



Analiza termiczna różnych grup materiałów inżynierskich

M. Bokwa^a, A. Pasieka^a, B. Wierzbicka^a, A. Śliwa^b

^a Studenci Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny

email: beatawierzbicka@onet.eu

^b Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych

email: agata.sliwa@polsl.pl

Streszczenie: W artykule opisano ideę przewodnictwa cieplnego w ciałach stałych, na przykładach różnych grup materiałów inżynierskich, takich jak: żeliwo, ceramika oraz aluminium w oparciu o model rondla kuchennego. Analizę termiczną wykonano przy pomocy Metody Elementów Skończonych używając programu ANSYS.

Abstract: The article describes the concept of thermal conductivity in solid bodies, for example groups of engineering materials such as: cast iron, ceramic and aluminum. Based on the results of simulation analysis of frying pan. Thermal analysis was performed using the Finite Element Analysis using ANSYS.

Słowa kluczowe: przewodnictwo cieplne, ceramika, aluminium, żeliwo, MES

1. WSTĘP

Zjawisko transportu ciepła jest niezwykle ważnym zjawiskiem występującym w całym otaczającym nas świecie. W odniesieniu do technologii obserwowane jest w każdej skali, od nanometrów i mikronów, poprzez metry i dziesiątki kilometrów. Transport ciepła, to proces dzięki któremu energia w postaci ciepła jest przekazywana pomiędzy ciałami o różnej temperaturze. Ciepło może być przenoszone poprzez przewodzenie, konwekcje oraz promieniowanie [1].

Przewodnictwo cieplne polega na przekazywaniu energii pomiędzy częściami ciała, których temperatury są różne. Z tym zjawiskiem mamy do czynienia wówczas, gdy określoną część ciała podgrzejemy. Po pewnym czasie dzięki przekazywaniu energii, temperatura całego ciała wyrówna się. Wielkością przenoszoną jest energia wewnętrzna ciała, a zjawisko zachodzi dzięki temu, że w tym ciele występuje gradient temperatury [1,2].

Przewodność cieplna jest charakterystyczną wielkością substancji w danym stanie skupienia i jego fazie. Dla substancji niejednorodnych przewodność jest zależna od ich porowatości, budowy itp. Substancjami, które najlepiej przewodzą ciepło są metale, a najslabiej gazy. Metale, które są najlepszymi przewodnikami elektryczności, są równocześnie najlepszymi

przewodnikami ciepła. Przyczyna tkwi w tym, że ciepło w metalach jest przekazywane nie tylko przez drgające atomy, lecz także przez występujące w nich swobodne elektrony [2].

Przewodzenia ciepła doświadczamy każdego dnia, przy najprostszych czynnościach jak chociażby smażenie potraw na patelni. Przedmiot ten jest idealnym przykładem ukazującym transport ciepła oraz wpływ jaki ma na to zjawisko materiał, z którego wykonana jest patelnia. Podczas projektowania należy uwzględnić oddziaływanie płomienia na przedmiot.

ANSYS to wiodący na całym świecie pakiet zawierający możliwość obliczeń MES, oraz symulację w niemal każdej dziedzinie nauki oraz przemysłu.

2. CHARAKTERYSTYKA MATERIAŁÓW ZASTOSOWANYCH DO BADANIA ROZCHODZENIA CIEPŁA

2.1. Charakterystyka aluminium

Aluminium w postaci czystej, należy do bardzo miękkich materiałów, dlatego też wdraża się odpowiednie składniki stopowe, do których należą, np.: krzem, miedź, mangan, cynk czy magnez. Poprawia to tym samym jego właściwości mechaniczne. Stopy aluminium dzieli się na dwie zasadnicze grupy [1]:

1. stopy odlewnicze, które cechują się dobrą lejnością umożliwiającą kształtowanie skomplikowanych kształtów oraz odlewanie wyrobów o cienkich ściankach. Do tych stopów zaliczyć należy stopy aluminium z miedzią, magnezem, krzemem, magnezem i krzemem, miedzią i niklem oraz manganem;
2. stopy do przeróbki plastycznej, obejmujące: stopy Al-Mg-Si i Al-Mn o gorszych właściwościach mechanicznych ale doskonałej odporności na korozję, stopy Al-Mg o doskonałej odporności na korozję jak również stopy Al-Zn-Mg, Al-Cu-Ni i Al-Cu-Mg o dobrych właściwościach wytrzymałościowych, lecz nieodpornych na korozję.

