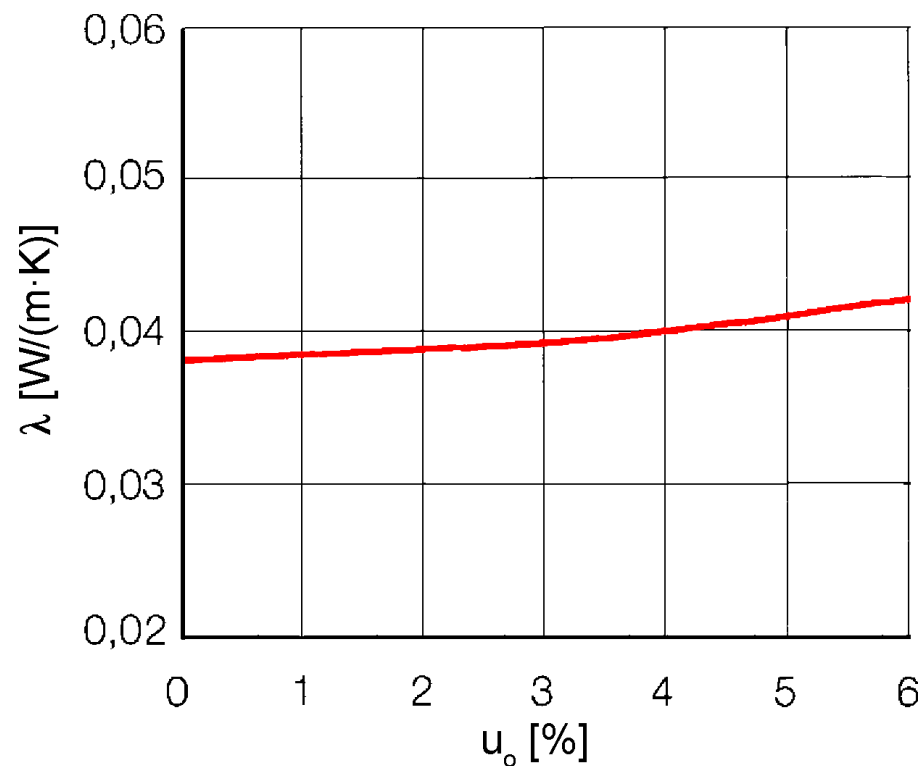
MATERIAŁY TERMOIZOLACYJNE Z TWORZYW SZTUCZNYCH (7)

Właściwości fizyko-mechaniczne styropianu (c.d.)

b) współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)]
w funkcji temperatury środowiska T [°C]



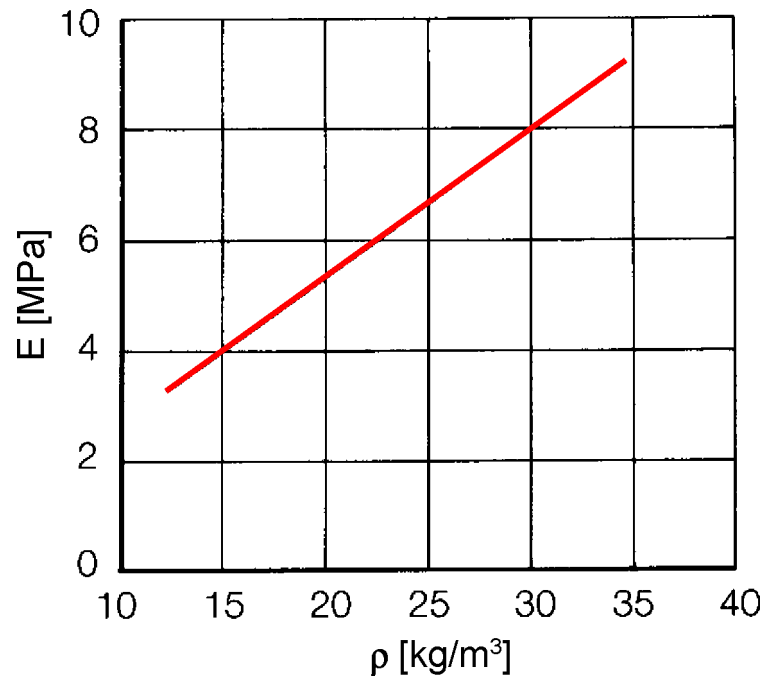
c) współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)]
w funkcji wilgotności objętościowej u_o [%]



