



## Symulacja komputerowa przepływu ciepła w radiatorze mikrokontrolera

W. Kompala, K. Niedbała, A. Otto, A. Śliwa, M. Sroka

<sup>a</sup> Studenci Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny

email: kompala.wojciech@gmail.com

<sup>b</sup> Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych

email: agata.sliwa@polsl.pl, marek.sroka@polsl.pl

**Streszczenie:** Celem niniejszej pracy jest zaprojektowanie oraz dobór materiałów na radiator odprowadzający ciepło z układu mikrokontrolerowego. Analiza została wykonana w programie SolidEdge ST5.

**Abstract:** The aim of this study is to design and pick best possible material for heat sink used in microcontrollers. Analysis was conducted in SolidEdge ST5 software.

**Słowa kluczowe:** symulacja komputerowa, rozkład ciepła, radiacja

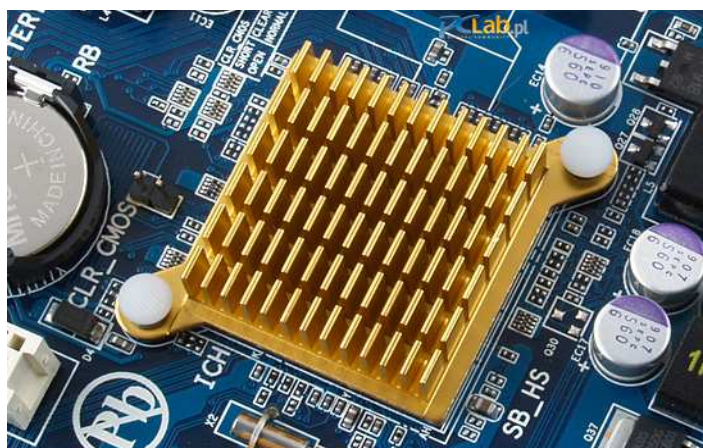
### 1. WPROWADZENIE

Radiator to element, którego zadaniem jest odprowadzanie ciepła z nagrzewającego się podzespołu. Radiator przylega do podzespołu i poprzez styk oddaje ciepło do otoczenia. Radiator zazwyczaj ma kształt bryły, która zawiera liczne ożebrowania bądź pręty które zwiększają przewodzenie ciepła.

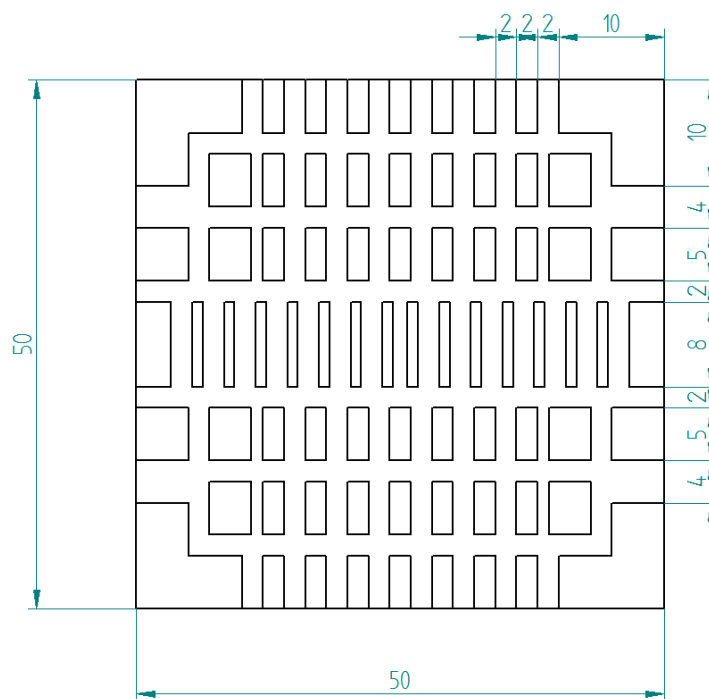
Prąd płynący przez czynne elementy elektroniczne wywołuje na nich spadek napięcia. Wartość napięcia pomnożona przez wartość prądu daje moc strat jaka wydziela się na danym elemencie co powoduje zamianę energii elektrycznej na ciepło. Ciepło trzeba skutecznie odprowadzić, aby przy wzroście temperatury nie doszło do uszkodzenia procesora.

