

Dobór aplikacji ogniotrwałych materiałów izolacyjnych jako źródło znacznych oszczędności energii

J. Łukasik², M. Maj¹, W. Stachurski¹

¹AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, ul. Reymonta 23, 30-059 Kraków

²PT Techmod, ul. Warchałowskiego 64, 30-399 Kraków

Streszczenie

Ogniotrwałe materiały izolacyjne mają szerokie zastosowanie w odlewnictwie. Na podkreślenie zasługuje fakt, że oprócz ochrony przed oddziaływaniem wysokiej temperatury, pozwalają również na znaczące ograniczenie strat energii. Efekt ten można uzyskać poprzez odpowiednią konstrukcję wyłożenia i dobór poszczególnych warstw eksploatacyjnych. W niniejszej pracy przeprowadzono porównanie różnych sposobów wykonania wyłożenia zastosowanego w pokrywach pieców grzewczych i kadzi wykazując różnice determinujące efekt cieplny stosowania poszczególnych rozwiązań. Celem niniejszej pracy jest wskazanie potencjalnym użytkownikom jak poprzez wymagania wobec projektantów i dostawców materiałów i urządzeń mogą w bezpośredni sposób wpływać na swoje środowisko i bezpieczne warunki pracy.

Słowa kluczowe: środowisko, energia, izolacje, ogniotrwały, konstrukcje.

1. Rodzaje stosowanych materiałów

Współczesne, ogniotrwałe materiały izolacyjne są bardzo różnorodne i ich rodzaje determinują wymagania jakie stawiane są przed projektantami urządzeń. Najprostszy podział wynikający z ich własności oraz struktury materiałowej [1] gromadzi je w trzy następujące grupy:

1. Wyroby włókniste miękkie, do których należą między innymi włókno luzem, maty igłowane, bloki i moduły,
2. Wyroby włókniste twarde to przede wszystkim płyty i kształtki formowane próżniowo,
3. Wyroby izolacyjne ceramiczne, ze względu na kształt nazywane kształtkami lub ceglami.

Na rysunkach 1 i 2 pokazano wyroby włókniste i ceramiczne w postaciach najczęściej używanych [3].

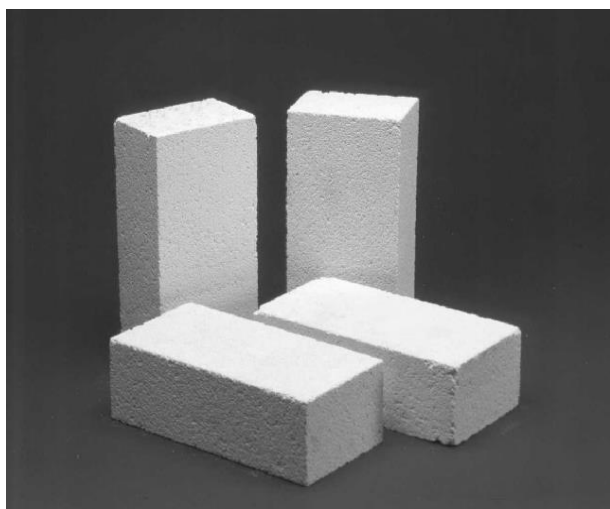
Kryteria stosowania danego materiału w budowie pieców to przede wszystkim rodzaj procesu, temperatura, prędkość przepływu gazów i przewodność cieplna izolacji ścian i stropu

[2]. W omawianym przypadku podjęto rozważania na temat zastosowania izolacji gwarantującej najniższą przewodność cieplną, tak skonstruowaną aby bez względu na warunki technologiczne prowadzonego procesu straty energii oraz koszty izolacji były jak najniższe [3]. Uwzględniono również ustalony i nieustalony przepływ ciepła. Na wstępie porównano, przedstawione na rysunku 3 krzywe spadku temperatury wraz z odległością od źródła ciepła dla trzech wymienionych rodzajów izolacji, tj. cegieł izolacyjnych oraz dwóch rodzajów izolacji włóknistych. Do porównania przyjęto warstwę o grubości 260 mm typową dla pieców o temperaturze roboczej 1000 °C oraz temperaturę otoczenia 25 °C [2].