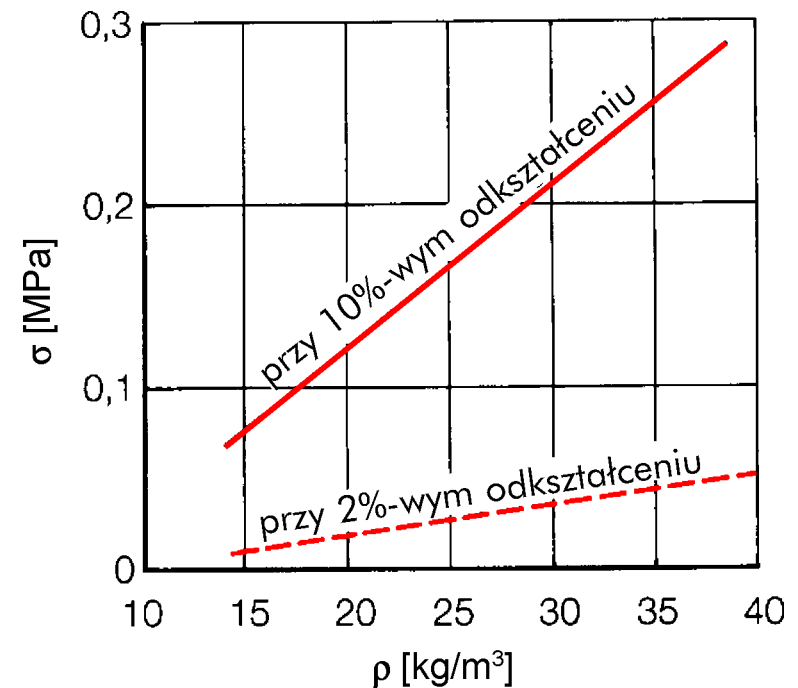
MATERIAŁY TERMOIZOLACYJNE Z TWORZYW SZTUCZNYCH (8)

Właściwości fizyko-mechaniczne styropianu (c.d.)

d) moduł sprężystości E [MPa]
w funkcji gęstości pozornej ρ_p [kg/m³]



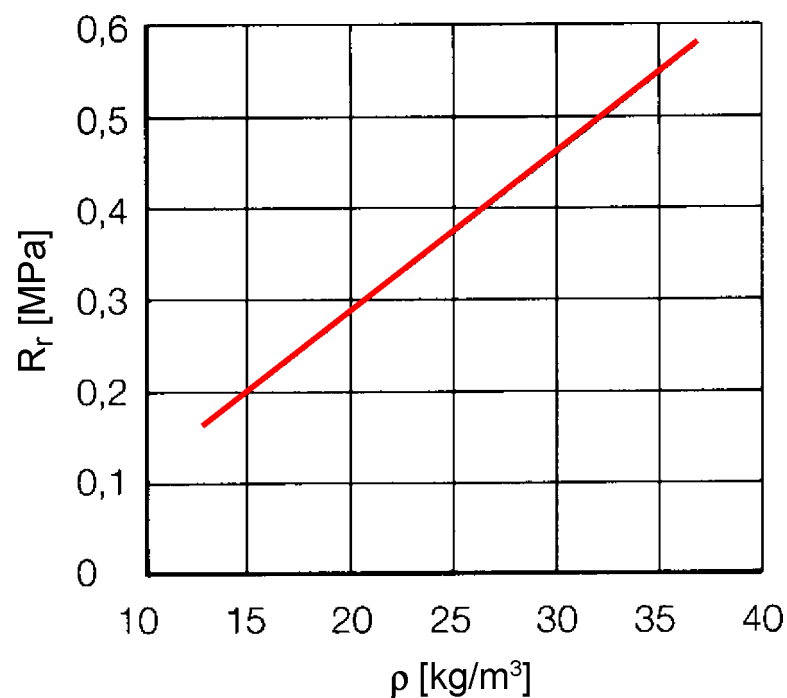
e) napężenie ściskające σ [MPa]
w funkcji gęstości pozornej ρ_p [kg/m³]