Problemem w działającym układzie mikrokontrolerowym jest ciepło generowane przez pracujący procesor. Zadanie polega na zaprojektowaniu radiatora (rys. 1÷2) oraz dobraniu materiału o wymaganej przewodności cieplnej w celu ochrony procesora przed jego przegrzaniem, co może spowodować przegrzanie i uszkodzenie całego układu. Układ zamknięty jest w polimerowej obudowie, której struktura nie może zostać naruszona przez zbyt duży strumień ciepła. Ciepło z radiatora ubywa poprzez radiację. Zakładamy, że najlepszą przewodnością cieplną cechuje się materiał który będzie miał najniższy gradient temperatur (przewodzenie jest tym wyższe, im mniejszy gradient temperatur na obu końcach) [3].

Materiały spośród których należy wybrać jeden optymalnie spełniający założenia należą do czterech grup materiałów: aluminium, miedź, srebro oraz stal. W badaniu temperatura zadana na tylną powierzchnię radiatora powinna wynosić 95°C, natomiast temperatura początkowa obiektu 20°C. Badanie powinno się odbywać w temperaturze 20°C.



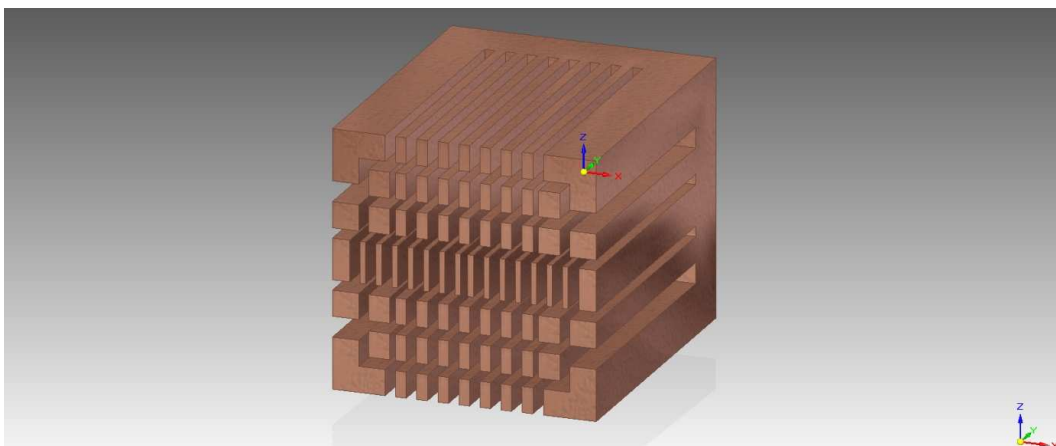
Rysunek 1. Rzeczywiste zdjęcie przykładowego radiatora  
 Figure 1. Picture of exemplary radiator



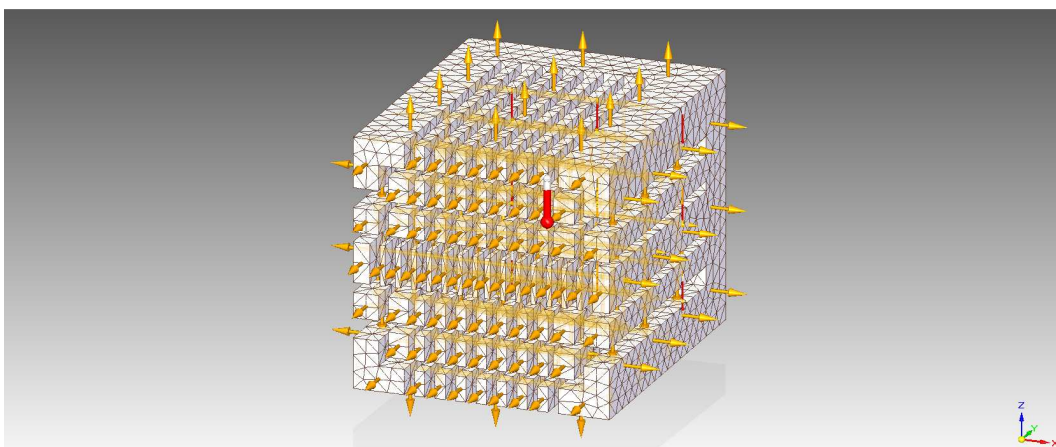
Rysunek 2. Widok radiatora z góry wraz z wymiarami, wysokość radiatora to 60 mm  
 Figure 2. Plan view of radiator with its dimensions (height equals 60 mm)

