



Analiza rozkładu ciepła na przykładzie tarcz do cięcia metalu przeprowadzona w programie ANSYS

K. Sonsalla^a, S. Saternus^a, T. Mazur^a, A. Śliwa^b, M. Sroka^b

^a Studenci Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny
email: kamil.sonsalla@gmail.com

^b Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych
email: agata.sliwa@polsl.pl, marek.sroka@polsl.pl

Streszczenie: W niniejszej pracy przedstawiona została analiza rozkładu temperatury na powierzchni stalowej tarczy do cięcia metalu podczas pracy w wysokich temperaturach. Analizę termiczną wykonano przy pomocy Metody Elementów Skończonych używając programu ANSYS.

Abstract: this paper presents the analysis of temperature distribution on the surface of the cutting disc by using ANSYS. Temperature distribution is introduced on the following steps of working disc.

Słowa kluczowe: ANSYS, rozkład temperatury, tarcza do cięcia metalu

1. WPROWADZENIE

Zjawisko przewodnictwa cieplnego jest jednym z najbardziej powszechnych zjawisk występujących na świecie. Od początku, człowiek przysposabiał sobie owe zjawisko dla polepszenia swojego bytu na ziemi i robi to po dziś dzień. Przewodnictwo zapoczątkowane w środowisku naturalnym wywarło ogromny wpływ na rozwój technologii. Przewodzenie ciepła obok promieniowania oraz konwekcji jest jednym ze sposobów przekazywania temperatury. Polega ono na przekazywaniu energii przez drobiny lub atomy bezpośrednio stykające się ze sobą. Proces ten prowadzi do wyrównania temperatury między ciałami których to temperatury różnią się między sobą. Po upływie czasu (w zależności od różnicy temperatury, rodzaju materiału, otoczenia) temperatura ciał wyrówna się. Wpływ na to ma energia wewnętrzna ciała, zaś całe zjawisko odpowiada gradient temperatur ciał. Przewodzenie cieplne występuje głównie w ciałach stałych, a w przypadku gazów oraz płynów gdzie przewodzenie występuje w niewielkim stopniu łączy się ją ze zjawiskiem konwekcji. Materiałami najlepiej przewodzącymi ciepło są metale a najmniej różnego rodzaju płyny oraz gazy. Ciepło w metalach przekazywane jest nie tylko przez stykające się ze sobą atomy, temperatura przekazywana jest również przez swobodne elektrony. Zatem materiał z dobrą

przewodnością elektryczną jest również dobrym przewodnikiem cieplnym. Postęp techniki pozwolił w znacznej mierze korzystać ze zjawiska przewodnictwa cieplnego nawet w najprostszych dziedzinach naszego życia. Co więcej przed wytworzeniem danego przedmiotu możemy go poprzez oprogramowanie typu CAD/CAM wcześniej zaprojektować uwzględniając zjawisko przewodnictwa. Podczas projektowania możemy zaobserwować oraz wyeliminować błędy, które mogą spowodować defekty w użytkowaniu danego przedmiotu a nawet wyeliminować wszelkie zagrożenia dla użytkownika i otoczenia.