Jak widać na rysunku 3 materiały włókniste są bardziej skuteczne stawiając większy opór przepływowi ciepła niż izolacje ceramiczne [3]. Krzywe spadku temperatury przebiegają łagodniej w warstwach najbliższych źródła ciepła, natomiast ich kąt nachylenia jest coraz większy bliżej ściany zewnętrznej. W efekcie temperatura na zewnętrznej powierzchni pieca przy zastosowaniu izolacji ceramicznej wynosi 68 °C, a w przypadku



Rys. 1. Wyroby z materiałów włóknistych



Rys. 2. Wyroby ceramiczne

zastosowania wyłożenia włóknistego jest o około 20% niższa i wynosi 57 °C. Nie zawsze jednak izolacje włókniste można stosować. W przypadku dużych prędkościach przepływu gazów istnieją ograniczenia ze względu na mechaniczną wytrzymałość powierzchni izolacji. Dla wyłożyń włóknistych, miękkich prędkość ta nie może przekraczać 15 m/s., a dla modułów 40 m/s. Płyty twarde i izolacje ceramiczne wytrzymują prędkości przekraczające 70 m/s [1].

Ważnym kryterium jest również niższa cena izolacyjnych materiałów ceramicznych. Stosowanie ich wiąże się jednak z pewnymi ograniczeniami. Ze względu na strukturę monolityczną nie są one w pełni odporne na gwałtowne zmiany temperatury w piecu i powstające w związku z tym naprężenia powodują pęknięcia oraz rozwarstwienia ścian. W niektórych zastosowaniach płyta twarda może je zastąpić, niemniej jednak

wysoka cena oraz mało skuteczny sposób mocowania powoduje, że płyta twarda jest rzadko stosowana jako warstwa robocza.

Kolejnym, wspomnianym wyżej kryterium doboru rodzaju wyłożenia ścian jest sposób mocowania poszczególnych materiałów [2] i tak: materiały ceramiczne zabudowywane na ścianach nie wymagają mocowania, a jedynie kotwiczenia (wiązania) poszczególnych warstw z podłożem. Materiały izolacyjne miękkie w postaci modułów mocuje się tak aby elementy kotwiczące były umieszczone jak najdalej od źródła ciepła, przez co osłania je warstwa izolacyjna. Najtrudniejsza sytuacja występuje w przypadku mocowania mat igłowanych i płyt twardych. Gęsto rozmieszczone elementy kotwiczące przenoszą energię cieplną z wnętrza pieca bezpośrednio na obudowę podnosząc jej temperaturę.

2. Efektywne sposoby konstruowania i instalacji wyłożyń izolacyjnych

Omówione powyżej ograniczenia powodują, że powinno się dążyć do stosowania mieszanych wyłożyń warstwowych, w których tylko warstwa robocza musi spełniać wymagania związane z procesem technologicznym prowadzonym w piecu, natomiast pozostałe warstwy wewnętrzne ograniczają jedynie straty ciepła. Dzięki temu można do ich wykonania stosować materiały o niższej temperaturze klasyfikacyjnej, a więc i znacznie tańsze.

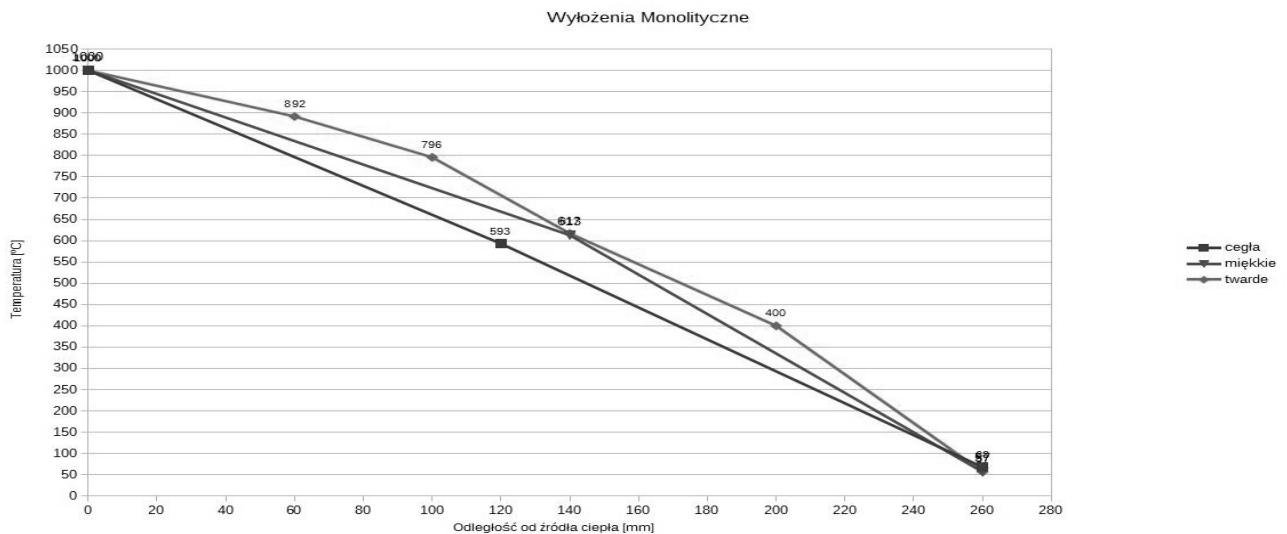
Na rysunkach 4,5,6 zaprezentowano trzy rodzaje wyłożenia ścian oraz sposób ułożenia w nich poszczególnych warstw izolacyjnych, w zależności od odległości źródła ciepła oraz wymogów technologicznych jakie spełnia piec.