## 2. SYMULACJA KOMPUTEROWA I ANALIZA WYNIKÓW

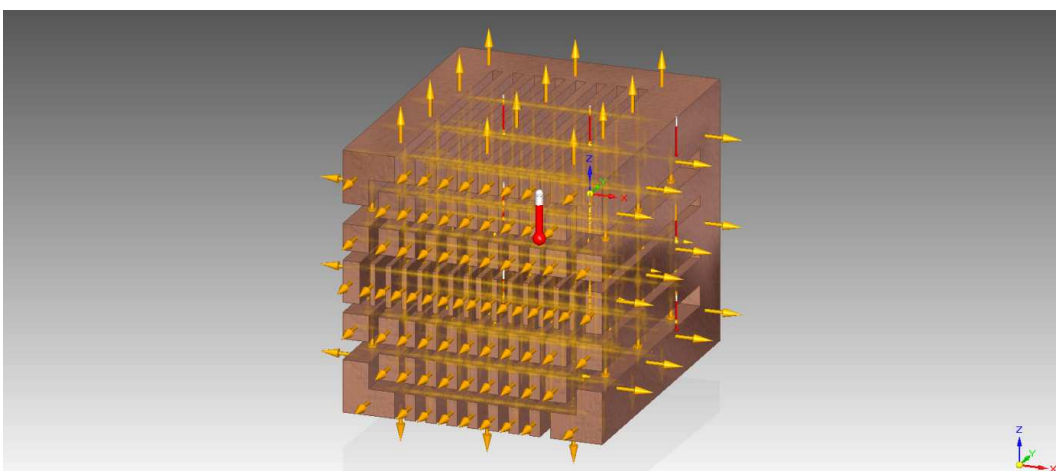
Element wykonany jest z różnych grup materiałów inżynierskich – aluminium, miedzi, srebra oraz stali. Widok radiatora z góry wraz z jego wymiarami przedstawiono na rysunku 2. Na rysunku 3 przedstawiono model rzeczywisty radiatora wykonanego z miedzi. Na model założono siatkę elementów skończonych przestrzennych czterowęzłowych. Siatka została wygenerowana automatycznie, gdzie założono minimalną i maksymalną długość elementu: od 1 do 5 mm (rys. 4). Rysunek 5 przedstawia radiator z nałożonymi warunkami brzegowymi.



Rysunek 3. Model radiatora wykonanego z miedzi  
*Figure 3. Model of copper radiator*



Rysunek 4. Model radiatora po zmeshowaniu  
*Figure 4. Meshed radiator model*



Rysunek 5. Model radiatora z nałożonymi warunkami brzegowymi  
*Figure 5. Radiator model with boundary conditions*

Mając gotowy model, przeprowadzono analizę rozkładu temperatur w radiatorze, która ma na celu wybranie materiału, który będzie najlepiej spełniał swoje zadanie, jakim jest odprowadzanie ciepła z działającego mikroprocesora.

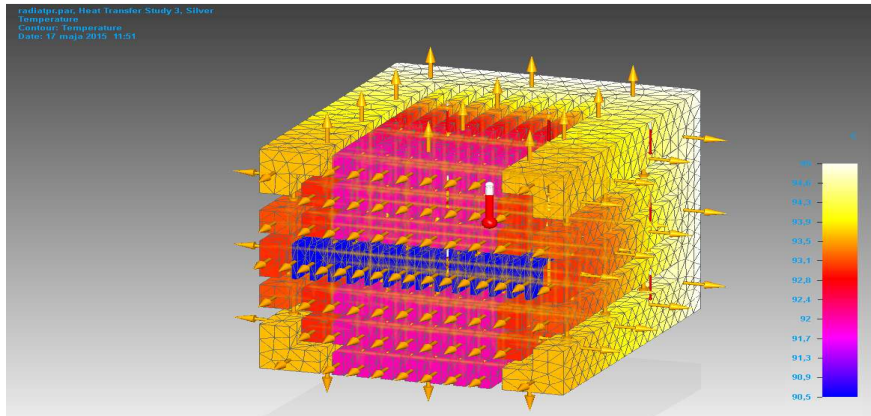
Na rysunkach 6÷9 przedstawiono wyniki analizy rozkładu temperatur w radiatorze wykonanym z różnych materiałów inżynierskich, wykonanej przy użyciu oprogramowania SolidEdge z solverem NX Nastran.

Istotną rolę w analizie termicznej ma współczynnik przewodności ciepła który:

- dla stali wynosi od kilkunastu do kilkudziesięciu  $\frac{W}{m \times K}$  [1],
- dla miedzi wynosi  $380 \frac{W}{m \times K}$  [1],
- dla srebra wynosi  $420 \frac{W}{m \times K}$  [1],
- dla aluminium wynosi  $237 \frac{W}{m \times K}$  [2].