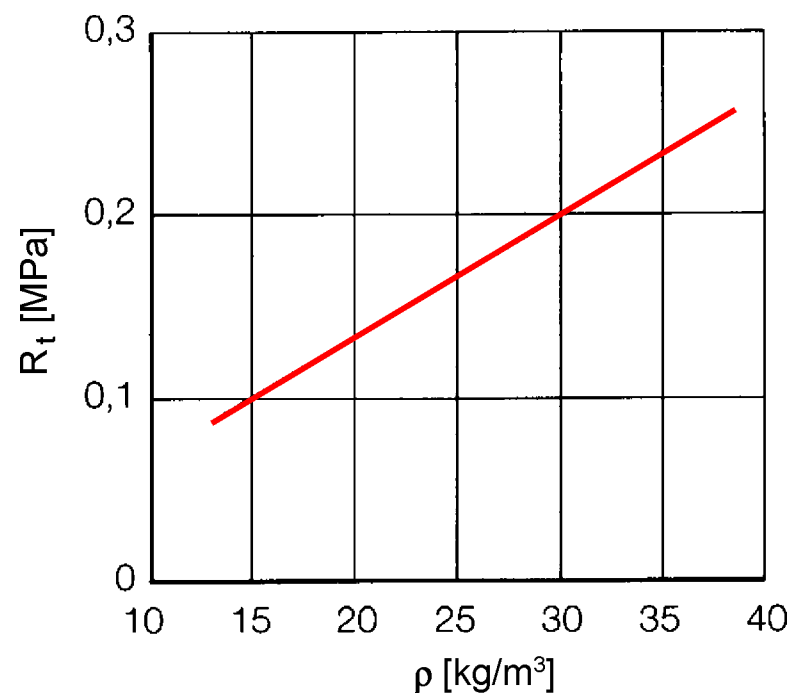
MATERIAŁY TERMOIZOLACYJNE Z TWORZYW SZTUCZNYCH (9)

Właściwości fizyko-mechaniczne styropianu (c.d.)

f) wytrzymałość na rozciąganie R_r [MPa]
w funkcji gęstości pozornej ρ_p [kg/m³]



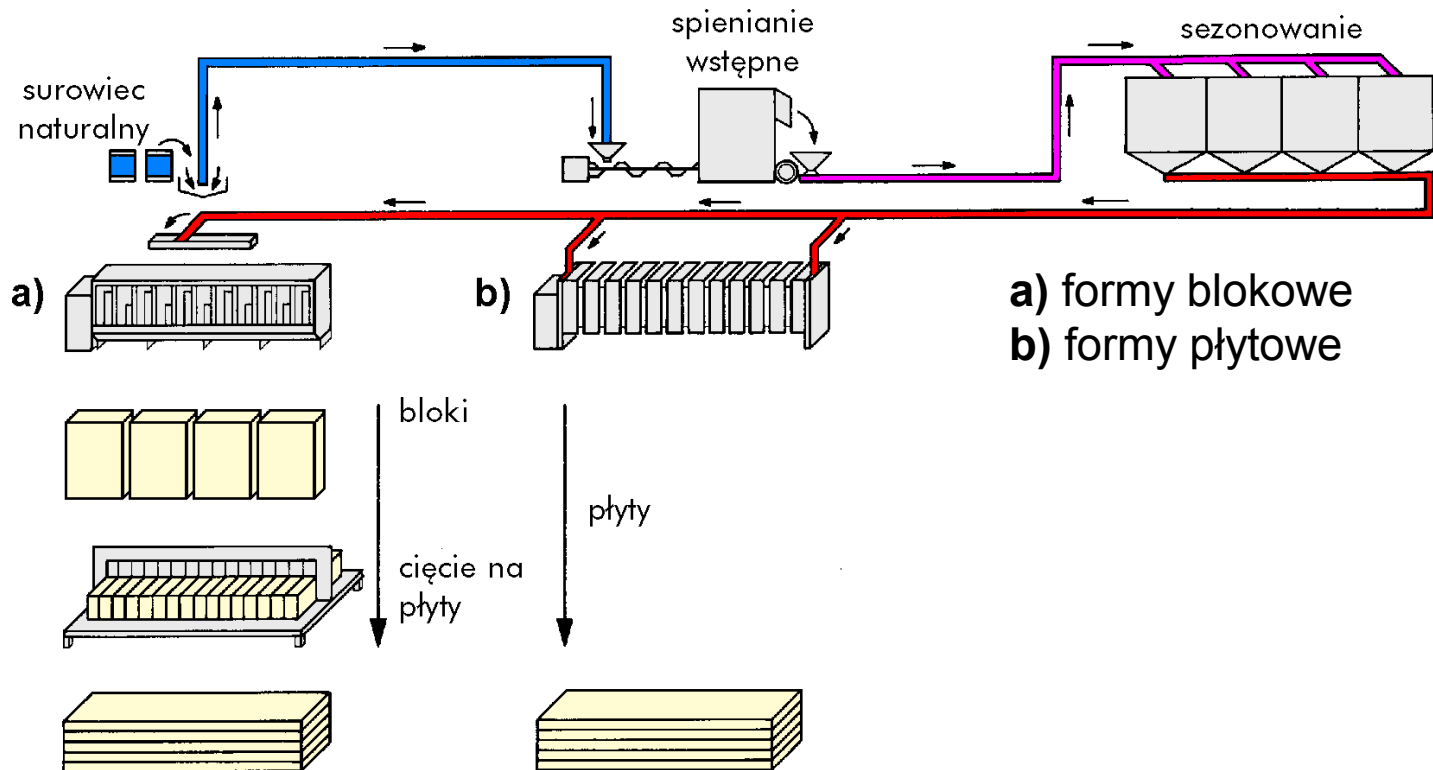
g) wytrzymałość na ścinanie R_t [MPa]
w funkcji gęstości pozornej ρ_p [kg/m³]



