

TD1002a MkII

Moduł doświadczalny do badania liniowej przewodności cieplnej

Instrukcja Obsługi




© ***TecQuipment Ltd 2019***

Zabronionym jest powielanie i przekazywanie tego dokumentu niezależnie od formy i środka przekazu, elektronicznej lub mechanicznej, z uwzględnieniem fotokopii, nagrań i wszystkich innych form przechowywania i przekazywania informacji bez wyraźnej zgody TecQuipment Limited.

Firma TecQuipment dołożyła wszelkich starań, aby zawarte w niniejszej instrukcji informacje były możliwie kompletne i aktualne. Jeśli jednak użytkownik dostrzeże jakiś błąd, proszony jest o przekazanie takiej informacji producentowi, aby możliwym było zweryfikowanie problemu.

Firma TecQuipment wraz z dostarczonym urządzeniem dołącza Listę Zawartości Opakowania (Packing Contents List – PCL). Należy dokładnie sprawdzić zawartość przesyłki/przesyłek i zweryfikować ją z listą. Jeśli którego z elementów brakuje lub został on uszkodzony, zalecany jest kontakt z firmą TecQuipment lub lokalnym dystrybutorem.

Oznaczenia występujące w instrukcji

Uwaga 	<i>Ważna informacja</i>
UWAGA 	<i>Nieprzestrzeganie tej uwagi może spowodować uszkodzenie urządzenia, innych elementów instalacji lub może mieć negatywny wpływ na środowisko.</i>
UWAGA! 	<i>Nieprzestrzeganie tej uwagi może spowodować powstanie niebezpieczeństwa dla zdrowia lub życia.</i>

Spis treści

Wstęp	1
Opis	3
Moduł doświadczalny do badania liniowej przewodności cieplnej (TD1002a MkII)	3
Specyfikacja techniczna	5
TD1002a MkII.....	5
Hałas	5
Montaż i instalacja	7
Jednostka podstawowa (TD1002)	7
Montaż modułu TD1002a MKII na jednostce podstawowej.....	7
Eksperymenty	9
Bezpieczeństwo	9
Używanie pasty termoprzewodzącej (w zestawie).....	9
Ważne informacje	9
Lokalne temperatury	9
Co najmniej dwie osoby	9
Osiągnięcie równowagi temperatur przed odczytaniem pomiarów	9
Eksperyment 1 – Liniowe przewodzenie ciepła	10
Cel eksperymentu.....	10
Procedura 1 – Standardowa próbka mosiężna.....	10
Analiza wyników	11
Procedura 2 – Inne materiały	13
Analiza wyników	13
Procedura 3 – Dobre połączenie termiczne.....	16
Procedura 4 – Opóźnienie termiczne.....	16
Wyniki	17
Eksperyment 1 – Liniowe przewodzenie ciepła	17
Procedura 1 – Standardowa próbka mosiężna	17
Procedura 2 – Inne materiały	18
Procedura 4 – Opóźnienie termiczne	24

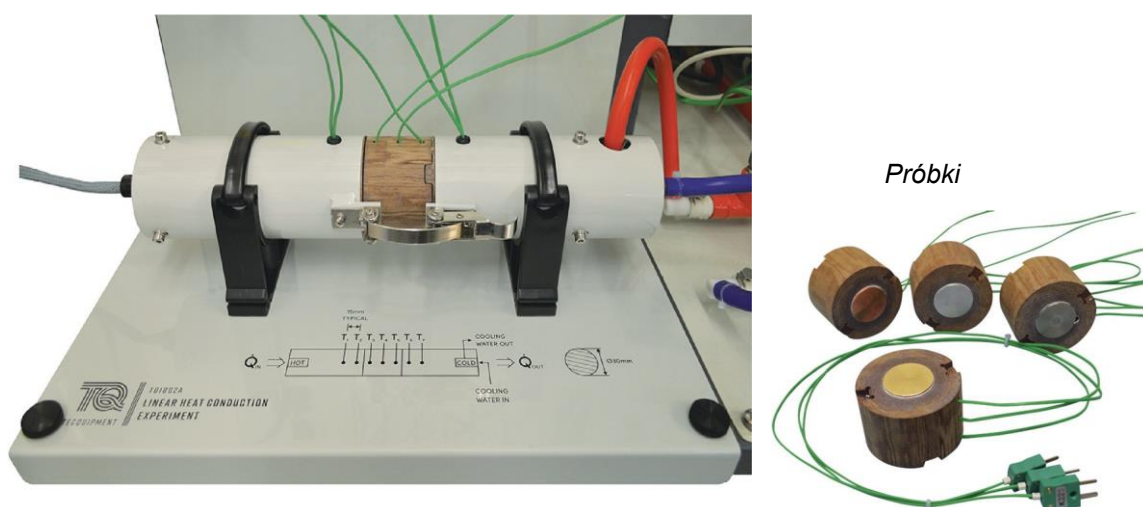
Konserwacja, Części zamienne i Obsługa klienta	26
Konserwacja.....	26
Ogólna	26
Elektryczna	26
Części zamienne.....	27
Obsługa klienta	27

TD1002a MkII

Moduł doświadczalny
do badania liniowej
przewodności cieplnej

Instrukcja obsługi

Wstęp



Rys. 1 TD1002a MkII (zamontowane na jednostce podstawowej (TD1002)) wraz z próbkami



Produkt kompatybilny z systemem akwizycji danych VDAS®

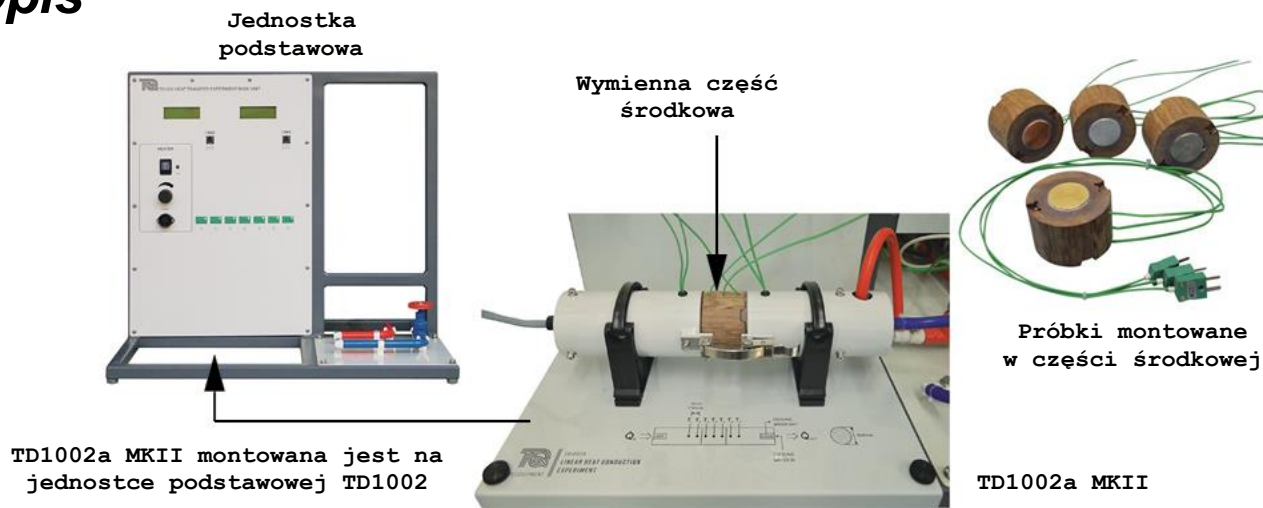
Przeszli inżynierowie poznając zagadnienia z zakresu termodynamiki i wymiany ciepła muszą wiedzieć, jak kształt i materiał komponentu wpływa na przewodzenie ciepła. Dzięki temu będą mogli prognozować przepływ energii cieplnej we własnych projektach. Zestaw eksperymentalny z zakresu wymiany ciepła firmy TecQuipment demonstruje różne metody wymiany ciepła.