2. CHARAKTERYSTYKA STALI

Stal jest to stop żelaza z węglem i innymi dodatkami stopowymi, zawierający do ok. 2% węgla. Stop otrzymywany jest w procesach stalowniczych, przeznaczony na półwyroby i wyroby przerabiane plastycznie. Stal obok żelaza i węgla zawiera zwykle również inne składniki. Do pożądanych składników stopowych zalicza się głównie metale takie jak chrom, nikiel, mangan, wolfram, miedź, molibden, tytan. Pierwiastki takie jak tlen, azot, siarka oraz wtrącenia niemetaliczne, głównie tlenków siarki i fosforu zwane są zanieczyszczeniami. Stal można otrzymywać na dwa sposoby. Pierwszym procesem jest otrzymywanie stali z surówki w procesie świeżenia (proces zanikający). Drugim procesem, w pełni nowoczesnym, jest proces pozyskiwania stali w nowoczesnych instalacjach hutniczych z wykorzystaniem pieców konwentowych, łukowych i próżniowych, co pozwala na uzyskanie stali bardzo wysokiej jakości. Należy wspomnieć iż pierwotnym produktem jest staliwo (np. w postaci kęsów, kęsisk lub kęsisk płaskich), które przerabiane jest na stal za pomocą obróbki plastycznej. Przy poruszaniu tematu stali nie można zapomnieć o wpływie węgla na jej właściwości a dokładniej mówiąc, im większa zawartość węgla, a w konsekwencji udział twardego i kruchej cementytu, tym większa twardość stali. Węgiel w stalach niskostopowych wpływa na twardość poprzez wpływ na hartowność stali; większa zawartość węgla wydłuża czas jaki jest potrzebny do przemiany perlitycznej – co prowadzi do przemian bainitycznej i martenzytycznej. W stalach stopowych nie tylko węgiel ma wpływ na twardość lecz też zawartość chromu, gdyż węgiel w połączeniu z chromem tworzy węgliki o wysokiej twardości. Wyżej zostało przedstawiona ogólna charakterystyka stali, więc czas na jej podział. Ze względów praktycznych klasyfikacji gatunków stali dokonuje się zgodnie z normą PN-EN 10020:1996 według składu chemicznego oraz według ich zastosowania i własności mechanicznych lub fizycznych. Sam podział stali jest bardzo szeroki. Poniżej został przedstawiony główny podział stali:

1. stale niestopowe:
 - a. jakościowe,
 - b. specjalne,
2. stale odporne na korozję:
 - a. nierdzewne,
 - b. żaroodporne,
 - c. żarowytrzymałe.

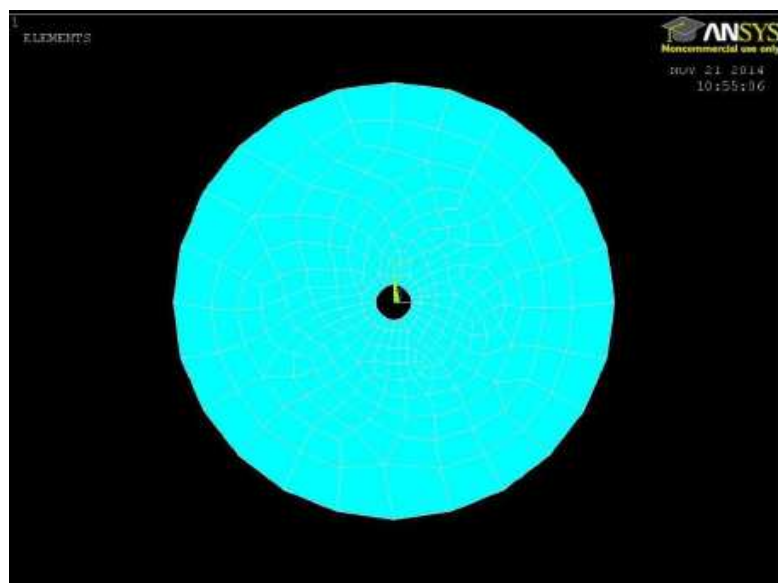
3. SYMULACJA KOMPUTEROWA I ANALIZA WYNIKÓW

Tarcza do cięcia metalu która została poddana analizie rozkładu temperatury została wykonana z hartowanej stali o średnicy 100 mm i grubości 3 mm (rys. 1). Geometryczny model