Zasada konstrukcji tego typu ścian polega na ułożeniu warstwami różnych materiałów, przy czym im dalej od źródła ciepła to temperatura klasyfikacyjna zastosowanych materiałów jest niższa

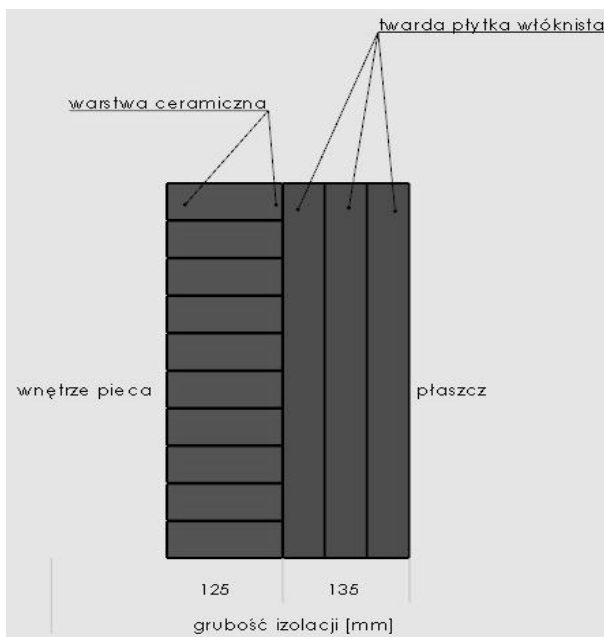
Na rysunku 4 pokazano przykładowy sposób ułożenia warstw w urządzeniach do pracy ciągłej o stałej temperaturze. Warstwa robocza jest w tym wypadku wykonana z prostej, ogniotrwałej, izolacyjnej kształtki ceramicznej, natomiast izolację stanowi płyta włóknista o temperaturze roboczej do 800 °C [1].

Rysunek 5 przedstawia wyłożenie przeznaczone dla pieców okresowych, w których występują gwałtowne zmiany temperatury przy załadunku i rozładunku wsadu powodujące niestabilny przepływ ciepła. Warstwę roboczą stanowi tutaj moduł włóknisty wykonany z ogniotrwałej maty izolacyjnej odpowiednio zagęszczony.

Kolejny przykład izolacji urządzenia gdzie prędkość przepływu gazów przekracza 40 m/s, a jednocześnie występują znaczne skoki temperatury w trakcie trwania cyklu roboczego przedstawia rysunek 6. W tym przypadku warstwę roboczą stanowi płyta twarda wykonana z zagęszczonego ogniotrwałego włókna izolacyjnego.



Rys. 3. Krzywe spadku temperatury dla wyłożyń jednolitych z poszczególnych rodzajów materiałów



Rys. 4. Przekrój ściany pieca z ceramiczną izolacją roboczą

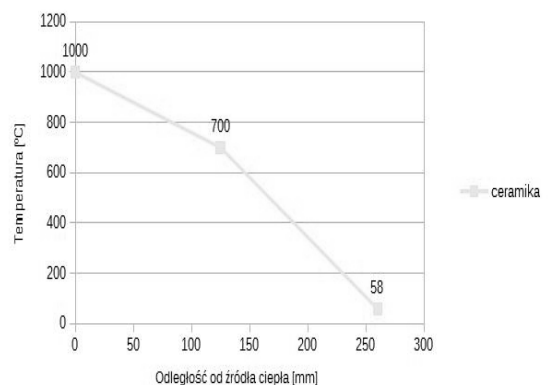
Zestawiając poszczególne krzywe spadku temperatury na rysunku 7 można zaobserwować dużą skuteczność takiego podejścia do omawianego zagadnienia. Temperatury końcowe na powierzchni pieca we wszystkich trzech rodzajach wyłożenia ścian są zbliżone i wynoszą 57, 58 °C.