MATERIAŁY TERMOIZOLACYJNE Z TWORZYW SZTUCZNYCH (10)

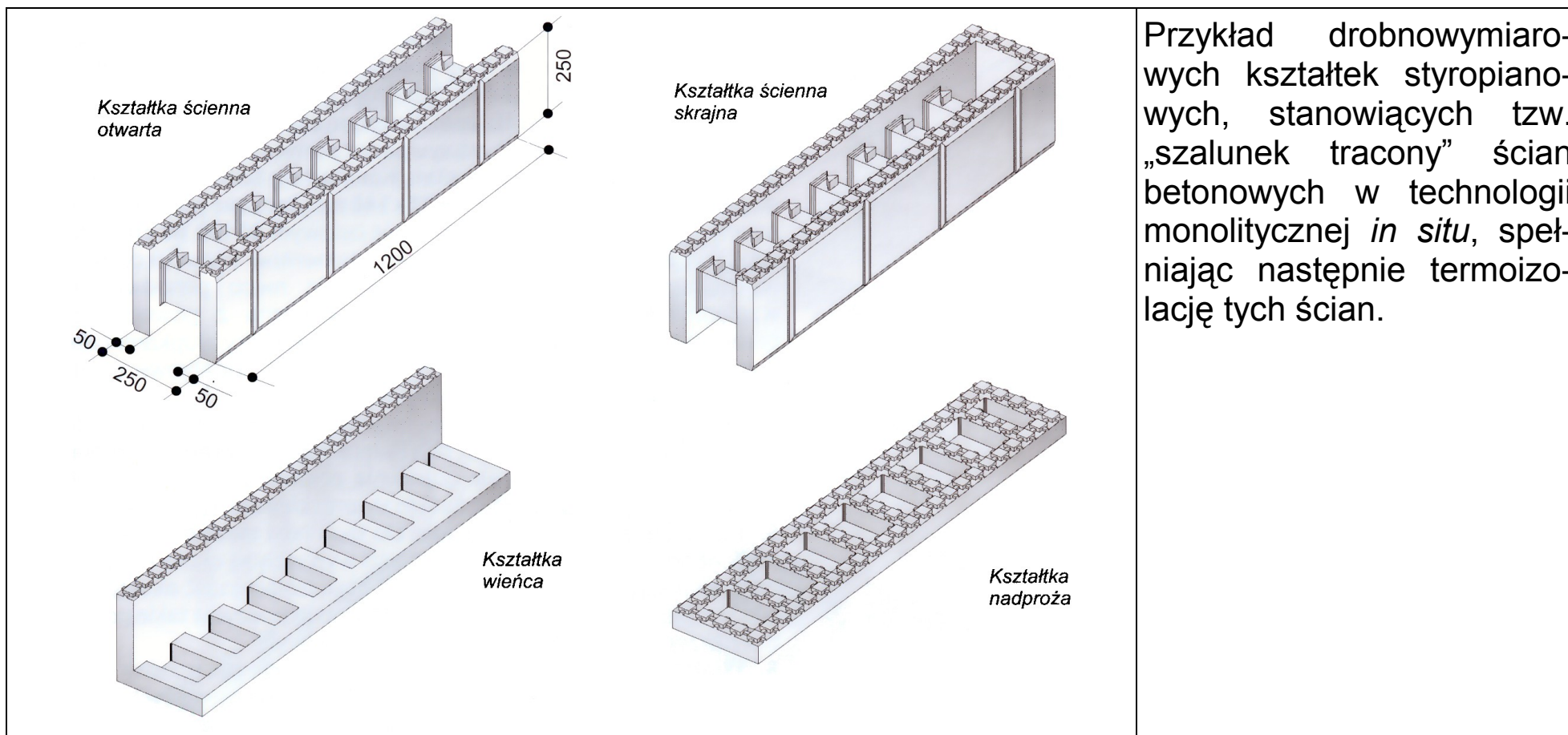
Dla celów budowlanych, zasadniczymi wyrobami ze styropianu są płaskie **plyty** i **specjalne kształtki**.

Płyty styropianowe – produkowane są w procesie końcowego spieniania, **ekspandowania** granulatu styropianowego, poddanego działaniu ciśnienia gorącej pary wodnej w temperaturze $110 \div 120^{\circ}\text{C}$, w sztywnych formach stalowych.