Główną częścią zestawu jest jednostka podstawowa (TD1002). Jest to kompaktowa rama wyposażona w obieg zimnej wody i aparaturę pomiarową, umożliwiającą podłączenie termopar będących częścią modułów eksperymentalnych. Do przeprowadzania eksperymentów niezbędny jest przynajmniej jeden z opcjonalnych modułów eksperymentalnych (na przykład TD1002a MkII). Moduły montowane są z przodu jednostki podstawowej, a następnie podłączane do obiegu wodnego, zasilania grzałki oraz gniazd termopar.

Automatyczna rejestracja danych pomiarowych, oszczędzająca czas, możliwa jest dzięki współpracy jednostki podstawowej z systemem akwizycji danych (VDAS®) firmy TecQuipment.

VDAS® jest zarejestrowanym znakiem towarowym firmy TecQuipment Ltd.

Opis



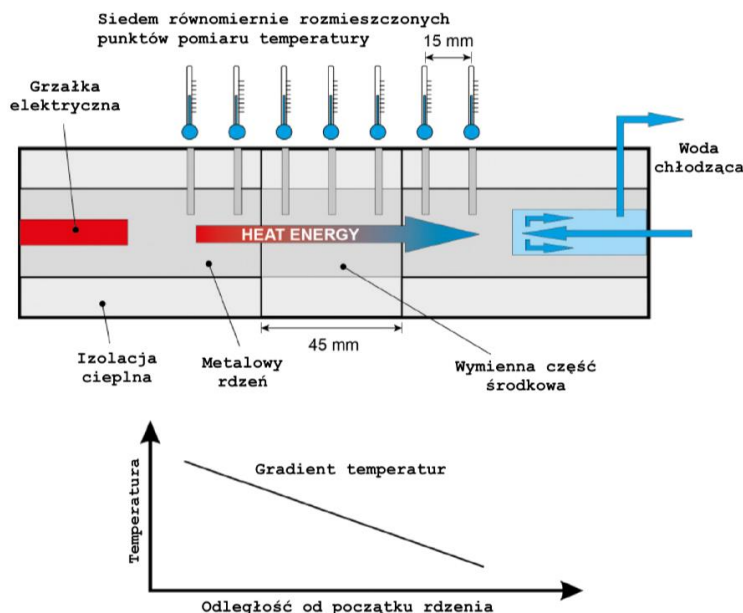
Rys. 2 Jednostka podstawowa (TD1002)

Moduł doświadczalny do badania liniowej przewodności cieplnej (TD1002a MKII)

W tym module eksperymentalnym pokazano, jak ciepło przewodzone jest przez mosiężny element o jednolitym, okrągłym przekroju poprzecznym. Na jednym jego końcu znajduje się wytwarzająca energię cieplną grzałka elektryczna (źródło ciepła), a na drugim niewielkich rozmiarów komora (radiator). Zimna woda doprowadzana z jednostki podstawowej przepływa przez radiator w celu odebrania energii cieplnej. Wyłącznik termiczny znajdujący się przy grzałce sterowany jest przez jednostkę podstawową i wyłącza zasilanie elektryczne grzałki, gdy ta staje się zbyt gorąca.

Siedem równo rozmieszczonych wzdłuż metalowego rdzenia termopar mierzy gradient temperatur pomiędzy źródłem ciepła a radiatorem. Moduł posiada możliwość wymiany części środkowej rdzenia, co umożliwia montaż elementów z różnych metali (dołączonych w zestawie) i badanie wpływu materiału na rozkład (gradient) temperatur.

Metalowy rdzeń jest odpowiednio zaizolowany, dzięki czemu ograniczone są straty ciepła na drodze promieniowania i konwekcji, co przekłada się na większą dokładność pomiarów oraz możliwość porównania ich z teoretycznymi wartościami obliczeniowymi.



Rys. 3 Zasada działania modułu TD1002a MKII

Specyfikacja techniczna

TD1002a MkII

Moduł eksperymentalny	Szczegóły
Moduł doświadczalny do badania liniowej przewodności cieplnej (TD1002a MkII)	<p>Wymiary netto: 390 mm szerokość x 280 mm głębokość x 130 mm wysokość, masa 4 kg</p> <p>Materiał rdzenia: Mosiądz (typ CZ121) Średnica 30 mm, pole przekroju poprzecznego 0.000707 m²</p> <p>Wymienne elementy środkowe: Mosiądz (typ CZ121), Miedź (typ C101), Aluminium (typ 6082) oraz Stal nierdzewna. 45 mm (grubość), 30 mm (średnica) i 0.000707 m² (pole przekroju poprzecznego).</p> <p>Rozmieszczenie termopar: Centrycznie w odstępach co 15 mm</p>

Hałas

Wartości natężenia dźwięku zarejestrowane dla tego urządzenia są niższe niż 70 dB (A).

Montaż i instalacja

Jednostka podstawowa (TD1002)

Upewnij się, że jednostka podstawowa (TD1002) została zainstalowana i przygotowana do montażu modułu eksperymentalnego zgodnie z dołączoną do niej instrukcją.

Montaż modułu TD1002a MKII na jednostce podstawowej

1. Wyłącz zasilania jednostki podstawowej i grzałki.
2. Postaw moduł eksperymentalny z przodu jednostki podstawowej. Za pomocą śrubek ręcznych przymocuj go we właściwej pozycji.
3. Podłącz przewody źródła wody. Upewnij się, że są one podłączone we właściwej kolejności, gdyż ma to wpływ na wyniki pomiarów.
4. Odkręć zasilanie wodne i pozwól jej płynąć przez parę minut. Przez cały czas obserwuj, czy nie występują wycieki.
5. Podłącz termopary z modułu eksperymentalnego do gniazd jednostki podstawowej (zwróć uwagę na oznaczenia numeryczne). Podłącz przewód zasilania grzałki z modułu eksperymentalnego do gniazda jednostki podstawowej.
6. Włącz zasilanie jednostki podstawowej. Ustaw regulację mocy grzałki na minimum i włącz grzałkę.

Eksperymenty

Uwaga



Oznaczenia oraz zagadnienia teoretyczne z zakresu liniowego przewodzenia ciepła zostały szczegółowo opisane w instrukcji obsługi Jednostki podstawowej TD1002.

Bezpieczeństwo

UWAGA!



Niezwłocznie należy usuwać ewentualne wycieki wody. Pod żadnym pozorem nie należy przełączać wyłączników elektrycznych mokrymi dłońmi.

Używanie pasty termoprzewodzącej (w zestawie)

Należy nałożyć pastę termoprzewodzącą na obie strony wymiennej części środkowej modułu eksperymentalnego do badania liniowego przewodzenia ciepła. Aplikację pasty należy przeprowadzać w rękawiczkach, a samą pastę należy równomiernie rozprowadzić na powierzchni likwidując ewentualne pęcherzyki powietrza.

Uwaga



Pasta termoprzewodząca jest nieszkodliwa i nietoksyczna, natomiast ciężko jest ją zmyć z dłoni i ubrań, więc:

- *Ubieraj rękawiczki*
- *Za pomocą ręczników papierowych/chusteczek lub ścierki wytrzyj naddatek pasty*
- *Nie dotykaj pastą odsłoniętej skóry ani ubrań*

Ważne informacje

Lokalne temperatury

Lokalna temperatura otoczenia oraz temperatura zasilania zimnej wody mają wpływ na wyniki eksperymentów. Należy upewnić się, że podczas wykonywania eksperymentów obie te temperatury są względnie stałe. Przykładowe wyniki zostały opracowane dla pokojowej temperatury otoczenia ok. 20°C oraz temperatury wody zasilającej między 10°C i 15°C.