Porównując zbiorcze wykresy na rysunkach 3 i 7 można uznać, że osiągnięto niską temperaturę na powierzchni pieca we wszystkich trzech omówionych wariantach. Zastosowanie ceramicznej, izolacyjnej warstwy roboczej wraz z włóknistą, izolacyjną płytką twardą jako warstwą wewnętrzną nie tylko obniżyło temperaturę powierzchni, ale również obniżyło koszt wykonania izolacji ściany.

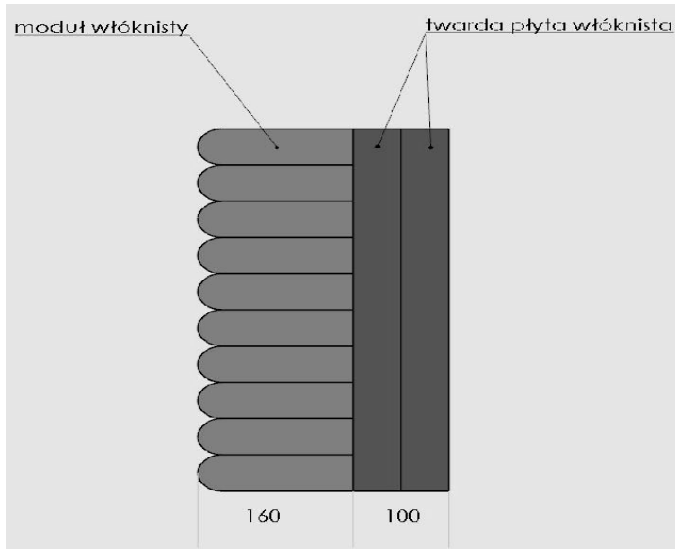
Jak wspomniano, ważnym czynnikiem wpływającym na skuteczność izolacji jest sposób jej mocowania. Wielu

producentów oferuje różne rozwiązania, niemniej jednak w większości przypadków są one niedoskonałe, powodują powstawanie mostków termicznych, które w sposób ciągły odprowadzają ciepło na zewnątrz, do obudowy obniżając w ten sposób sprawność nawet najlepszej izolacji.

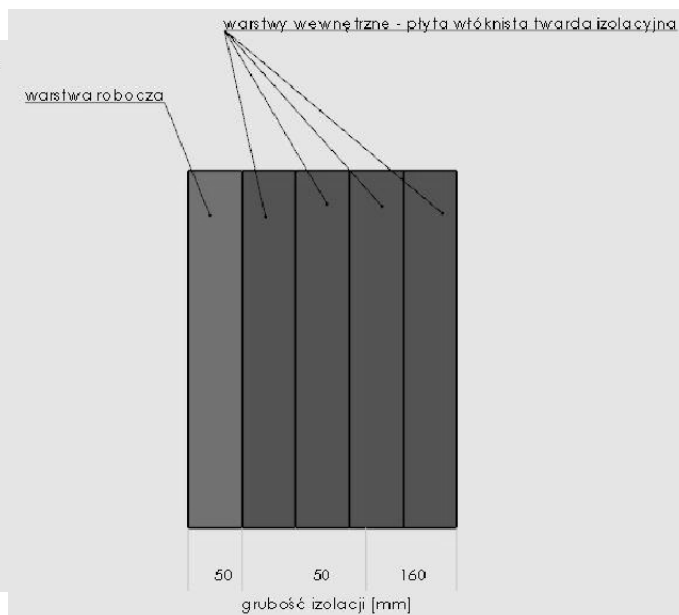
Przykładem niekorzystnego rozwiązania jest mocowanie za pomocą szpilek poszczególnych warstw maty igłowanej lub płyt twardych pokazane na rysunku 8. Są one bardzo gęsto rozmieszczone i z pewnością odprowadzają duże ilości ciepła na zewnątrz. Korzystniejsze rozwiązanie na rysunku 9 przedstawia izolację wykonaną z modułów włóknistych [4]. Sposób mocowania tego typu izolacji gdzie elementy mocujące są odizolowane od powierzchni ogrzewanej gwarantuje wykorzystanie zdolności izolacyjnych zastosowanego materiału w pełnym zakresie jego możliwości zarówno na ścianach jak i sklepieniach. Wykorzystując sprężyste właściwości modułów, tego typu rozwiązania pozwalają również na skuteczniejszą ochronę większości metalowych elementów konstrukcji w piecach i innych urządzeniach cieplnych, np. pokrywach kadzi. Zapobiega to powstawaniu naprężeń cieplnych i korozji przyspieszającej zużycie lub uszkodzenie urządzenia.