MATERIAŁY TERMOIZOLACYJNE Z TWORZYW SZTUCZNYCH (11)

Kształtki styropianowe – produkowane z granulatu styropianowego w procesie końcowego spieniania w formach stalowych (zazwyczaj rozbieralnych) nadających wyrobom ze styropianu pożądane kształty.



Przykład drobnowymiarowych kształtek styropianowych, stanowiących tzw. „szalunek tracony” ścian betonowych w technologii monolitycznej *in situ*, spełniając następnie termoizolację tych ścian.

MATERIAŁY TERMOIZOLACYJNE Z TWORZYW SZTUCZNYCH (12)

Wyroby ze styroduru

Styrodur (*XPS* – *EX*truded *Poly**S*tyrene) otrzymywany jest w wyniku zmieszania granulatu polistyrenowego z masą barwiącą, zawierającą dodatkowo związki antypirenów.

Efektom wysokiej temperatury, dodatku specjalnego rodzaju gazu i wytworzenia ciśnienia w urządzeniu produkcyjnym, jest dalsze spęcznienie granulek polistyrenowych, a następnie spowodowanie w procesie produkcji spadku ciśnienia do poziomu ciśnienia atmosferycznego, skutkuje znacznym przyrostem objętości w masie materiału.

Proces fabryczny produkcji jest ciągły i określany jako **ekstrudowanie** polistyrenu. W wyniku tego procesu produkcyjnego otrzymuje się jednorodną, twardniejącą piankę. Po utwardzeniu jest to sztywny materiał o strukturze porowatej, z komórkami w formie zamkniętych wielościanów o nieregularnych kształtach i rozmiarach, ściśle przylegających do siebie.

Dla celów budowlanych, ekstrudowany polistyren (**XPS**) o handlowej, firmowej nazwie **styrodur**, formowany jest fabrycznie w postaci płaskich, jednorodnych płyt.

MATERIAŁY TERMOIZOLACYJNE Z TWORZYW SZTUCZNYCH (13)

Płyty styrodurowe – stosowane są w budownictwie przede wszystkim jako dobry i trwały materiał warstw termoizolacyjnych w ścianach, stropach i stropodachach.

Płyty ze styroduru (zależnie od potrzeb i zamówienia) mogą być produkowane w wymiarach:

- liniowych (długość i szerokość) 50 ÷ 400 cm,
- grubości 5 ÷ 20 cm.

Płyty te poddają się łatwo obróbce ręcznej (przycinanie, perforowanie itp.).

Właściwości płyt styrodurowych (XPS) są analogiczne do płyt styropianowych (EPS), zwłaszcza w zakresie izolacyjności termicznej, wobec zbliżonych cech fizycznych i mechanicznych tych materiałów.

W styrodurze nie występuje osłabienie poszczególnych komórek w porowatej strukturze tego materiału, stąd korzystniejsze są, w porównaniu ze styropianem, właściwości mechaniczne, a także mniejsza nasiąkliwość wagowa wodą, nawet przy długotrwałym i całkowitym zanurzeniu. Natomiast większa twardość płyt styrodurowych w porównaniu z płytami styropianowymi powoduje, że wykazują gorszą izolacyjność akustyczną na dźwięki materiałowe.

MATERIAŁY TERMOIZOLACYJNE Z TWORZYW SZTUCZNYCH (14)

Wyroby z użyciem poliuretanu

Bloki i płyty poliuretanowe (PUR) – produkowane są fabrycznie ze sztywnej pianki spienianej pentanem lub czynnikami fluorowodorowymi i mają strukturę porowatą, z około 90% komórek zamkniętych.

Wyroby te objęte są normą **PN-EN 13165 „Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie. Wyroby ze sztywnej pianki poliuretanowej (PUR) produkowane fabrycznie. Specyfikacja”**.

Barwa wyrobów jest żółto-kremowa.

Wymiary liniowe płyt i bloków (długość i szerokość): 100 ÷ 300 cm i grubość odpowiednio płyt 5 ÷ 20 cm, a bloków do 50 cm.

Wymagana wytrzymałość na ściskanie pianki wynosi nie mniej niż 25 kPa. Producent określa wartość deklarowaną nasiąkliwości wodą, która nie powinna przekraczać 2% objętościowo.

MATERIAŁY TERMOIZOLACYJNE Z TWORZYW SZTUCZNYCH (15)

Wyroby z użyciem poliuretanu (c.d.)

Wartość współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda \leq 0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Wartość λ ze względu na efekt starzenia wyrobu spowodowany zmianami w czasie składu gazu (*pentanu*) w porach, zwiększa się w ciągu 25 lat o wartość $0,001 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ przy grubości wyrobów $\leq 8 \text{ cm}$ i o wartość $0,002 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ przy grubości wyrobów $> 8 \text{ cm}$.