Co najmniej dwie osoby

Urządzenie jest proste w obsłudze, natomiast firma TecEquipment zaleca, aby eksperymenty były przeprowadzane przez co najmniej dwie osoby. Jedna z nich może odczytywać pomiary, a druga ustalać i pilnować parametry przeprowadzanego eksperymentu.

Osiągnięcie równowagi temperatur przed odczytaniem pomiarów

Wyniki pomiarów będą dokładniejsze, jeśli odczeka się chwilę, aż temperatura się ustabilizuje. W taki sposób moduł eksperymentalny osiąga równowagę temperaturową. Proces ten może zająć co najmniej 30 minut.

Eksperyment 1 – Liniowe przewodzenie ciepła

Cel eksperymentu

- Zademonstrować liniowe przewodzenie ciepła wzdłuż litego pręta o jednorodnych wymiarach i wykonanego z jednego materiału.
- Zademonstrować wpływ bezpośredniego połączenia różnych materiałów na liniowy przepływ ciepła.
- Zademonstrować sposób eksperymentalnego obliczania przewodności cieplnej materiału na podstawie litego pręta/rdzenia.
- Zademonstrować pożądany wpływ stosowania pasty termoprzewodzącej na połączeniach.

Procedura 1 – Standardowa próbka mosiężna

1. Podłącz i skonfiguruj moduł do badania liniowej przewodności cieplnej. Zobacz sekcję **Montaż modułu TD1002a MKII na jednostce podstawowej** na stronie 7.
2. Zamontuj środkowy element z próbką mosiężną (rys. 4), z wykorzystaniem pasty termoprzewodzącej. Zastosuj instrukcje z **Używanie pasty termoprzewodzącej (w zestawie)** na stronie 9.



Rys. 4 Montaż elementu środkowego z mosiężnym rdzeniem

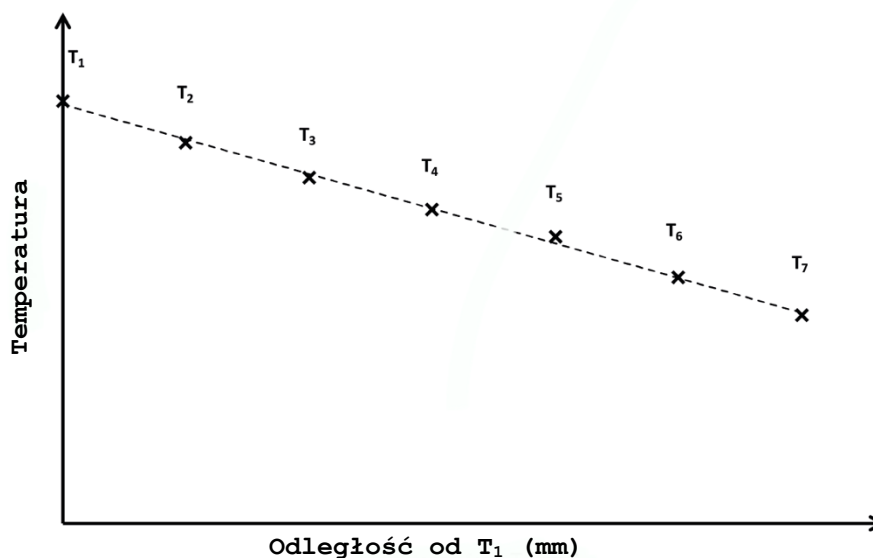
3. Utwórz tabelę danych pomiarowych na wzór Tabeli 1. Jeśli wykorzystywany jest system VDAS[®], wybierz z menu odpowiedni moduł eksperymentalny. Oprogramowanie utworzy tabelę automatycznie w chwili startu wykonywania pomiarów.
4. Za pomocą możliwie dokładnego termometru zmierz temperaturę otoczenia.
5. Otwórz zawór wylotowy wody, aby woda zaczęła płynąć. Następnie włącz grzałkę i ustaw jej moc na 30 W.
6. **Odczekaj aż temperatury się ustabilizują** a następnie odczytaj wartości T_1 do T_7 .
7. Dla porównania powtórz eksperyment przy jednej lub więcej nastawach mocy grzałki większych niż 30 W.
8. Wyłącz zasilanie grzałki i zakręć dopływ wody.

Moduł eksperymentalny: Materiał rdzenia elementu środkowego: Temperatura otoczenia:							
Moc (W)	T_1 (°K)	T_2 (°K)	T_3 (°K)	T_4 (°K)	T_5 (°K)	T_6 (°K)	T_7 (°K)
Odległość od T_1 (m)	0	0.015	0.030	0.045	0.060	0.075	0.090

Tabela 1 Tabela danych pomiarowych

Analiza wyników

Z wyników pomiarów dla każdej z nastaw mocy, narysuj wykres zależności temperatury od odległości wzdłuż rdzenia względem lokalizacji pierwszej termopary (T_1) (zob. rys. 5). Punkty na wykresie powinny dać możliwość poprowadzenia dokładnej aproksymowanej linii, ponieważ każdy z komponentów modułu wykonany jest z tego samego materiału. Jeśli trzy linie temperatur ($T_1 - T_2$), ($T_3 - T_4 - T_5$) oraz ($T_6 - T_7$) nie są współliniowe, element środkowy mógł zostać niewłaściwie zamocowany.



Rys. 5 Tworzenie wykresu dla eksperymentu przy jednym rodzaju materiału

Oblicz gradient temperaturowy linii dla porównania.

Wykorzystaj dwa odczyty temperatury w punktach T_3 i T_5 , podaną odległość między nimi, moc grzałki i pole powierzchni rdzenia, podstaw te wartości do równania 1 (zaczepnięte z rozdziału teoretycznego w instrukcji obsługi TD1002):

$$k = \frac{\dot{Q}L}{(T_1 - T_2)A} = \frac{WL}{(T_1 - T_2)A} \quad (1)$$

Materiał (przy 298 K = 24.85°C)		Standardowa przewodność cieplna (k) (W.m ⁻¹ K ⁻¹)
Metale	Aluminium (czyste)	205 do 237
	Aluminium (gatunek 6082)	170
	Mosiądz (typ CZ121)	123
	Mosiądz (63% miedzi)	125
	Mosiądz (70% miedzi)	109 do 121
	Miedź (czysta)	353 do 386
	Miedź (typ C101)	388
	Stal miękka	50
	Stal nierdzewna	16
Gazy	Powietrze	0.026
	Dwutlenek węgla	0.0146
	Wodór	0.172
Inne	Azbest	0.28
	Olej rycynowy	0.18
	Szkło	0.8
	Woda	0.6
	Drewno (miękkie – twarde)	0.07 do 0.2