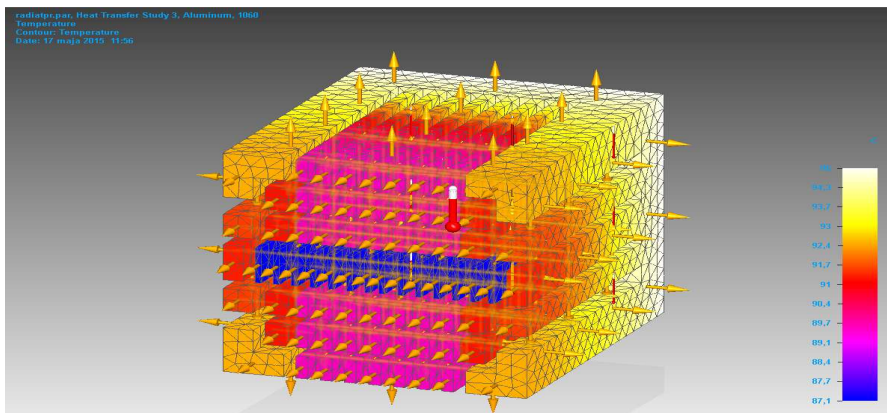
W przypadku trzech ostatnich różnica współczynnika przewodności ciepła jest nieznaczna.

#### a) analiza dla srebra



Rysunek 6. Graficzne przedstawienie rozkładu temperatury w programie SolidEdge dla srebra  
*Figure 6. Solid Edge simulation of temperature distribution for silver*

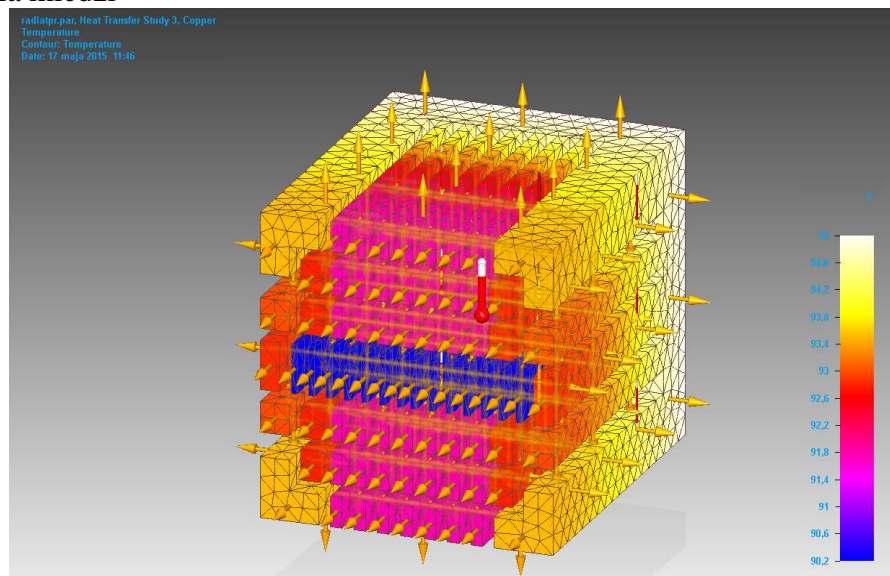
#### b) analiza dla aluminium



Rysunek 7. Graficzne przedstawienie rozkładu temperatury w programie SolidEdge dla aluminium  
*Figure 7. Solid Edge simulation of temperature distribution for aluminium*