Główne zastosowanie: do warstw izolacji cieplnej ścian zewnętrznych, dachów i podłóg. Nie zaleca się stosowania w izolacjach przemysłowych i izolacjach akustycznych.

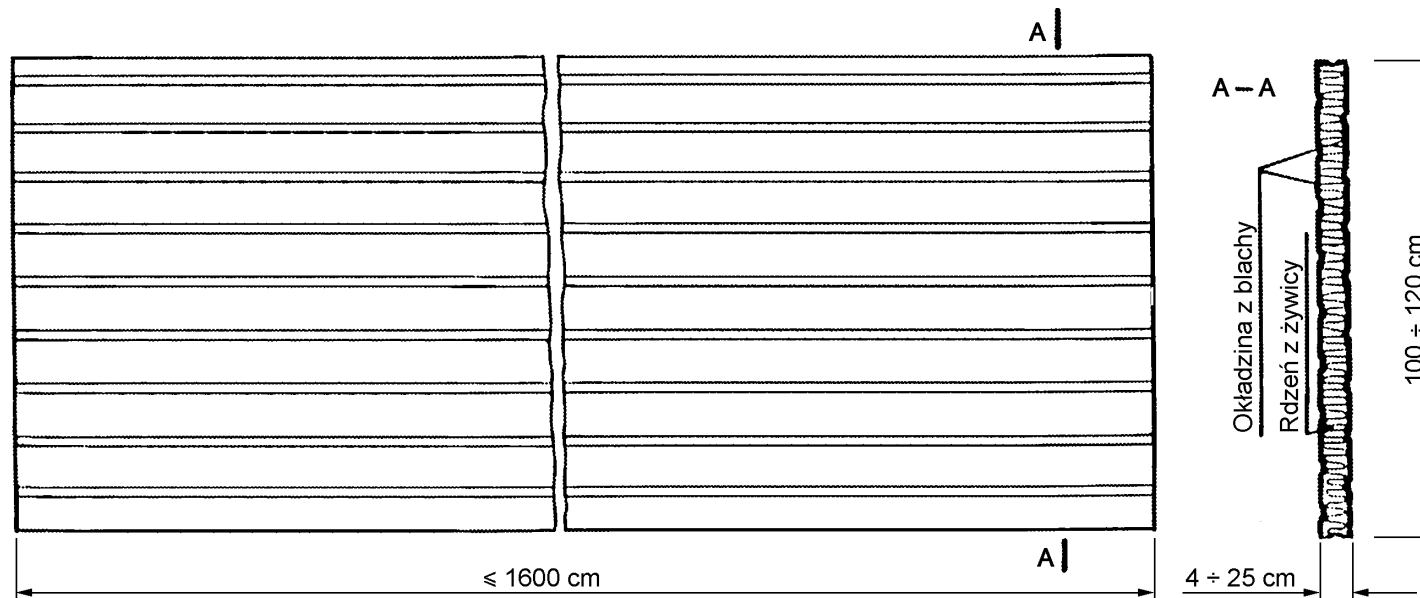
Specjalne zastosowanie pianki poliuretanowej dotyczy remontów uszkodzonych i/lub przemarzających dachów, stropodachów pełnych oraz stropodachów wentylowanych. Remont w takich przypadkach polega na natryskiwaniu pianki poliuretanowej metodą hydrodynamiczną. Stanowi ona docieplenie, uszczelnienie i powłokę zewnętrzną dachu.

Piankę poliuretanową na otwartej przestrzeni zewnętrznej (np. dachy) należy zabezpieczać powłoką antyrefleksyjną przed niekorzystnym oddziaływaniem promieniowania UV. W tym celu stosuje się najczęściej farbę na bazie aluminium lub tzw. silikogumę.

MATERIAŁY TERMOIZOLACYJNE Z TWORZYW SZTUCZNYCH (16)