Tabela 2 Przewodność cieplna wybranych materiałów przy temperaturze pokojowej

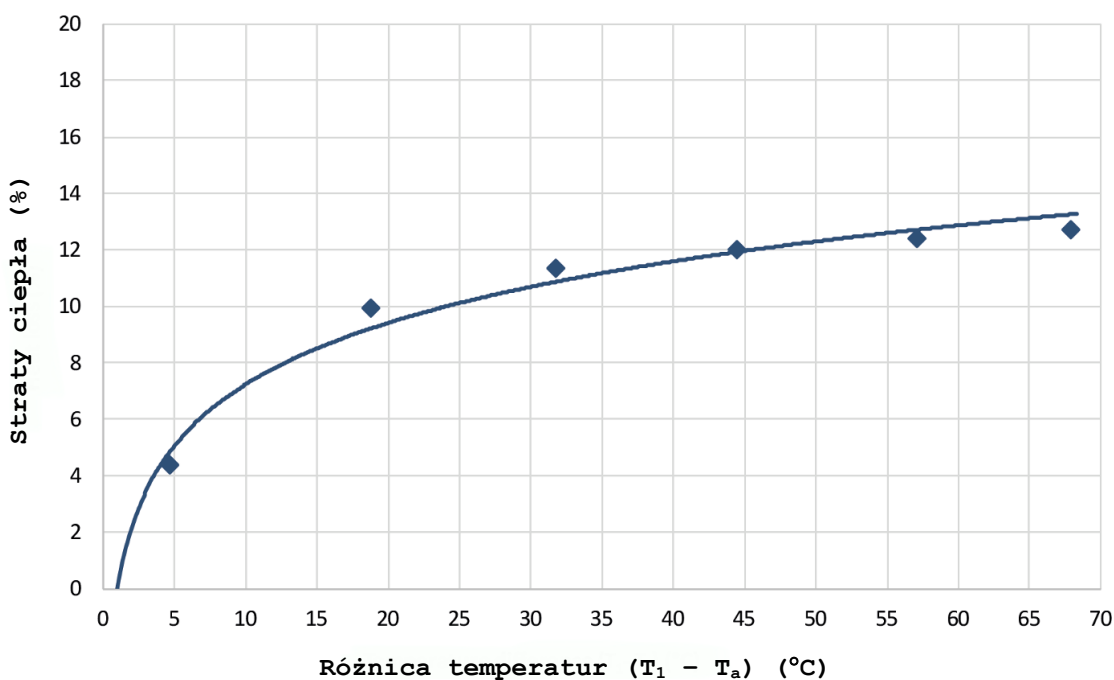
W celu obliczenia przewodności cieplnej próbki. Porównaj obliczoną wartość ze standardową wartością z tabeli 2 (zaczepniętej z instrukcji TD1002). Czy możesz wyjaśnić ewentualne rozbieżności?

Wykorzystaj wykres strat ciepła (rys. 6) dostarczony przez firmę TecEquipment oraz tabelę 4 do poprawienia wartości ciepła dostarczonego, a następnie ponownie przelicz wartość przewodności cieplnej i porównaj ją z pierwszym wynikiem oraz wartością z Tabeli 2 na stronie 12.

Co można zauważyć analizując krzywe pomiarów dla każdej nastawy mocy grzałki?

Procedura 2 – Inne materiały

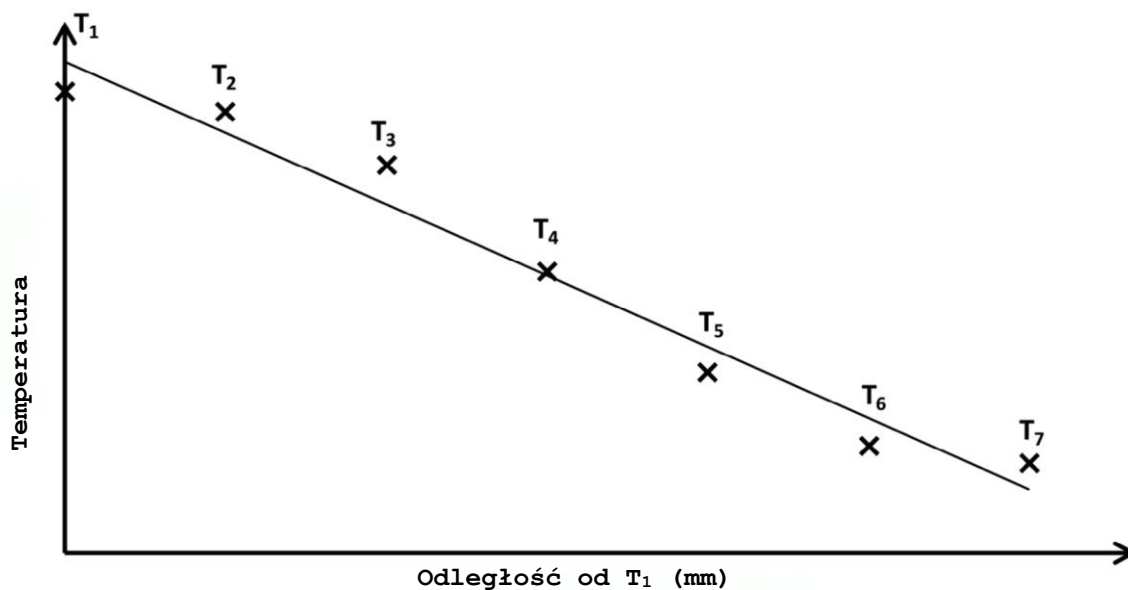
Powtórz procedurę 1, ale wykorzystaj próbki z innym materiałem rdzenia w części środkowej.



Rys. 6 Skalibrowany wykres strat ciepła oszacowanych dla eksperymentów z wykorzystaniem próbek mosiężnej, miedzianej i aluminiowej

Analiza wyników

Jak przy procedurze 1, narysuj wykres zależności temperatury od lokalizacji. Aproksymuj zaznaczone punkty prowadząc prostą linię (zob. rys. 7) w celu wyznaczenia **całkowitego** gradientu temperatur i porównaj go z wynikiem otrzymanym w procedurze 1. Działanie to powinno wykazać, że wprowadzenie materiału o niższej przewodności cieplnej generuje wyższy **całkowity** gradient temperatur.



Rys. 7 Prowadzenie linii aproksymującej przez punkty pomiarowe w celu wykazania całkowitego gradientu temperatur

Następnie nanieś na wykres pionowe linie reprezentujące lokalizacje ścianek wymiennej sekcji środkowej o grubości 45 mm (zob. rys. 8). Poprowadź dodatkową linię aproksymującą przez punkty pomiarowe sekcji środkowej od T_3 do T_5 . Linia pokazuje gradient temperatur odmienny od całkowitego, ze względu na materiał wykonania próbki.

Określ wartość k wykorzystując w tym celu równanie 2 (zaczepnięte z teorii w instrukcji TD1002):

$$k = \frac{(W - \dot{Q}_{Loss})L}{A(T_1 - T_2)} \quad (2)$$

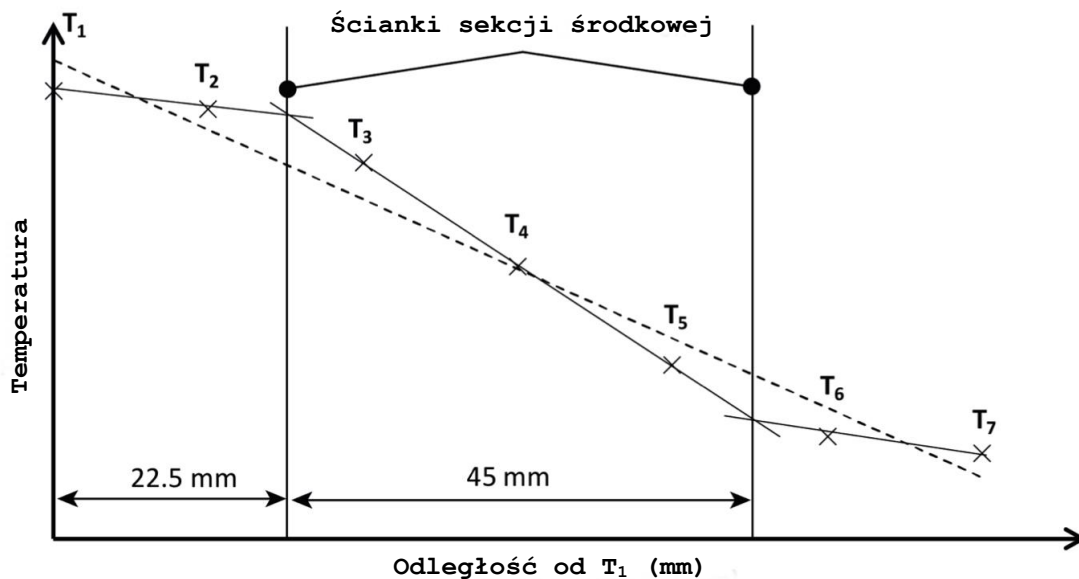
gdzie:

$$\dot{Q} = W$$

$$L = 0.03 \text{ m (odległość między } T_3 \text{ i } T_5)$$

$$A = 0.000707 \text{ m}^2 \text{ (pole powierzchni przekroju poprzecznego próbki)}$$