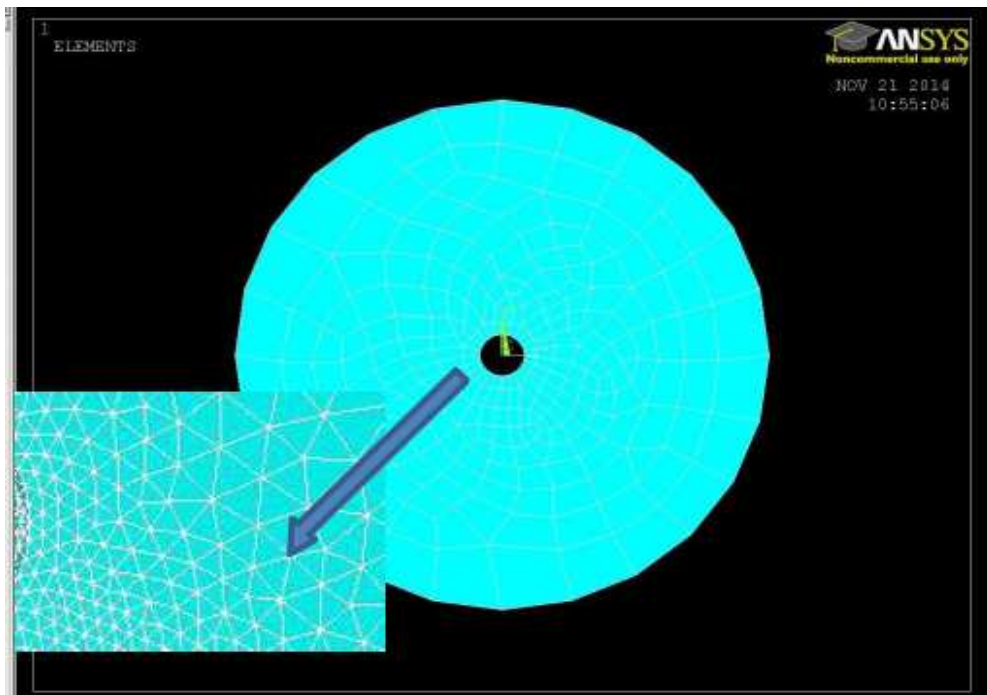
próbki został wykonany w programie ANSYS. Na rysunku 2 przedstawiono model próbki z jej rzeczywistymi wymiarami. Na model założono siatkę elementów skończonych przestrzennych czterowęzłowych. Model został podzielony na 7794 elementów oraz 15804 węzły (rys. 3). Następnym krokiem było nałożenie na model warunków brzegowych w postaci obciążenia termicznego. Na brzegu tarczy temperatura wynosiła 300°C zaś uwzględniając proces chłodzenia, od wewnątrz przyłożono temperaturę 50°C . Po zadaniu temperatur wykonano obliczenia MES oraz wizualizacje. W badaniu głównym czynnikiem wpływającym na rozkład temperatury jest współczynnik przewodności cieplnej. Dla stali przyjęto współczynnik przewodzenia równy $100 \text{ W/m}^{-1}\text{C}^{-1}$. Rysunek 4 przedstawia ostatni etap rozkładu temperatury w tarczy do cięcia metalu. Na rysunku 5 zaprezentowano poszczególne etapy przeprowadzonej symulacji.