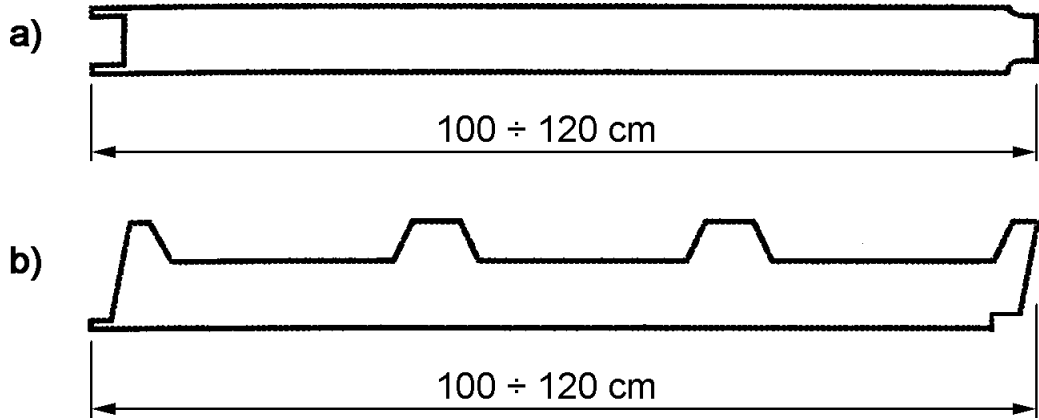
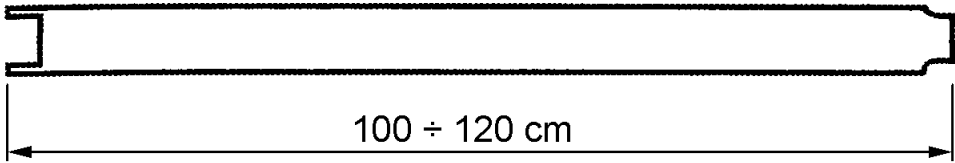
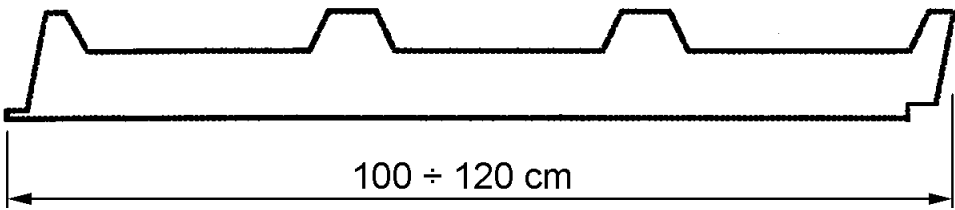
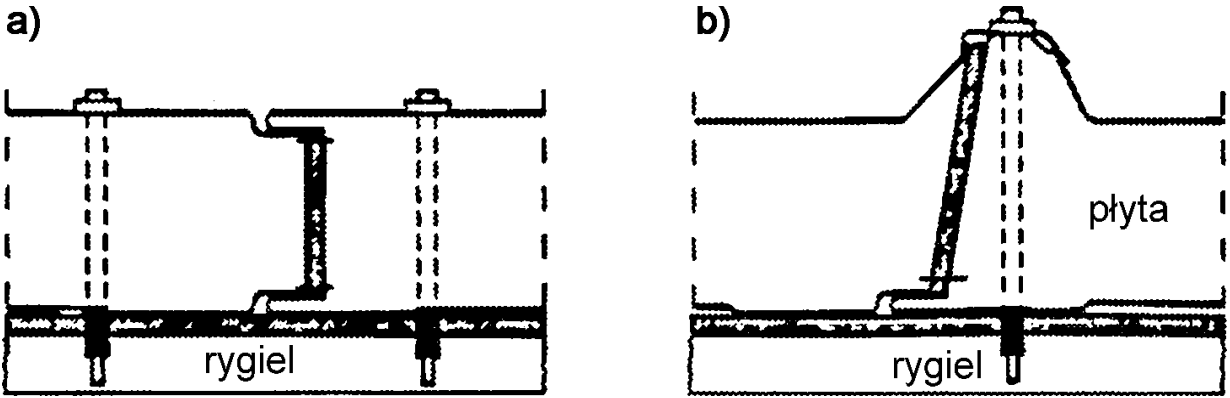
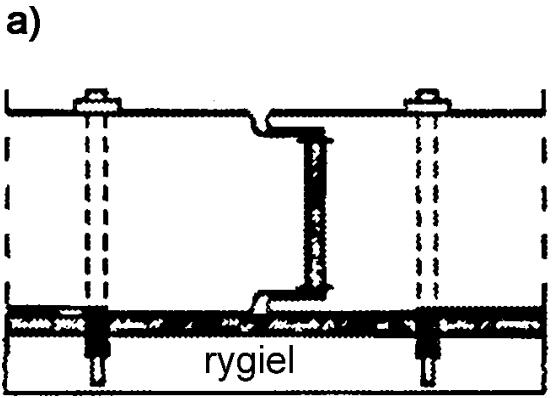
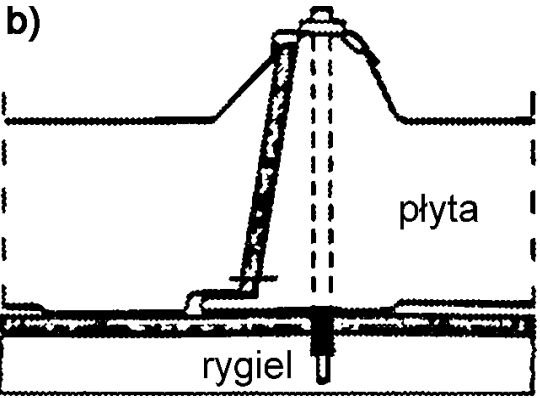
Wyroby z użyciem poliuretanu (c.d.)