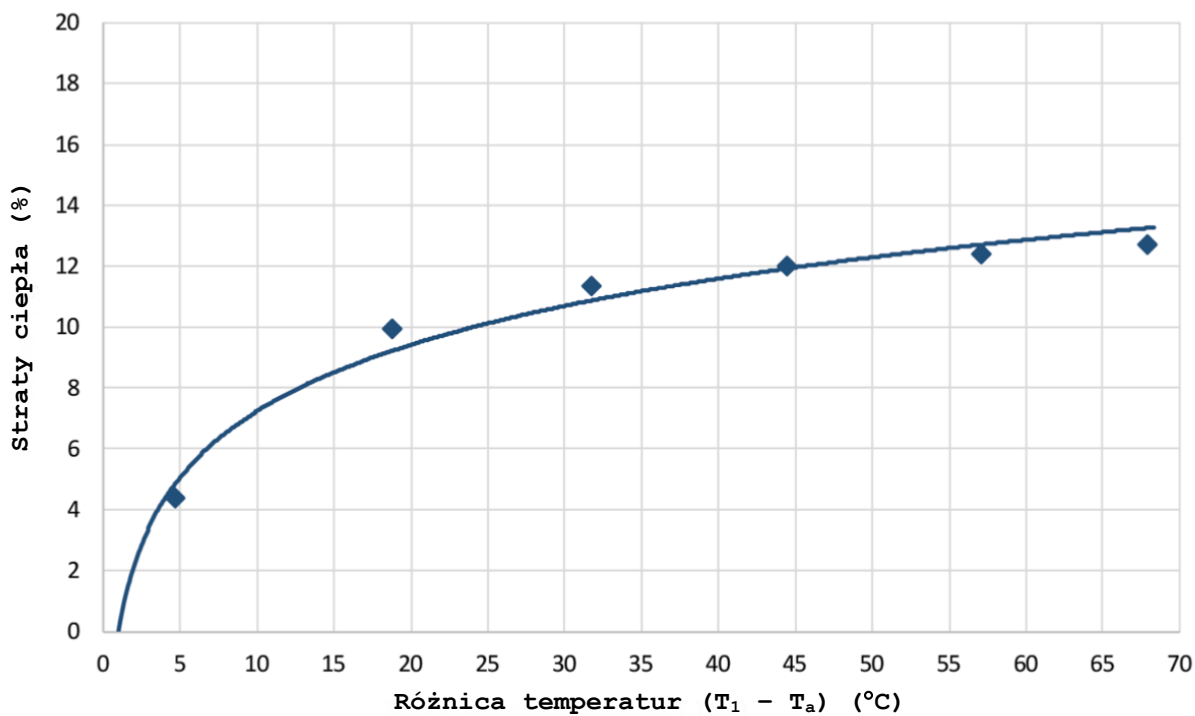
$$T_1 = T_3 \text{ i } T_2 = T_5$$



Rys. 8 Gradient temperatur sekcji środkowej

Innym sposobem wyznaczenia wartości k sekcji środkowej jest określenie rezystancji termicznej R całego rdzenia, a następnie skorzystanie z prawa szeregowego sumowania się rezystancji R (wykorzystaj wartości k określone w procedurze 1 dla mosiądzu w odniesieniu do części rdzenia po obu stronach sekcji środkowej).

Można też wykorzystać wykres strat ciepła dostarczony przez firmę TecEquipment (rys. 9) oraz tabelę 3 znajdujące się poniżej w celu szybkiego oszacowania strat ciepła.



Rys. 9 Skalibrowany wykres szacunkowych strat ciepła do badań na próbkach mosiężnych, miedzianych i aluminiowych na module do badania liniowej przewodności cieplnej (TD1002a MKII)

Moc (W)	Procentowa wartość strat ciepła dla próbki ze stali nierdzewnej (%)
10	25.7
15	27.5
20	30.8
25	28.8
30	30.4
35	29.3

Tabela 3 Procentowa wartość strat ciepła dla próbki ze stali nierdzewnej (przy założeniu temperatury 20 °C)

Procedura 3 – Dobre połączenie termiczne

Powtórz procedurę 1, ale przed wykonaniem pomiarów, za pomocą ścierki dokładnie usuń pastę termoprzewodzącą z powierzchni sekcji środkowej.

Narysuj wykres wyników pomiarowych zupełnie tak, jak w procedurze 1 i zwróć uwagę na fakt, że gradient temperatur nie jest tak liniowy, jak można by się spodziewać. Wyjaśnij, jak mniejsza sprawność termiczna połączenia powierzchni (brak pasty termoprzewodzącej) wpływa na wyniki eksperymentu?

Procedura 4 – Opóźnienie termiczne

Powtórz procedurę 1 wykorzystując mosiężną próbkę sekcji środkowej, przy niskiej mocy nastawy grzałki (np. 30 W) oraz bez przepływu wody chłodzącej.

Od rozpoczęcia eksperymentu notuj wartości temperatury w interwałach co 10 sekund, aż do ich stabilizacji (zależnie od temperatury otoczenia proces ten może zająć nawet 2 godziny).

Narysuj wykres zależności temperatury pierwszej i ostatniej termopary (T_1 i T_7) od czasu, określ opóźnienie termiczne i ostateczną różnicę temperatur.

Wyniki

Uwaga

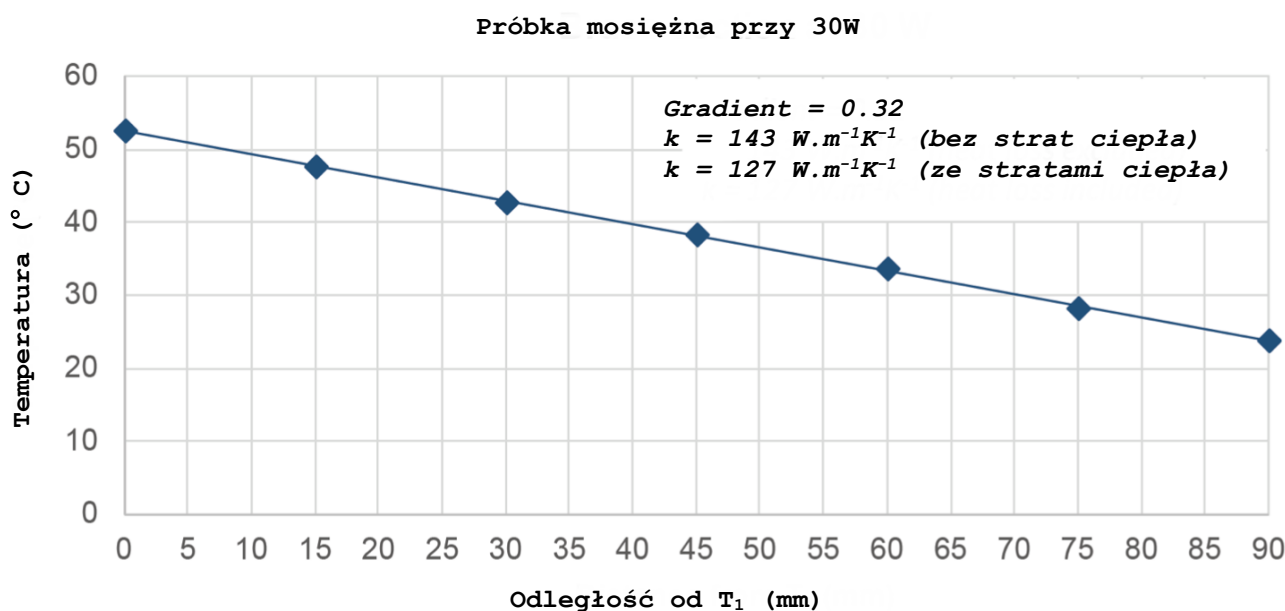


Poniższe wyniki eksperymentów są jedynie przykładowe, a dane pomiarowe użytkownika mogą się od nich różnić.