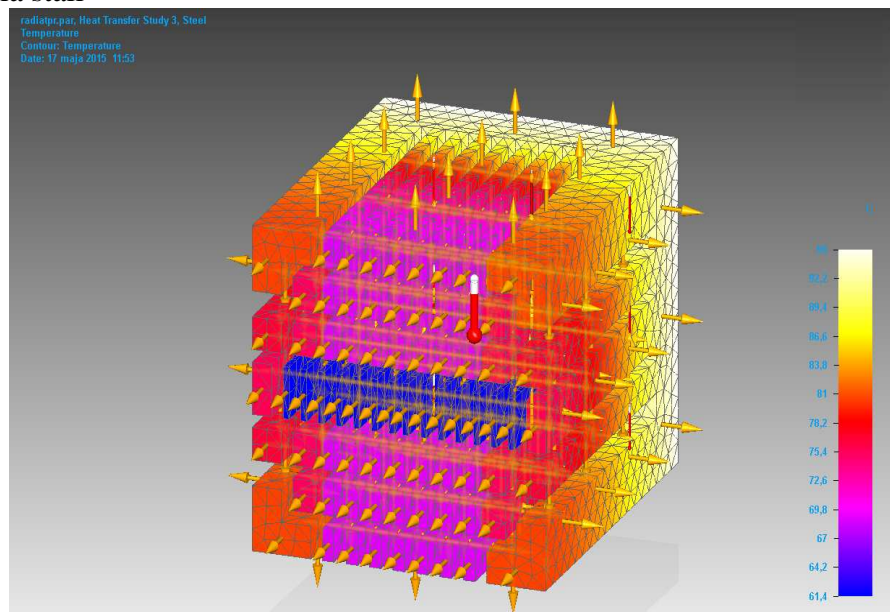


## c) analiza dla miedzi



Rysunek 8. Graficzne przedstawienie rozkładu temperatury w programie SolidEdge dla miedzi  
*Figure 8. Solid Edge simulation of temperature distribution for copper*

## d) analiza dla stali



Rysunek 9. Graficzne przedstawienie rozkładu temperatury w programie SolidEdge dla stali  
*Figure 9. Solid Edge simulation of temperature distribution for steel*

Gradient temperatury wynikający z analizy wynosi:

- dla srebra:  $95 \div 90,5^{\circ}\text{C}$ ,
- dla miedzi:  $95 \div 90,2^{\circ}\text{C}$ ,
- dla aluminium:  $95 \div 87,1^{\circ}\text{C}$ ,
- oraz dla stali:  $95 \div 61,4^{\circ}\text{C}$ .

Gradient temperatury wskazuje znacznie lepsze, oraz bardziej równomierne odprowadzanie ciepła z procesora. Dowodzą tego również wartości współczynnika przewodzenia ciepła. Przeprowadzona symulacja pomogła nam w określeniu gradientu temperatur na dwóch końcach radiatora i wynosi on odpowiednio  $4,5^{\circ}\text{C}$  dla srebra (rys. 6);  $7,9^{\circ}\text{C}$  dla aluminium (rys. 7);  $4,8^{\circ}\text{C}$  dla miedzi (rys. 8); oraz  $33,6^{\circ}\text{C}$  dla stali (rys. 9).

### 3. PODSUMOWANIE

Na podstawie powyższych analiz możemy stwierdzić że stal jest najmniej odpowiednim materiałem na radiator. Wynika to z najwyższego gradientu który wynosi aż  $33,6^{\circ}\text{C}$  oraz najniższej temperatury, która wynosi około  $61,4^{\circ}\text{C}$ .

Temperatura ta łączy się z gradientem temperatur w modelu i determinuje najlepsze przewodzenie cieplne. Można to również stwierdzić na podstawie wartości współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda$ , który określa zdolność danego materiału do przewodzenia ciepła.

W związku z tym, że wymienione materiały mają podobne własności (ze wskazaniem na srebro oraz miedź) przy wyborze należy się kierować również innym kryterium, min. ceną. Biorąc to pod uwagę należało by całkowicie odrzucić srebro, a wziąć pod uwagę aluminium (tańsze) oraz miedź (droższa). Analizując wyniki badań radiatora odprowadzającego ciepło z układu mikrokontrolerowego wykonanego z różnych materiałów inżynierskich oraz ich cenę można stwierdzić że najlepszym wyborem materiału na radiator będzie aluminium, które łączy dobre własności termoprzewodzące oraz niską cenę.

Wykonana analiza cieplna przy pomocy metody elementów skończonych jest coraz częściej stosowaną metodą w zakresie inżynierii materiałowej i mechaniki. Zastosowanie metod komputerowego wspomaganie pozwala na wykonanie zadań trudnych do rozwiązania metodami analitycznymi, dzięki czemu możliwe jest wykonywanie obliczeń nawet w przypadku złożonych obiektów. Wykonanie symulacji zamiast badań doświadczalnych przekłada się bezpośrednio na obniżenie kosztów projektowania i optymalizacji produktu.

### 4. LITERATURA

1. J. Składzień, *Termodynamika dla elektryków*, Gliwice, Politechnika Śląska, 1975.
2. Wyznaczanie współczynnika przewodzenia ciepła, instrukcja laboratoryjna. Laboratorium Materiałów Konstrukcyjnych i Eksploatacyjnych Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
3. J. Banaszak, Wyznaczanie współczynnika przewodzenia ciepła w materiałach porowatych, Politechnika Poznańska.
4. L.A. Dobrzański, *Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo. Materiały inżynierskie z podstawami projektowania materiałowego*, WNT, Warszawa, 2002.
5. J. Szargut, *Termodynamika*, PWN, Warszawa, 2002.