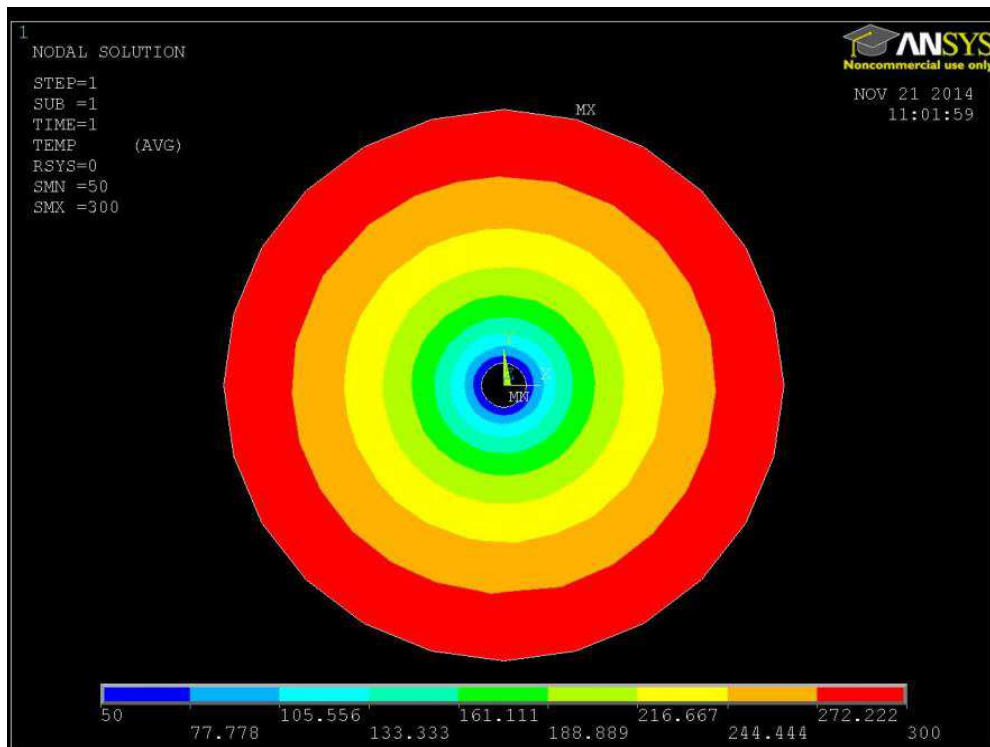
Rysunek 1. Zdjęcie przykładowej tarczy do cięcia metalu [5]
Figure 1. Photo of an exemplary cutting disc [5]



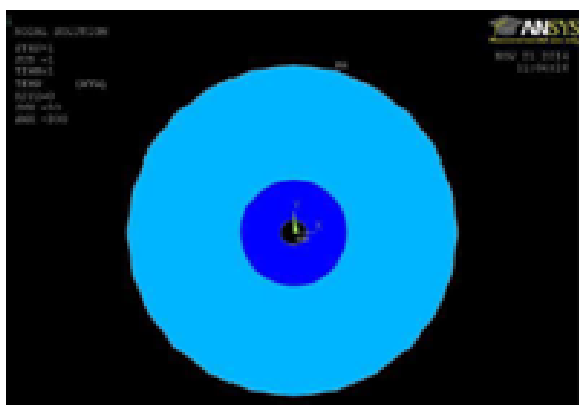
Rysunek 2. Model tarczy poddany analizie
Figure 2. Model of cutting disc specified analysis



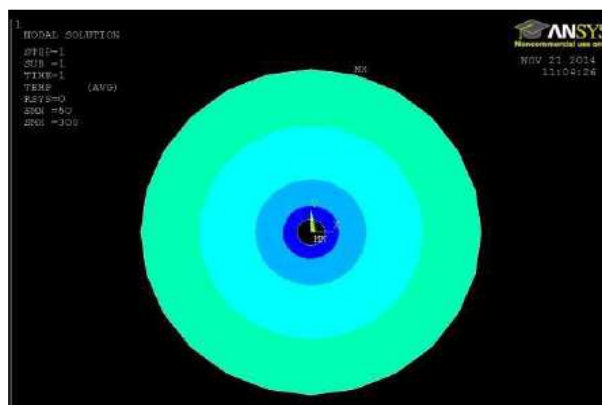
Rysunek 3. Model tarczy z nałożoną siatką elementów skończonych
Figure 3. Model of cutting disc with the FEM network



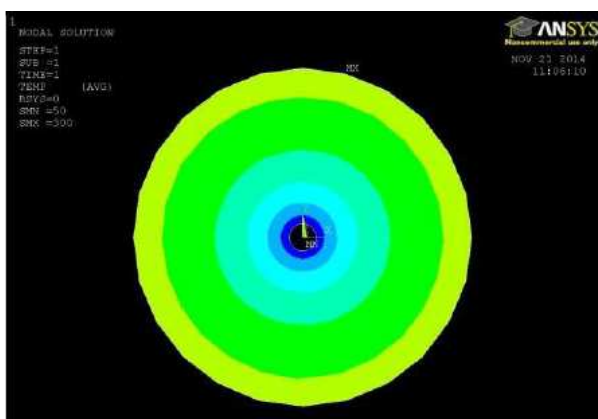
Rysunek 4. Rozkład temperatury w tarczy do cięcia metalu
Figure 4. Temperature distribution in final step