Przykładowe wyniki sporządzono dla eksperymentów przeprowadzonych w stabilnych warunkach pokojowych przy temperaturze ok. 20°C.

Eksperyment 1 – Liniowe przewodzenie ciepła

Procedura 1 – Standardowa próbka mosiężna

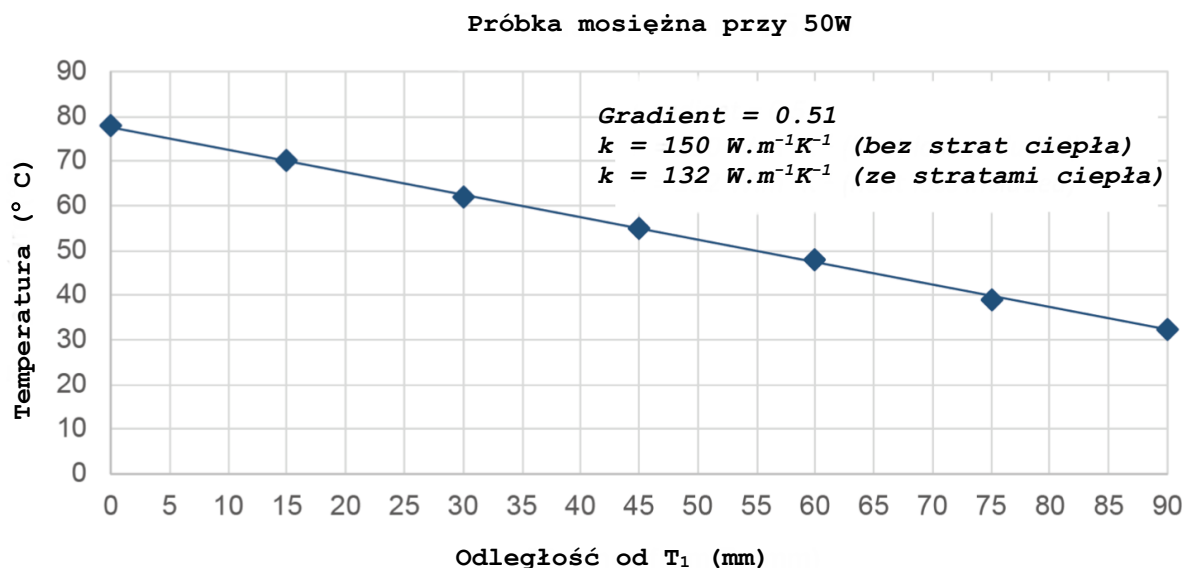


Rys. 10 Przykładowe wyniki dla eksperymentu 1 – Liniowe przewodzenie ciepła (Mosiądz, 30 W)

Tabela 5 na stronie 20 przedstawia typowe wartości przewodności cieplnej pręta mosiężnego (CZ121).

Należy zauważyć, że przy większych wartościach mocy grzałki uzyskuje się większy gradient temperatur i nieznacznie większą wartość przewodności cieplnej. Dokładniejsze wyniki pomiarów uzyskuje się dla niższych nastaw mocy grzałki, ponieważ straty mocy na drodze konwekcji i promieniowania są wtedy mniejsze.

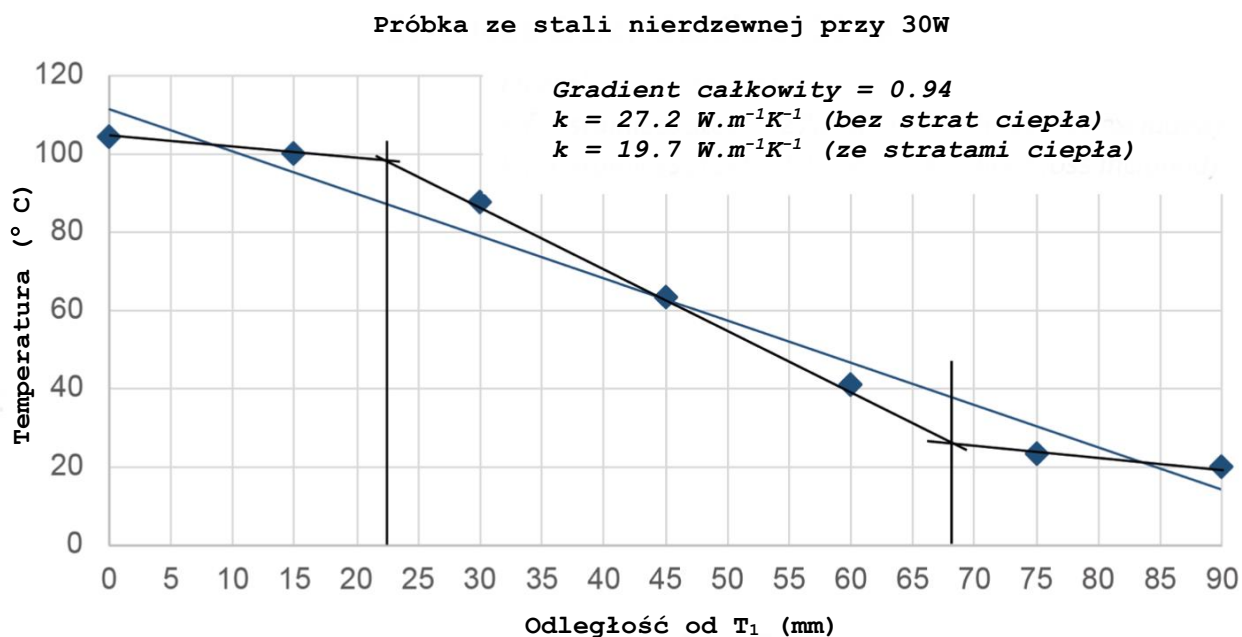
Wyniki powinny być liniowe, wykazując jednocześnie liniowość strat ciepła wzdłuż zaizolowanego rdzenia. Jeśli na wyposażeniu laboratorium znajduje się Moduł doświadczalny do badania przewodzenia ciepła w elemencie podłużnym (TD1002c), takim jak rdzeń/pręt niezaiolowany, można porównać wyniki uzyskane na obu tych modułach.



Rys. 11 Przykładowe wyniki liniowego przewodzenia ciepła (Mosiądz, 50 W)

Straty ciepła mogą być oszacowane z wykorzystaniem wykresu kalibracyjnego (rys. 9) dla próbek mosiężnych, miedzianych i aluminiowych oraz tabeli (tabela 8) dla próbki wykonanej ze stali nierdzewnej.

Procedura 2 – Inne materiały



Rys. 12 Przykładowe wyniki liniowego przewodzenia ciepła (Stal nierdzewna)

Przewodność cieplna próbki ze stali nierdzewnej może być obliczona na podstawie nachylenia linii, jak pokazano na wykresie.

Sekcja środkowa ze stali nierdzewnej obniża całkowitą przewodność cieplną rdzenia w porównaniu do sytuacji, w której zamontowana była próbka mosiężna – procedura 1.

Tak samo jak w procedurze pierwszej, należy wspomnieć, że w celu uzyskania znaczącego gradientu temperatur dla części materiałów należy wykorzystać wyższą wartość mocy grzałki, natomiast dokładniejsze wyniki pomiarów dla tych materiałów uzyskiwane są dla niższych mocy, zgodnie z objaśnieniem wyników procedury pierwszej.

