

SURERCONDUCTING NANO-MATERIALS FOR CRYOGENIC ELECTRICAL MACHINES

Description

The aim of presented project is formation of magnesium diboride based superconducting nanostructural materials with high level of critical current density, j_c , field of irreversibility, H_{irr} , trapped magnetic field, B , microhardness, H_v , fracture toughness, k_{1c} , Young modulus, E , and density close to the theoretical one. Such materials will be effective for application in the cryogenic electrical machines (electric motors, pumps) working at the liquid hydrogen temperature (20 K). The increase of j_c and B we plan to reach using high pressure-high temperature synthesis and alloying. In the frame of the project an electromotor will be constructed based on the best of developed materials and its efficiency will be estimated. The magnesium diboride based superconductive blocks for the elements of the electromotor rotor will be produced by high pressure-high temperature synthesis.

Modern technological progress is aimed at substitution of fuel for aircrafts and combustion engines of autotransport and watertransport (submarines) by hydrogen, at the development of electrical power networks (first of all on the territory of the USA) by which the electrical power should be transmitted to big distances through the superconductive cables at the liquid hydrogen temperature and using liquid hydrogen as cooling agent. These directions caused great interest to electric machines working at the liquid hydrogen temperature. Superconductive electromotors and pumps for liquid hydrogen pumping will be in great demand when new technologies utilizing liquid hydrogen are introduced: they are more effective than traditional ones due to essentially smaller weight, considerably higher speed of operation in the reversion regime and higher specific output power on the rotor surface.

Innovative Aspect and Main Advantages

Scientific and technological approach to development of bulk materials using magnesium diboride is based on synthesis in high pressure conditions. Improved magnetic properties are to be obtained due to high material density, nano-dimensional defects and chemical doping. Special attention will be paid to technological basis of synthesis of bulk blocks with typical dimensions up to 50 mm and further selection of samples with equal parameters by frozen magnetic field estimation and measuring of the levitation force. Developed magnesium diboride based superconducting nanostructural materials should have high level of critical current density at 20 K, $j_c \geq 1000-100 \text{ kA/cm}^2$ in the fields 3-4 T, field of irreversibility, $H_{irr} \geq 8 \text{ T}$, trapped magnetic field, $B \geq 2 \text{ T}$ for the samples 30-50 mm in diameter, microhardness, $H_v \geq 15 \text{ GPa}$ at $P = 4,9 \text{ N}$, fracture toughness, $k_{1c} \geq 7 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, Young modulus, $E \geq 220 \text{ GPa}$ and density close to the theoretical one.

One of the advantages of superconductive motors, generators and pumps is high power density due to a small size of rotor that allows an essential decrease in size (by 5-8 times) and weight, as well as achieving of high dynamics: a high angle acceleration which is especially important when a device operates under the conditions of high reverse frequency. The use of superconductive electrical machines

SUPERCONDUCTING NANOSTRUCTURAL MAGNESIUM-DIBORIDE-BASED MATERIAL FOR CRYOGENIC ELECTRICAL MACHINES

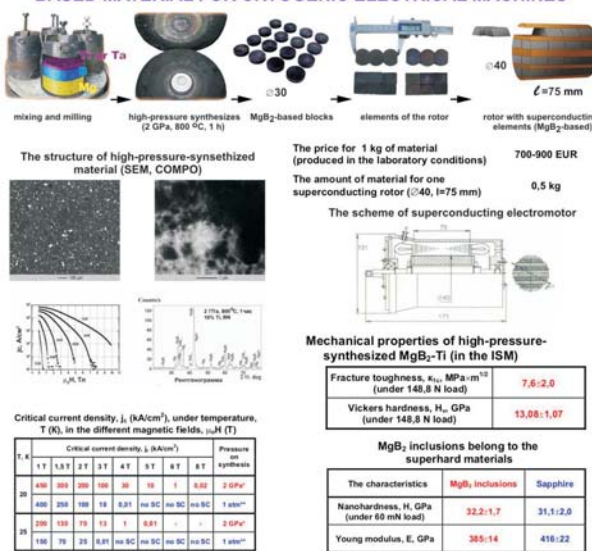


Fig. 1. Superconducting nanostructural magnesium-diboride-based material for cryogenic electrical machines

saves energy resources. Advancement in applications of the second-type superconductors in electrical machines is closely related to materials improvement, because in operation they should provide high currents in magnetic field and should withstand stresses induced by magnetic fields and temperature variations during heating-cooling processes.

Areas of Application

Electroengineering (electromotors, generators and pumps for liquid gases pumping, fault current limiters), magnetic transport (MAGLEV), fly-wheel energy storage systems

Stage of Development

National patents, know-how Development phase - laboratory tested

Contact Details

Institute for Superhard Materials of the National Academy of Sciences of Ukraine
 Tatiana Alexeevna Prikhna
 2, Avtozavodskaya Str., Kiev 04074, Ukraine
 Tel.: +380-44-430-11-26
 Fax: +380-44-430-11-26
 E-mail: prikhna@iptelecom.net.ua,
 prikhna@mail.ru, www.ism.kiev.ua

НАПІВПРОВІДНИКОВИЙ НАНОСТРУКТУРНИЙ МАТЕРІАЛ НА ОСНОВІ ДИБОРИДУ МАГНІЮ ДЛЯ КРІОГЕННИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

Огляд пропозиції

Метою даного проекту є створення надпровідникових наноструктурних матеріалів на основі дибориду магнію з високим рівнем густини критичного струму, j_c , поля необоротності, H_{irr} , захопленого магнітного поля, B , твердості, H_V , тріщиностійкості, k_{1C} , та модуля Юнга, густина яких близька до теоретичної, і ефективних для застосування у кріогенних електричних машинах (електромоторах та насосах), що працюють при температурі рідкого водню (20 К). В рамках цього проекту на базі кращого з розроблених матеріалів буде виготовлено електромотор і оцінено ефективність його роботи. Блоки надпровідного матеріалу на основі дибориду магнію для елементів ротора електромотора будуть одержані шляхом синтезу в умовах високих тисків та температур.