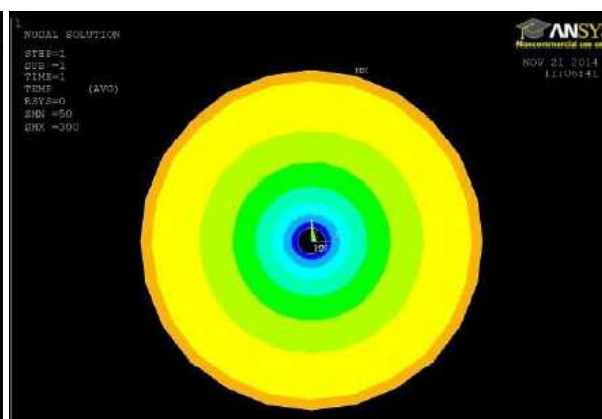
Krok 1



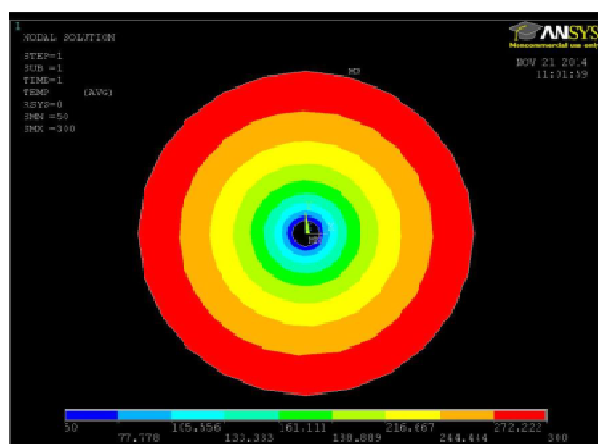
Krok 2



Krok 3



Krok 4



Krok 5

Rysunek 5. Rozkład temperatury w tarczy do cięcia metalu w pięciu krokach symulacji
 Figure 5. Temperature distribution in cutting disc in five following steps

4. PODSUMOWANIE

Wykorzystanie programów takich jak ANSYS, który bazuje na metodzie elementów skończonych, umożliwia przeprowadzenie analizy termicznej tarczy do cięcia metalu podczas pracy w wysokich temperaturach, a następnie przedstawienie wyników w formie graficznej. Jest to szybki i wiarygodny sposób na zaprojektowanie, a następnie zasymulowanie zachowania różnych materiałów w konkretnych warunkach. Dzięki wirtualnej symulacji można znacząco skrócić czas projektowania, a co najważniejsze – oszczędzić sporo kosztów. Umożliwia to także zobaczenie jak mniej więcej będzie się rozkładać temperatura na tarczy podczas, gdy będzie ona pracować. Dzięki temu jesteśmy w stanie przewidzieć oraz uniknąć zbyt długich i lokalnych koncentracji temperatury, które powodowałyby przedwczesne zużycie się tarczy. W przeprowadzonej analizie stal wykorzystana do produkcji tarczy posiada współczynnik przewodności cieplnej równy $100 \text{ W/m}^{-1}\text{C}^{-1}$, a najwyższa osiągnięta temperatura wynosi około 300°C . Dzięki zastosowaniu chłodzenia znacząco zwiększyła się żywotność analizowanej tarczy.

LITERATURA

1. J. Składzień, Termokinetika dla elektryków, Wydanie 1, Wyd. Pol. Śl., Gliwice, 1975.
2. M. Blicharski, Wstęp do inżynierii materiałowej, WNT, Warszawa, 1993.
3. M. Blicharski, Inżynieria materiałowa. Stal, WNT, Warszawa, 1977.
4. K. Lee, Principles of CAD/CAM/CAE, Addison Wesley Longman Limited, 1998.
5. strona internetowa: <http://www.warsztat.kubusia.pl/p902,tarcza-do-ciecia-metalu-115x1-2x22-3mm-geko.html>.