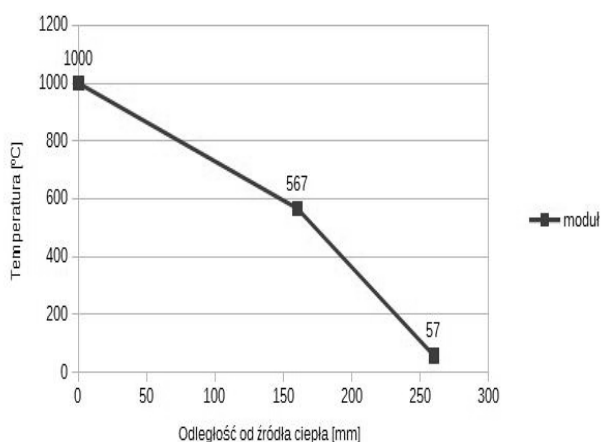
Rys. 4.1. Wykres spadku temperatury na przekroju ściany pieca z ceramiczną izolacją roboczą



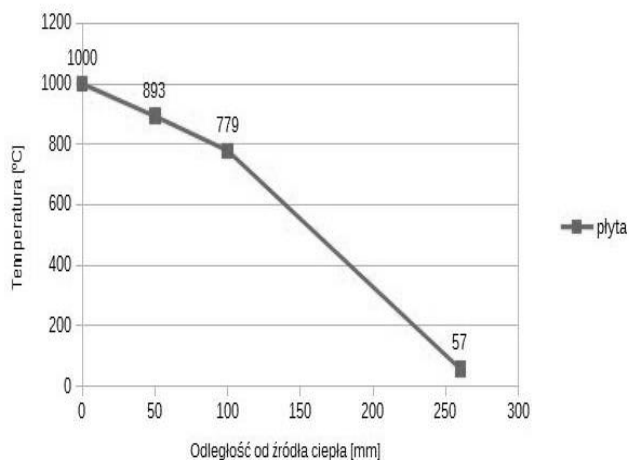
Rys. 5. Przekrój ściany pieca z izolacją roboczą wykonaną z modułów włóknistych



Rys. 6. Przekrój ściany pieca z włóknistą płytą twardą jako izolacją roboczą



Rys. 5.1. Wykres spadku temperatury na przekroju ściany pieca z warstwą roboczą wykonaną z modułów włóknistych



Rys. 6.1. Wykres spadku temperatury na przekroju ściany pieca z włóknistą płytą twardą jako warstwą roboczą

3. Wnioski

Wyłożenia izolacyjne pieców grzewczych powinny być wykonywane z uwzględnieniem zarówno wymogów technologicznych jak i ekonomicznych. Zastosowanie izolacji wielowarstwowych pozwala na spełnienie tego warunku oraz obniżenie kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych dzięki zmniejszeniu strat energii cieplnej.