Określenie wartości przewodności cieplnej przez obliczenie rezystancji termicznej

Weryfikacja wyniku wartości k stali nierdzewnej, jak pokazano na powyższym wykresie, można uzyskać poprzez określenie całkowitej rezystancji termicznej całego pręta oraz poszczególnych elementów mosiężnych.

Na podstawie procedury 1, wartość k mosiądzu wynosi $127 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Całkowita długość każdej z mosiężnych sekcji rdzenia pomiędzy T_1 a sekcją środkową lub sekcją środkową a T_7 wynosi 22.5 mm (0.0225 m).

Pole powierzchni A każdej z mosiężnych sekcji wynosi 0.000707 m^2

Tak więc wartość oporu termicznego mosiądzu $R = \frac{0.0225}{127 \cdot 0.000707} = 0.25 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$

$T_7 = 20^\circ\text{C}$

$T_1 = 104.3^\circ\text{C}$

Wyniki	Bez uwzględnienia strat ciepła	Z uwzględnieniem strat ciepła
Doprowadzone ciepło, \dot{Q} (W)	30	21.8
Rezystancja całkowita, R ($\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$)	2.8	3.9
Rezystancja stali nierdzewnej ($\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$)	2.3	3.7
Długość próbki ze stali nierdzewnej (m)	0.045 (45 mm)	0.045 (45 mm)
Przewodność cieplna stali nierdzewnej ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)	27.6	18.9

Tabela 4 Wyniki z i bez uwzględnienia strat ciepła

Materiał próbki	Odległość (mm)	Temperatura (°C)	Moc elektryczna (W)				
			20	30	40	50	60
Mosiądz	0	T_1	39.6	52.6	65.3	78.0	90.6
	15	T_2	36.2	47.6	58.8	70.0	81.0
	30	T_3	32.7	42.6	52.3	62.1	71.6
	45	T_4	29.6	38.2	46.6	55.1	63.3
	60	T_5	26.5	33.7	40.8	48.0	54.8
	75	T_6	22.6	28.1	33.5	39.1	44.3
	90	T_7	19.6	23.9	28.1	32.5	36.4
	Szacunkowe straty ciepła (%)			9.9	11.4	12.0	12.4

Tabela 5 Wyniki eksperymentu 1 - Mosiądz

Materiał próbki	Odległość (mm)	Temperatura (°C)	Moc elektryczna (W)				
			20	30	40	50	60
Miedź	0	T_1	33.8	45.5	54.7	64.7	76.0
	15	T_2	30.3	40.3	48.0	56.5	66.3
	30	T_3	28.0	36.7	43.5	51.1	59.5
	45	T_4	27.1	35.3	41.8	48.9	56.9
	60	T_5	26.2	34.0	40.0	46.8	54.2
	75	T_6	23.3	29.5	34.6	40.2	44.9
	90	T_7	20.2	25.0	28.9	33.2	36.7
	Szacunkowe straty ciepła (%)			6.2	8.1	8.3	8.7

Tabela 6 Wyniki eksperymentu 1 - Miedź

Materiał próbki	Odległość (mm)	Temperatura (°C)	Moc elektryczna (W)				
			20	30	40	50	60
Aluminium	0	T_1	38.5	49.8	62.1	72.4	85.3
	15	T_2	35.1	44.9	55.6	64.4	75.7
	30	T_3	36.1	40.7	48.4	57.9	66.2
	45	T_4	33.0	37.0	43.6	52.2	59.4
	60	T_5	30.3	33.8	39.6	47.2	53.4
	75	T_6	26.2	29.0	33.5	39.8	44.5
	90	T_7	22.6	24.6	28	33.0	36.5
	Szacunkowe straty ciepła (%)			8.6	9.4	10.1	10.3

Tabela 7 Wyniki eksperymentu 1 - Aluminium

Materiał próbki	Odległość (mm)	Temperatura (°C)	Moc elektryczna (W)				
			10	20	25	30	35
Stal nierdzewna	0	T_1	47.3	77.9	85.2	104.3	114.3
	15	T_2	45.6	74.8	81.5	99.9	109.3
	30	T_3	40.7	66.0	71.5	87.6	95.4
	45	T_4	31.3	48.7	51.8	63.4	68.2
	60	T_5	22.2	32.2	33.2	40.6	42.6
	75	T_6	15.7	19.3	20.2	23.0	24.5
	90	T_7	14.4	17.1	17.8	20.0	21.1
	Szacunkowe straty ciepła (%)			26.0	28.2	25.6	27.6

Tabela 8 Wyniki eksperymentu 1 – Stal nierdzewna

Przykładowe obliczenia przewodności cieplnej z wykorzystaniem metody porównawczej „Cut-bar”

Podstaw wartość przewodności cieplnej gorącego, mosiężnego rdzenia uzyskaną w procedurze 1 ($k = 127 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), zmierzone wartości temperatur mosiężnej części rdzenia oraz próbki, a także procentowe straty ciepła do równania 3 (zaczepnięte z teorii w instrukcji TD1002):

$$k_{specimen} = k_{hotbar} * \frac{\Delta T_{hotbar}}{\Delta T_{specimen}} * (1 - \%Q_{loss}) \quad (3)$$

Przewodność cieplna próbki obliczana jest następująco:

Ciepło dostarczone $\dot{Q} = 20W$

$$k_{mosiądz} = 127 * \frac{3.4}{3.1} * (1 - 0.114) = 126 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

$$k_{miedz} = 127 * \frac{3.5}{0.9} * (1 - 0.062) = 463 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

$$k_{aluminium} = 127 * \frac{4.9}{3.7} * (1 - 0.095) = 152 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

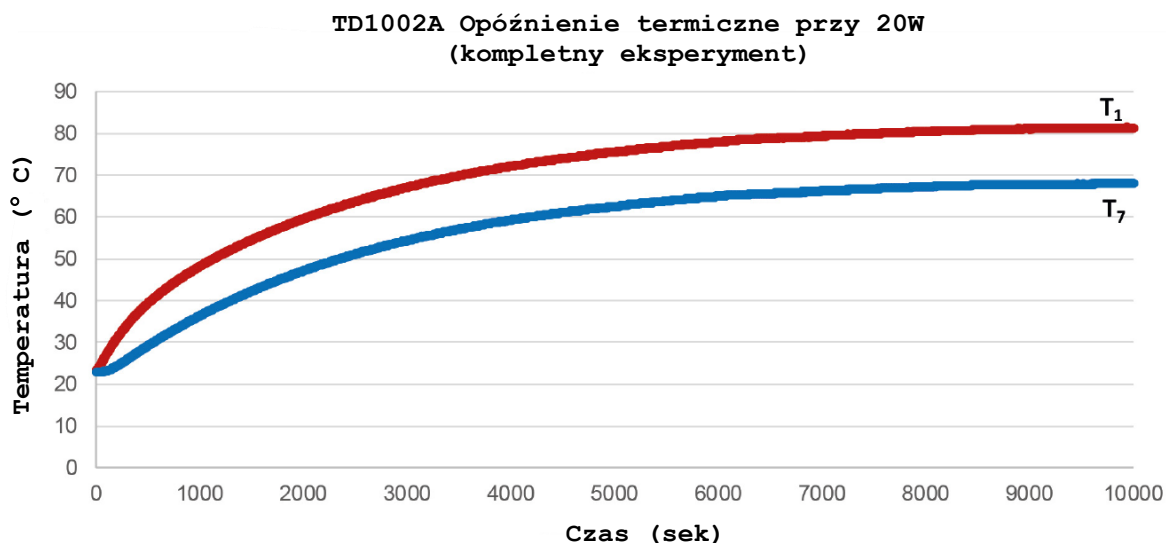
$$k_{stal\ nierdzewna} = 127 * \frac{3.1}{17.3} * (1 - 0.282) = 16 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

Przykładowe wyniki dla innych wartości ciepła dostarczonego przedstawiono w tabeli 9.