Dla stopów aluminium wytrzymałość na rozciąganie mieści się w granicach $70\div 700\text{ N/mm}^2$. W odróżnieniu od innych gatunków stali w niskich temperaturach nie stają się kruche, natomiast ich wytrzymałość wzrasta [2].

2.2. Charakterystyka ceramiki

Materiały ceramiczne są to materiały wytworzone z nieorganicznych niemetalowych materiałów. Zbudowane są one z faz będących związkami metali z niemetalami, głównie z tlenem, węglem, azotem, siarką, fosforem. Pierwszym materiałem ceramicznym zastosowanym przez człowieka był kamień, który, spełniał szereg funkcji z uwagi na takie właściwości jak wytrzymałość i duża twardość, odporność na działanie temperatury i czynników chemicznych oraz łatwość formowania wyrobów. Głównymi cechami materiałów ceramicznych jest: mała przewodność cieplna, duża kruchość, wysoka temperatura topnienia, wysoka twardość, niska wytrzymałość na rozciąganie, niski ciężar właściwy, niska rozszerzalność cieplna, dobra odporność na korozję, wysoka wytrzymałość na ściskanie oraz dobra żaroodporność i żarowytrzymałość [3].

Ceramikę dzieli się na ceramikę inżynierską oraz ceramikę tradycyjną. Ceramika inżynierska dzieli się na jednoskładnikową (tlenek aluminium, dwutlenek krzemu, dwutlenek cyrkonu, węglík krzemu, azotek krzemu, materiały supertwarde) oraz wieloskładnikową (mullit, krzemo-azotek węgla, azotek krzemu węglík krzemu) [3].

Ceramika tradycyjna natomiast, dzieli się na wyroby garncarskie (wyroby gliniane, ceramika porowata, wyroby porcelanowe, wyroby kamionkowe), szkło, materiały ogniotrwałe i cement [3].

2.3. Charakterystyka żeliwa

Żeliwa są to stopy odlewnicze na podstawie żelaza o zawartości węgla wynoszącej $2,0 \div 4,5\%$. Głównie zawierają one dodatki manganu i krzemu, a także większe ilości fosforu i siarki niż w stalach. Przede wszystkim dzięki takim zaletom jak: dobra wytrzymałość, łatwość odlewania nawet skomplikowanych kształtów w formach metalowych lub piaskowych, duża zdolność tłumienia drgań, mała rozszerzalność cieplna, niski koszt wytwarzania, dobra skrawalność i obrabialność cieplna, żeliwa stosowane są w budowie maszyn. Do głównych ich wad zalicza się małą wytrzymałość na rozciąganie, małą ciągliwość i udurowienie [3].

Jeżeli węgiel w strukturze żeliw występuje w postaci związanej, nosi on nazwę żeliw białych. W ich strukturze pojawiać się mogą takie składniki strukturalne, jak perlit, cementyt pierwotny lub wtórny i ledeburyt przemieniony. Żeliwa białe charakteryzują się bardzo dobrą twardością, ale zarazem są bardzo kruche. Stosowane są one jako półprodukt do wytwarzania żeliwa ciągliwego [4].

W strukturze żeliw, gdy węgiel występuje w postaci wolnej, nosi on nazwę żeliwa szarego. Własności żeliw szarych nie tylko zależą od struktury metalicznej osnowy, ale także od postaci grafitu. W zależności od związanego węgla żeliwa szare dzieli się na: ferrytyczne, ferrytyczno-perlityczne, perlityczne oraz nadperlityczne [4].

Grafit jako faza niemetaliczna osłabiająco wpływa na metal, ponieważ sam ma małą twardość i wytrzymałość. Płatki grafitu w osnowie metalicznej wytwarzają nieciągłości o ostrych krawędziach, działających jak karb, a więc zwiększają skłonność do kruchego pęknięcia. Postać i dyspersja grafitu mają znaczny wpływ na własności żeliwa. Im grubsze są płatki i im większy jest udział grafitu tym niższa jest ciągliwość i wytrzymałość żeliwa. Grafit w żeliwie może mieć rozmieszczenie: równomierne, nierównomierne, siatkowe, gałązkowe, międzyczłonowe lub rozetkowe [4].

