

Właściwości magneto-mechano-kaloryczne wybranych materiałów (Gd, NiMnIn, LaFeCoSi). Wytwarzanie, badanie, zastosowanie

Streszczenie

Obszarem badawczym, którego dotyczyła praca są efekty występujące na skrzyżowaniu pól z jednej strony magnetycznych i mechanicznych a z drugiej termicznych. Zjawiska te zwane są kalorycznymi. Celem głównym rozprawy było zbadanie wpływu pola magnetycznego i mechanicznego na zmiany temperatury w wybranej grupie materiałów magnetycznych oraz analiza potencjału aplikacyjnego tych materiałów.

Pierwsza część prac dotyczyła efektu magnetokalorycznego. Obiektem badań wybrano gadolin, ze względu na fakt, iż jest on traktowany jako referencyjny czynnik żiębniczy przez konstruktorów prototypowych magnetycznych układów chłodniczych. Przeprowadzono identyfikację właściwości tego materiału, a następnie został on wykorzystany do skonstruowania demonstratora systemu cieplnego działającego w oparciu o efekt magnetokaloryczny. Zbudowane urządzenie pracowało w cyklu: Aktywny Magnetyczny Regenerator. Wykonano serię eksperymentów, które pozwoliły określić możliwości chłodnicze tego układu.

Drugą część badań przeprowadzono z użyciem stopu $Ni_{50}Mn_{34}In_{16}$. Materiał ten znany jest ze swoich obiecujących właściwości kalorycznych, wykazywanych zarówno, gdy stymulowany jest polem magnetycznym, jak i mechanicznym. Stop $Ni_{50}Mn_{34}In_{16}$ został wytworzony metodą topienia łukowego w atmosferze ochronnej argonu, a następnie poddany badaniom z użyciem komercyjnej aparatury laboratoryjnej. Do przeprowadzenia pomiarów efektu magneto-mechano-kalorycznego konieczne było jednak zaprojektowanie własnego stanowiska. Zbudowane urządzenie pozwalało na stymulację materiału polem magnetycznym zadawanym skokowo o natężeniu od 0 do 1 T oraz polem mechanicznym oddziałującym jednoosiowo i trójosiowo. Przeprowadzono serię badań dla różnych konfiguracji pól stymulujących (zadawanych w sposób cykliczny bądź stały). Ponadto zmieniane były ich wartości, sposób obciążania próbek oraz temperatura pomiaru. Zaprojektowano również system cieplny działający w oparciu o zjawisko magneto-mechano-kaloryczne. Do chwili obecnej na świecie nie powstało ani jedno tego typu urządzenie.

Ostatni etap badań koncentrował się na wielowarstwowych łóżach magnetycznych. Analizy te stanowiły część dodatkową pracy własnej realizowanej w ramach przygotowywania rozprawy doktorskiej. Badania przeprowadzone zostały w trakcie stażu naukowego autorki w renomowanym ośrodku szwajcarskim. Obiektem analiz była seria stopów z rodziny LaFeCoSi oraz Gd. Zostały one użyte do wypełnienia dwóch łóż magnetycznych. Materiały te stymulowane były wyłącznie polem magnetycznym. Badane były możliwości aplikacyjne tego rodzaju układów. Przeprowadzona została seria eksperymentów dla różnych wartości objętości przetłaczanej cieczy i natężenia przepływu.

Uzyskane wyniki zostały zebrane w formie wniosków przedstawionych w końcowej części rozprawy. Ponadto zaproponowane zostały kierunki dalszych badań nad efektami kalorycznymi.

Magneto-mechano-caloric properties of selected materials (Gd, NiMnIn, LaFeCoSi). Preparation, investigation, application

Abstract

The research area of the dissertation concerned cross-effects between on one hand magnetic and mechanical fields and on the other hand thermal fields. These phenomena are called caloric. The main aim of the dissertation was to investigate an influence of magnetic and mechanical fields on temperature changes in a selected group of magnetic materials and the analysis of the application potential of these materials.

The first part of investigation was devoted to the magnetocaloric effect. The object of the research was gadolinium, due to the fact that it is regarded a reference refrigerant by the designers of the prototype of magnetic refrigeration systems. The properties of this element have been identified, afterwards the material was used to construct the technology demonstrator of a thermal system working based on the magnetocaloric effect. The device operated on an Active Magnetic Regenerator cycle. The conducted experiments allowed to determine cooling capabilities of the system.

In the second part of the study $\text{Ni}_{50}\text{Mn}_{34}\text{In}_{16}$ alloy was examined. This material is known for its promising caloric properties resulting from simulation by both the magnetic and the mechanical field. $\text{Ni}_{50}\text{Mn}_{34}\text{In}_{16}$ alloy was prepared by arc-melting in an argon atmosphere. Then the material was characterised using a commercial laboratory apparatus. In order to carry out measurements of the magneto-mechano-caloric properties a dedicated test stand had to be designed. This device allowed the stimulation of the material by the magnetic field with intensity changing from 0 to 1 T and by the uniaxial and triaxial mechanical field. A series of tests for different configurations of stimulating fields (cyclic or fixed) was performed. Their values, the way of loading samples and the measurement temperature were changed. Moreover, a thermal system operating on the basis of the magneto-mechano-caloric phenomenon was designed. To date, such a device has never been built in the world.

The last stage of the study was focused on multi-layered magnetic beds. These analyses were an additional part of individual research undertaken within the dissertation. Tests were carried out during a scientific internship at a renowned Swiss research centre. The object of analysis was a series of alloys from LaFeCoSi family and Gd. They were used to fill in two magnetic beds. Application possibilities of multi-layered systems were tested. Materials were stimulated only by the magnetic field. Experiments using various fluid volumes and flow rates were performed.

The results were collected in the form of conclusions and presented at the end of the dissertation. In addition, directions for further research on caloric effects were proposed.