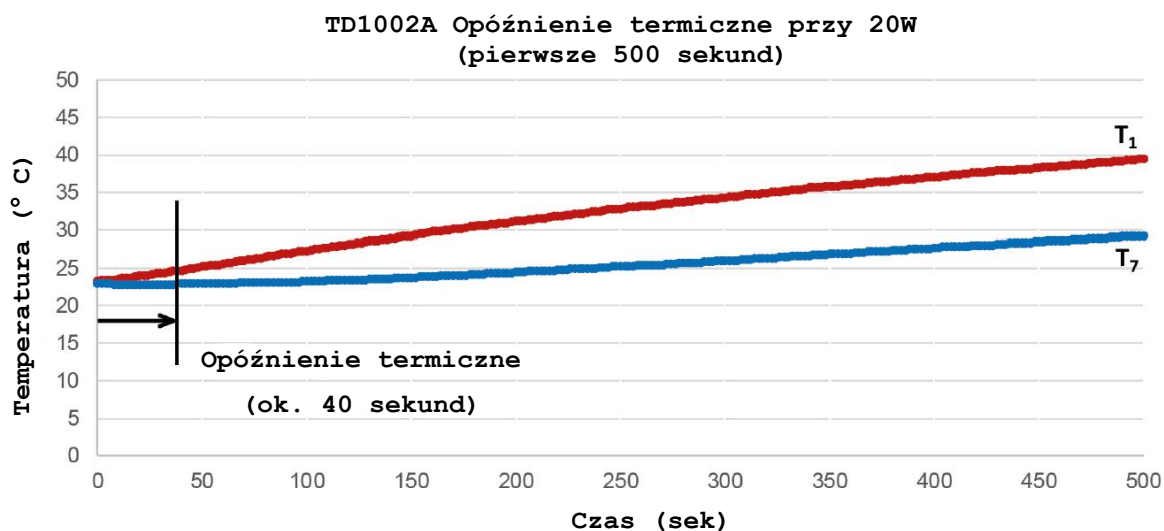
Materiał próbki	Moc (W)	Wartość k obliczona za pomocą metody porównawczej Cut-bar ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)	Wartość k obliczona za pomocą metody całosciowej ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)
Mosiądz	10	121.4	122.9
	20	125.5	123.3
	30	127.9	126.8
	40	127.4	129.9
	50	127.1	131.8
	59.9	128.2	132.1
Miedź	15	466.7	433.2
	20.1	463.4	444.7
	25	422.9	428.6
	30	433.7	433.5
	40	458.8	444.5
	50	432.4	451.6
	60	430.8	437.5
Aluminium	15	153.4	159.8
	20	151.9	165.1
	25	156.6	166.5
	30	152.3	167.1
	40	154.5	173.3
	49.7	160.0	176.9
	60.1	160.2	178.0
Stal nierdzewna	10	17.0	17.0
	15.1	17.2	19.7
	20.1	16.4	18.1
	25	17.8	20.8
	30.1	16.8	19.8
	35.1	17.1	20.9

Tabela 9 Przykładowe wartości k (uzyskane z wykorzystaniem dwóch różnych metod pomiarowych)

Procedura 4 – Opóźnienie termiczne



Rys. 13 Przykładowe wyniki **Procedura 4 – Opóźnienie termiczne**



Rys. 14 Przykładowe wyniki **Procedura 4 – Opóźnienie termiczne**

Na podstawie powyższych wyników zauważyć można, że opóźnienie termiczne próbki mosiężnej, pomiędzy punktami T_1 i T_7 w odległości 90 mm (0.09 m), przy temperaturze otoczenia około 20°C, wynosi w przybliżeniu 40 sekund. Przeprowadzenie kompletnego eksperymentu wykazało, że bez radiatora/odbioru ciepła przez obieg wody chłodzącej osiągnięcie maksymalnych, stabilnych temperatur w punktach T_7 i T_1 zajmie dłużej niż 10 000 sekund (167 minut).

Konserwacja, Części zamienne i Obsługa klienta

Konserwacja

Ogólna

Jeśli jednostka podstawowa lub moduły eksperymentalne będą nieużywane przez kilka dni lub dłużej, należy odłączyć jednostkę podstawową od doprowadzenia wody, a moduły eksperymentalne opróżnić z wody. Dzięki temu ograniczy się prawdopodobieństwo skorodowania elementów urządzenia lub rozwoju bakterii w wodzie.

- Regularnie należy sprawdzać wszystkie komponenty urządzenia i jeśli to konieczne, wymieniać je.
- Podczas okresów nieużytkowania urządzenie należy przechowywać w suchym, wolnym od zanieczyszczeń i pyłów miejscu, najlepiej zabezpieczone folią.
- W razie zanieczyszczenia urządzenia, należy przetrzeć je czystą, miękką ścierką. Nie należy używać w tym celu agresywnych/ściernych środków czyszczących.
- Regularnie należy sprawdzać wszystkie połączenia śrubowe i inne, a jeśli to konieczne, wyregulować.

Uwaga



Należy wymieniać zużyte lub uszkodzone komponenty stosując ekwiwalenty tego samego typu i jakości.

Elektryczna

UWAGA!



Konserwację elementów elektrycznych może przeprowadzać tylko wykwalifikowana w tym celu osoba.

Należy przestrzegać następujących zaleceń:

- Należy wychodzić z założenia, że elementy urządzenia pozostają pod napięciem, dopóki nie ma pewności, że zasilanie zostało odłączone.
- Należy posługiwać się narzędziami z odpowiednią izolacją.
- Należy upewnić się, że instalacja uziemiająca urządzenie jest sprawna i kompletna.
- Przed wymianą bezpiecznika należy określić przyczynę jego przepalenia.

Instrukcja wymiany uszkodzonego bezpiecznika opisana jest w instrukcji obsługi jednostki TD1002.

Części zamienne

Zweryfikuj Listę Zawartości Opakowania, aby dowiedzieć się, jakie części zamienne zostały dostarczone wraz z urządzeniem.

Jeśli potrzebujesz wsparcia technicznego lub części zamiennych, zalecany jest kontakt z lokalnym przedstawicielem firmy TecQuipment lub bezpośrednio z firmą TecQuipment.

W ramach zapytań o części zamienne prosimy o zawarcie następujących informacji:

- Imię i nazwisko osoby kontaktowej
- Pełny adres i nazwa uczelni, firmy, instytucji
- Adres e-mail
- Nazwę produktu TecQuipment i jego kod towarowy
- Numer katalogowy części zamiennej (jeśli znany)
- Numer seryjny
- Rok dokonania zakupu urządzenia (jeśli znany)

Prosimy o przekazanie nam możliwie jak największej ilości, jak najbardziej szczegółowych informacji na temat części, problemu, a także o przeanalizowanie zapytania przed przesłaniem go do nas.

Jeśli okres gwarancyjny, któremu podlegał produkt uległ przedawnieniu, firma TecQuipment przygotuje dla klienta stosowną wycenę.

Obsługa klienta

Mamy nadzieję, że są Państwo zadowoleni z naszych produktów i instrukcji. W razie jakichkolwiek pytań prosimy o kontakt z biurem obsługi klienta firmy TecQuipment:

Tel. (GB): +44 115 972 2611

email: customer.care@tecquipment.com

Lub z lokalnym dystrybutorem. W Polsce firma TecQuipment reprezentowana jest przez:

MGS Nauka Sp. z o.o.

email: **info@mgs-nauka.com**

Tel. **+48 (12) 353-83-00**

Więcej informacji na temat produktów firmy TecQuipment:

<https://www.tecquipment.com/>
<http://www.pomoce-dydaktyczne.eu/>