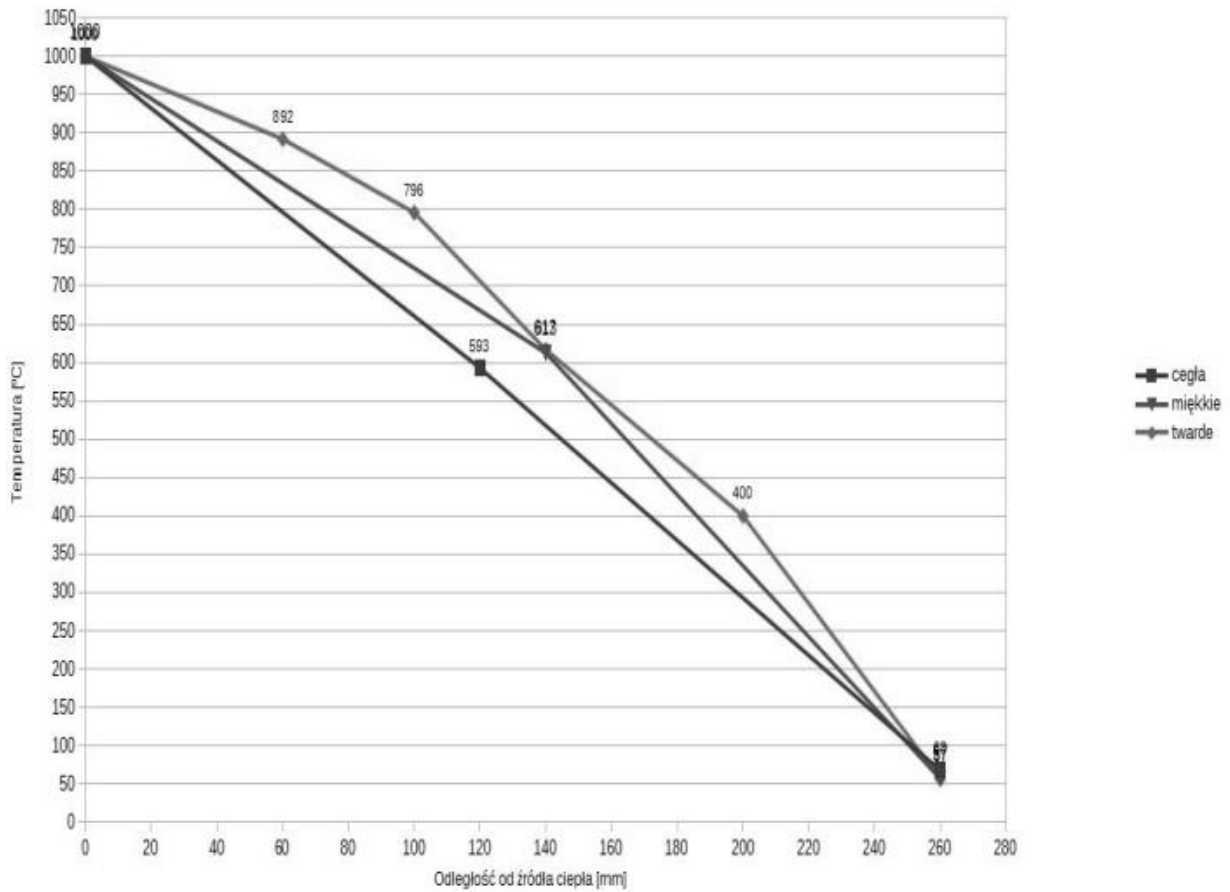
Duża energochłonność urządzeń eksploatowanych w odlewnictwie powinna skutkować tym, aby każdy użytkownik który zamierza zakupić nowe urządzenie grzewcze powinien zawsze żądać od producenta, lub dostawcy analizy ekonomicznej

i porównawczej nakładów inwestycyjnych i eksploatacyjnych uwzględniających rodzaj zastosowanej izolacji.

Literatura

- [1] Pawłowski, S., Serkowski, S. (1996). *Materiały ogniotworne – własności i zastosowanie w urządzeniach przemysłowych*. Gliwice.
- [2] Piech, J. (1999). *Wyłożenia ogniotworne pieców i urządzeń cieplnych*. AGH, Kraków.

Wyłożenia Monolityczne



Rys. 7. Porównawcze zestawienie krzywych spadku temperatury dla omówionych trzech rodzajów izolacji ścian



Rys. 8. Izolacja pokrywy mocowana za pomocą szpilek



Rys. 9. Pokrywa izolowana modułami włóknistymi

[3] Łukasik, J. (2006). Możliwości zmniejszenia szkodliwego oddziaływania odlewni na środowisko poprzez zastosowanie materiałów izolacyjnych z włókna Superwool 607, *Archiwum Odlewnictwa*. Rocznik 6, Nr 20.

[4] Łukasik, J., Stachurski, W., Głownia, J. (2013). Patent nr P. 402899, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej.

The Choice of the Refractory Insulation Materials Application Method as a Source of Significant Energy Savings

Refractory insulation materials has a wide range of application in foundry engineering. Most important is a fact that except high temperature protection, allow to meaningful limitation loss of energy as well. This effect would be taken with the aid of suitable lining structure and individual working layers selection. In this study ran a comparison different methods lining works used in furnace and tundish cover, showed differences which determinate heat effect for particular solution. The aim of this study is indication for potential users why with the aid of requirements towards to designers and suppliers directly have an effect on the environment and industrial safety.