3. PRZEBIEG BADANIA PRZEWODNOŚCI CIEPLNEJ WYBRANYCH GRUP MATERIAŁÓW

3.1. Założenia modelowe

Element wykonany jest z różnych grup materiałów inżynierskich – żeliwo, ceramika i aluminium. Średnica podstawy wynosi 112 mm, grubość to 1 mm. Powierzchnia grzania znajduje się na środku podstawy, jej średnica wynosi 25 mm. Długość uchwytu wraz z górną powierzchnią patelni wynosi 225 mm (rys. 1).

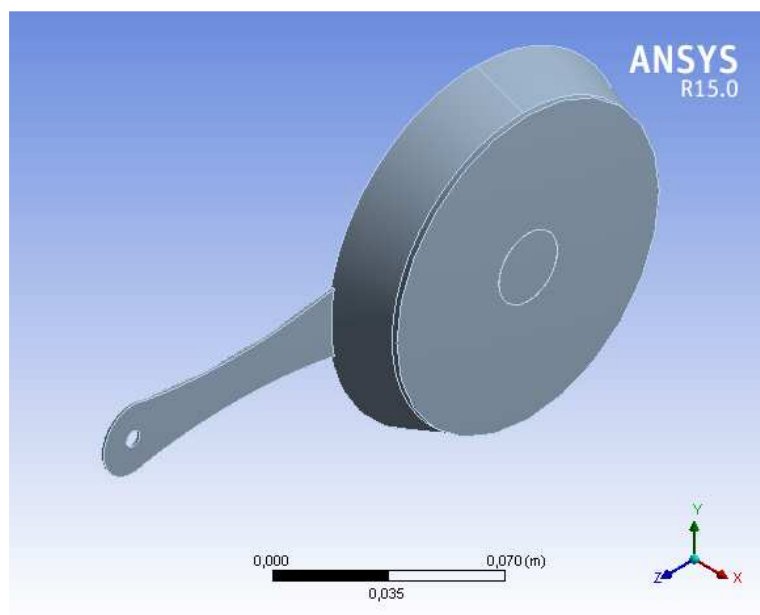
Na model założono siatkę elementów skończonych przestrzennych czterowęzłowych. Siatka została wygenerowana automatycznie, gdzie założono minimalną i maksymalną długość elementu: od 1 do 5 mm. Model został podzielony na 7794 elementów oraz 15804 węzły (rys. 2).

Na gotowy model zastosowano 3 rodzaje materiałów m.in. aluminium. Z biblioteki wybrano Aluminium alloy o gęstości 2770 kg/m^3 , cieple właściwym $875 \text{ J/kg}^\circ\text{C}^{-1}$ i przewodności cieplnej od 144 do $175 \text{ W/m}^\circ\text{C}^{-1}$. Kolejny materiał to ceramika (Ceramic8D) o gęstości 4900 kg/m^3 , cieple właściwym $800 \text{ J/kg}^\circ\text{C}^{-1}$ oraz przewodności cieplnej $4,5 \text{ W/m}^\circ\text{C}^{-1}$.

Ostatni materiał, jaki został wybrany to Cast Iron. Jego gęstość wynosi 7200 kg/m^3 , ciepło właściwe $165 \text{ J/kg}^{-1}\text{C}^{-1}$ a przewodność cieplna $83 \text{ W/m}^{-1}\text{C}^{-1}$.

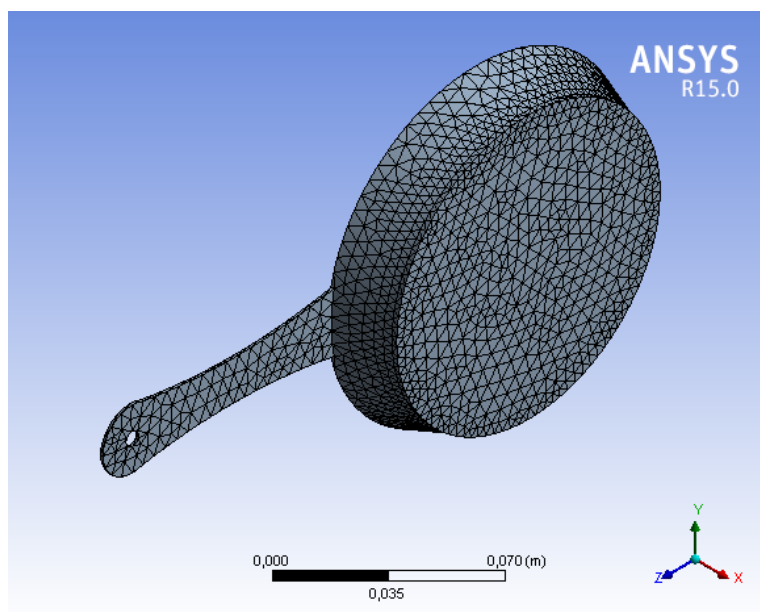
3.2. Analiza rozkładu termicznego

Model patelni, który został poddany symulacji (rys. 1).