Інтерес до електричних машин, що працюють при температурі рідкого водню, обумовлений сучасним науково-технічним прогресом, спрямованим на перехід авіа, авто та водного (підводні човни) транспорту на використання в якості палива рідкого водню, а також на створення електричної мережі (в першу чергу, на території США), у якій електричний струм має передаватись на великі відстані по надпровідним кабелям при температурі рідкого водню і з його використанням у якості холодоагенту. Тому надпровідні електромотори та насоси для перекачування рідкого водню, які ефективніші за традиційні через значно меншу вагу, істотно вищу швидкість у режимі реверсу та більшу питому потужність на одиницю площі поверхні ротора, стануть у нагоді при переході до технологій із застосуванням рідкого водню.

Інноваційний аспект та основні переваги

Науковий та технологічний підхід до розробки масивного матеріалу на основі дибориду магнію оснований на синтезі в умовах високих тисків. Планується досягти покращення магнітних характеристик за рахунок збільшення густини матеріалу, регулювання кількості нанорозмірних дефектів структури і хімічного легування. Особливу увагу буде приділено технологічним основам синтезу масивних блоків (з розмірами до 50 мм) і атестації матеріалу за магнітними характеристиками для вибору зразків з однаковими властивостями, шляхом оцінки захопленого магнітного поля і вимірювання левітуючої сили. Надпровідні наноструктурні матеріали на основі дибориду магнію, що розроблені, матимуть високий рівень густини критичного струму, $j_c \geq 1000-100 \text{ kA/cm}^2$ при 20 К в полях 3-4 Тл, поля необоротності, $H_{irr} = 8 \text{ Тл}$, захопленого магнітного поля, $B \geq 2 \text{ Тл}$ у зразках діаметром 30-50 мм, твердості, $H_V \geq 15 \text{ ГПа}$ при навантаженні $P = 4,9 \text{ Н}$, тріщиностійкості, $k_{1C} \geq 7 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$, та модуля Юнга, $E \geq 220 \text{ ГПа}$, та густини що близька до теоретичної.

До переваг надпровідних моторів, генераторів та насосів у порівнянні з традиційними слід віднести велику питому потужність, що дозволяє істотно (у 5-8 разів) зменшити їх розміри і вагу, а також досягти високій динаміки: великі кутові прискорення, які надзвичайно важливі при роботі в режимі частого реверсу, обумовлюється малими розмірами роторів. Застосування надпровідних електричних машин веде до збере-

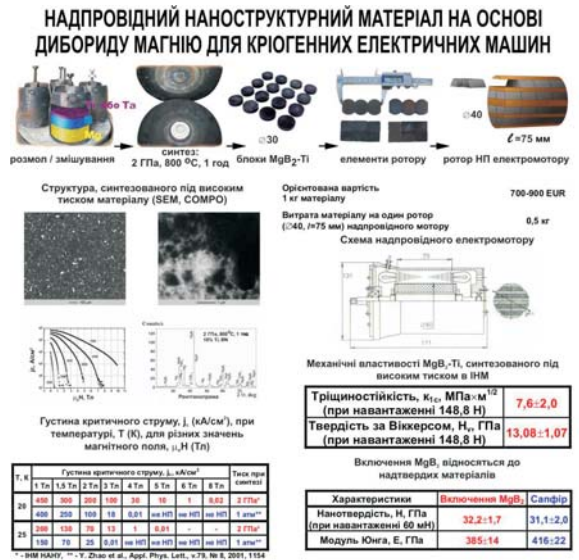


Рис. 1. Надпровідний наноструктурний матеріал на основі дибориду магнію

ження енергоресурсів. Прогрес в напрямку впровадження надпровідників другого роду в електричні машини тісно пов'язаний з вдосконаленням надпровідних матеріалів, оскільки в процесі роботи вони повинні забезпечувати високий рівень густини критичних струмів у магнітних полях і витримувати значні механічні навантаження, обумовлені дією магнітних полів і термічних напружень, що виникають під час нагріву або охолодження.

Галузь застосування

Електротехніка (електромотори, генератори та насоси для перекачування рідких газів, струмообмежувачі), транспорт на магнітному підвісі (MAGLEV), накопичувач енергії типу "махове колесо"

Стадія розробки

Національні патенти України, ноу-хау. Стадія розвитку – перевірено у лабораторних умовах.

Контактна інформація

Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України
 Пріхна Тетяна Олексіївна
 Київ 04074, вул. Автозаводська, 2
Тел.: +380-44-430-11-26
Факс: +380-44-430-11-26
 prikhna@iptelecom.net.ua,
 prikhna@mail.ru,
 www.ism.kiev.ua