Szczególnym rodzajem wyrobów budowlanych z użyciem pianki poliuretanowej są **plyty warstwowe**, w których masa poliuretanowa w ciągłym procesie produkcji płyt ulega spienianiu, wypełniając przestrzeń pomiędzy okładzinami z profilowanej, cienkiej blachy stalowej lub aluminiowej. Twardniejąca pianka trwale zespala się z okładzinami, tworząc termoizolacyjny rdzeń płyty. Znaczna przyczepność pianki do podłoża (powyżej 300 kPa) i wytrzymałość na ściskanie stwardniałej pianki nawet powyżej 150 kPa powodują, że ten rodzaj płyt warstwowych charakteryzuje się korzystnymi właściwościami mechanicznymi.



MATERIAŁY TERMOIZOLACYJNE Z TWORZYW SZTUCZNYCH (17)

Wyroby z użyciem poliuretanu (c.d.)

 <p>a)  100 ÷ 120 cm</p> <p>b)  100 ÷ 120 cm</p>	<p>Typowe przekroje płyt warstwowych</p> <p>a) płyta ścienna b) płyta dachowa</p>
 <p>a)  rygiel</p> <p>b)  rygiel płyta</p>	<p>Połączenia płyt warstwowych</p> <p>a) płyta ścienna b) płyta dachowa</p>

MATERIAŁY TERMOIZOLACYJNE Z TWORZYW SZTUCZNYCH (18)

Wyroby z użyciem poliuretanu (c.d.)

Płyty z poliizocyanuratu (PIR) – o firmowej nazwie *Vapotherm XR*, produkowane są fabrycznie przy użyciu poliuretanu i dodatku pianki o symbolu MDI w ilości do 50%, wpływającego na niepalność materiału. Materiał ten charakteryzuje się współczynnikiem $\lambda = 0,023 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

Płyty te są stosowane do izolacji cieplnej dachów płaskich, wielkopowierzchniowych. Gęstość pozorna, deklарowana przez Producenta, wynosi 32 kg/m^3 . Wymiary maksymalne tych płyt wynoszą $3,0 \text{ m}^2$, a ich grubość dostosowana do konkretnego zamówienia.

Odporność na nacisk płyt wynosi minimum 150 kPa/m^2 , co eliminuje odkształcenia związane z procesami inwestycyjnymi, konserwacją lub odśnieżaniem dachu.

O niskiej nasiąkliwości decyduje struktura pianki PIR, w której minimum 90% porów jest zamkniętych. Ponadto płyty są obustronnie pokryte folią aluminiową, co poza funkcją ekranu pełni też rolę dodatkowej ochrony przed czynnikami zewnętrznymi.

MATERIAŁY TERMOIZOLACYJNE Z TWORZYW SZTUCZNYCH (19)

Wyroby z pianki fenolowej

Pianka fenolowa (*PF – Phenolic Foam*) jest tworzywem sztucznym o budowie komórkowej, stosowana w budownictwie jako materiał termoizolacyjny w postaci **płyt** lub **laminatów** .

Wyroby te objęte są normą *PN-EN 13166 „Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie. Wyroby z pianki fenolowej (PF) produkowane fabrycznie. Specyfikacja”*.

Płyty ze sztywnej pianki fenolowej:

- współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda = 0,020 \div 0,033 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$;
- nasiąkliwość objętościowa po 7 dniach zanurzenia w wodzie – $W_o \leq 10\%$;
- wymiary – liniowe nie przekraczające 400 cm, grubość od kilku do kilkunastu cm;
- wytrzymałość na zginanie – $R_g \geq 200 \text{ kPa}$;
- wytrzymałość na ściskanie – $R_c = 50 \div 400 \text{ kPa}$ (w miarę wzrostu gęstości pozornej).

Laminaty – to kilkuwarstwowe wyroby wytwarzane metodą utwardzania żywic syntetycznych powlekających podłoże, składające się z jednej lub kilku warstw papieru, tkaniny, maty z włókna szklanego lub innego materiału włóknistego. W zależności od rodzaju żywicy laminaty mogą być fenolowe, lecz również melaminowe albo melaminowo-mocznikowe.