Rysunek 1. Model patelni wykonanej w ANSYSie

Figure 1. Model of pan made in ANSYS

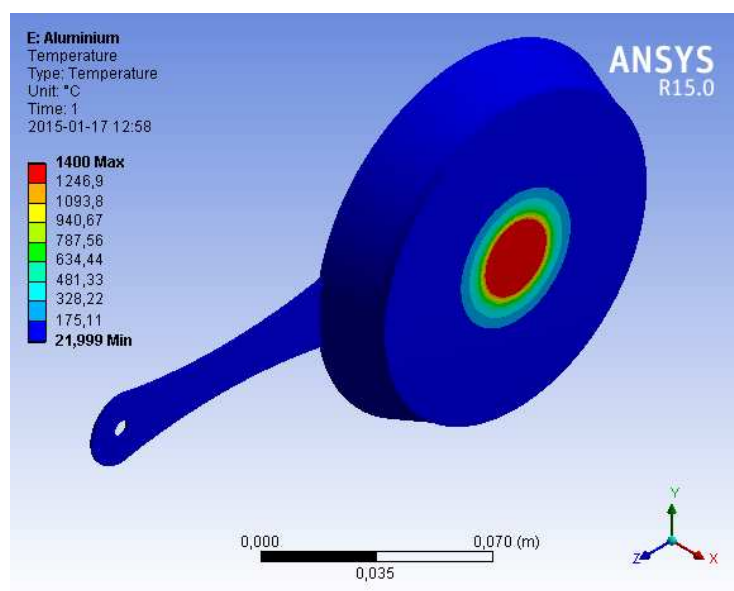


Rysunek 2. Patelnia z nałożoną siatką elementów skończonych

Figure 2. Model of pan on mesh option

3.3. Patelnia wykonana z aluminium

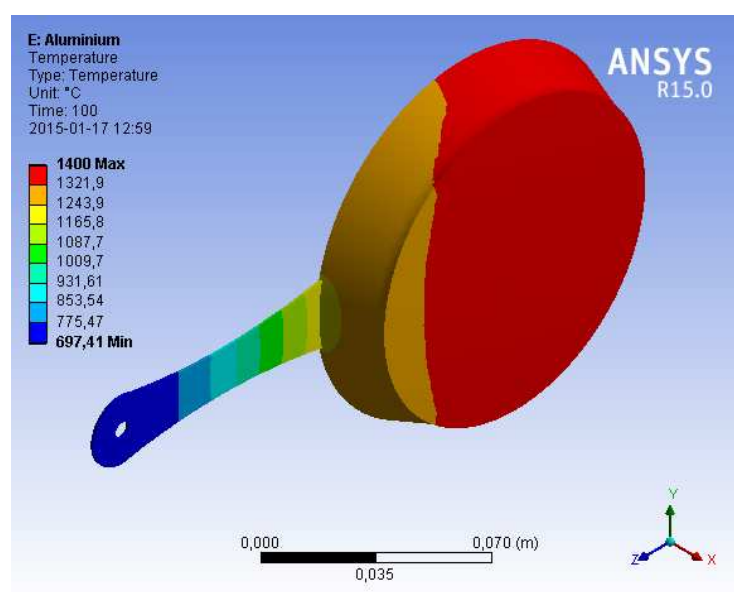
W pierwszych sekundach ciepło rozchodzi się równomiernie po dnie patelni. Minimalna temperatura wynosi około 22°C, a maksymalna około 1200°C (rys. 3).



Rysunek 3. Aluminiowa patelnia po 1 sekundzie nagrzewania

Figure 3. Aluminium pan, after 1 second of heating

Po upływie 100 sekund większość patelni nagrzała się do temperatury niemal 1300°C (rys. 4).

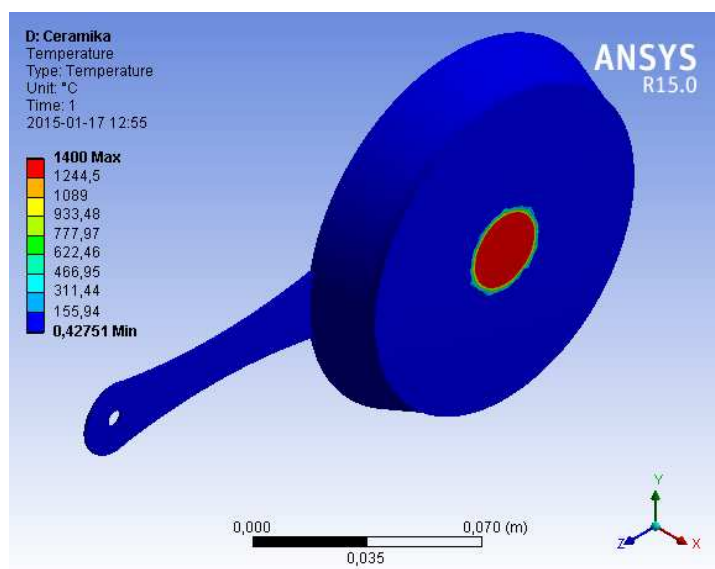


Rysunek 4. Aluminiowa patelnia po 100 sekundach nagrzewania

Figure 4. Aluminium pan, after 100 second of heating

3.4. Patelnia wykonana z ceramiki

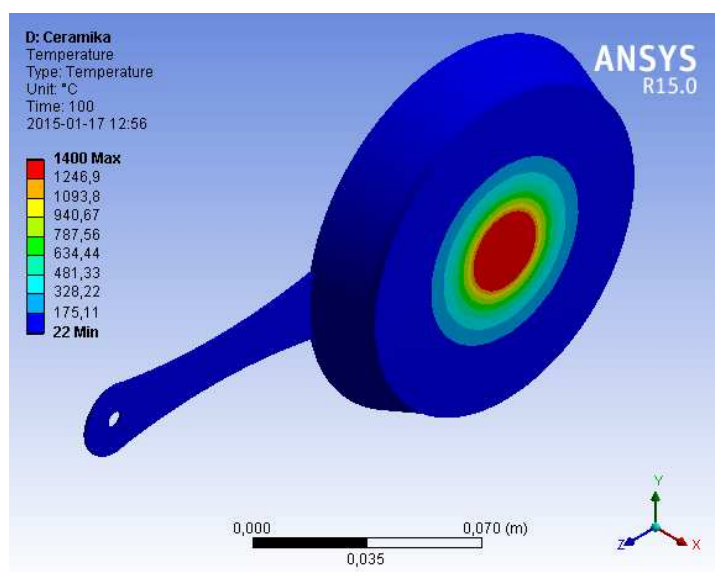
Zaraz po nagrzaniu temperatura w centralnym punkcie spodu patelni wynosi około 1200°C . Reszta powierzchni nagrzewanego przedmiotu pozostaje w obszarze temperatury minimalnej (rys. 5).



Rysunek 5. Ceramiczna patelnia po 1 sekundzie nagrzewania

Figure 5. Ceramic pan, after 1 second of heating

Po upływie 100 sekund ciepło rozprzestrzenia się równomiernie na spodzie patelni. Temperatura wzrasta stopniowo (rys. 6).

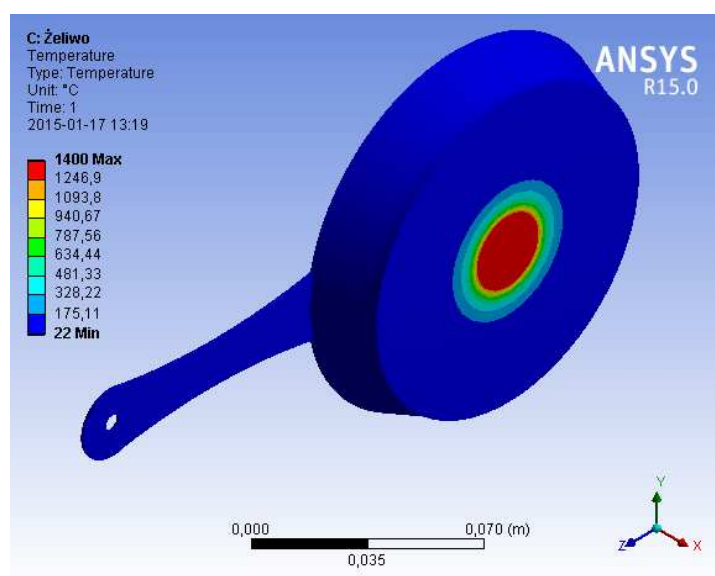


Rysunek 6. Ceramiczna patelnia po 100 sekundach nagrzewania

Figure 6. Ceramic pan, after 100 second of heating

3.5. Patelnia wykonana z żeliwa

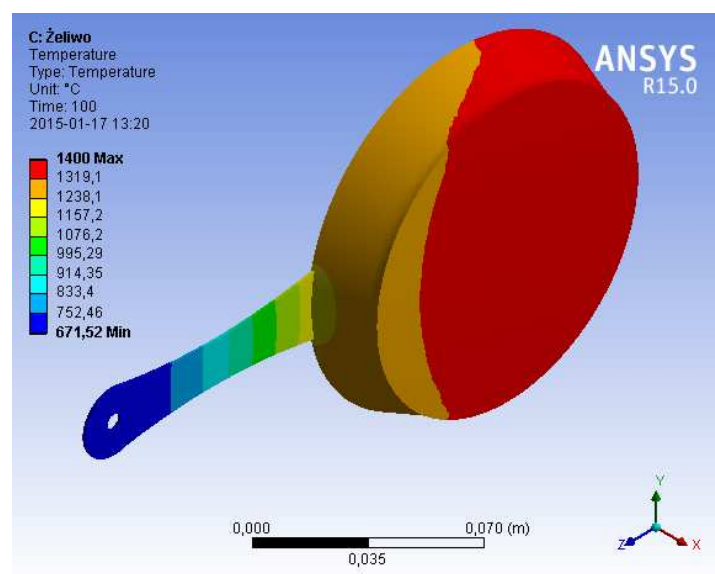
Początkowo rozkład temperatury jest równomierny, jej maksymalna wartość to około 1200°C (rys. 7).



Rysunek 7. Żeliwna patelnia po 1 sekundzie nagrzewania

Figure 7. Cast iron pan, after 1 second of heating

Po upływie 100 sekund od rozpoczęcia grzania, można zauważyć nierównomierny rozkład ciepła na powierzchni patelni. Maksymalna temperatura osiągnęła wartość 1400°C (rys. 8).



Rysunek 8. Żeliwna patelnia po 100 sekundach nagrzewania

Figure 8. Cast iron pan, after 100 second of heating

4. PODSUMOWANIE

Patelnie aluminiowe bardzo szybko i równomiernie się nagrzewają, ale też równie szybko tracą ciepło. Są lekkie, a przy tym wytrzymałe mechanicznie. Należy również pamiętać, iż nie wszystkie patelnie aluminiowe nadają się do używania na kuchenkach indukcyjnych.

Patelnie żeliwne są trwałe, można na nich smażyć praktycznie wszystko (nawet w bardzo wysokich temperaturach), dobrze trzymają ciepło.

Patelnie ceramiczne przede wszystkim równomiernie się rozgrzewają, dzięki czemu na powierzchni nie tworzą się ciepłe i zimne punkty. Śliska powłoka sprawia, że smażone składniki nie przywierają do powierzchni. Ceramika jest odporna na zarysowania.

Powyższa praca pokazała, że wykorzystanie metody elementów skończonych jest szybkim i wiarygodnym narzędziem do projektowania i analizy konstrukcji w warunkach wirtualnych. Prowadzi to do skrócenia czasu projektowania nowych wyrobów oraz znacząco obniża koszty ich wytworzenia.

LITERATURA

1. M. Orman, Z. Orman, *Technologia aluminium i jego stopów*, Wydawnictwo Górniczo-Hutnicze, Katowice, 1955.
2. strona internetowa: <http://biznes.interia.pl/news/wiara-w-aluminium,1058715>
3. M. Blicharski, *Wstęp do inżynierii materiałowej*, WNT, Warszawa, 2004.
4. M. Blicharski, *Inżynieria materiałowa. Stal*, WNT, Warszawa, 2004.
5. K. Lee, *Principles of CAD/CAM/CAE*, Addison-Wesley Longman Limited, 1998.