

# دمج الهيدروجين مع الموارد المتجددة لتحقيق كفاءة عالية في توليد الطاقة

اشواق عبدالرحمن عبدالعزيز العجيري

إشراف

أ.د السيد إبراهيم شعلان

أ.د فهد مسعود المرزوقي

## المستخلص

على الرغم من أن عنصر الهيدروجين من المتوقع أن يلعب دورًا حاسمًا كناقل للطاقة في المستقبل، إلا أنه لا توجد تقنية آمنة وفعالة راضية حتى الآن لتخزين الهيدروجين لاستخدامه في التطبيقات المحمولة والمركبات وتطبيقات النقل. تم تحضير سبيكة زجاجية نانومسامية بواسطة النقش الكهروكيميائي في خلية ثلاثية الأقطاب التقليدية. أظهرت السبيكة مقاومة جيدة للتآكل كما أظهرت قدرة امتصاص جيدة للهيدروجين تبلغ حوالي ٥,٤ وزن % محتوى هيدروجين مع حركية محسنة. لا تزال السبيكة تحتفظ بهيكل زجاجي حتى بعد معالجة النقش الكهروكيميائي بالإضافة إلى ٢٠ دورة من قياسات امتصاص الهيدروجين. إن التوزيع المتجانس لذرات النيكل والبلاديوم الموجود داخل تركيب السبيكة يسمح في الحفاظ على الهيكل الزجاجي ويخلق العديد من مواقع التفاعل النشطة لامتصاص الهيدروجين مما يعزز ويحسن تفكك وانتشار الهيدروجين في جميع الفراغات داخل السبيكة. في هذا العمل أيضًا، تم فحص سعة تخزين الهيدروجين للأنايبب النانوية الكربونية الجرافين / متعددة الجدران المزخرفة بجسيمات نانوية من سبيكة من البلاديوم والمغنسيوم. وجد أن وجود الجسيمات النانوية يزيد من قدرة امتصاص الهيدروجين بنسبة ٥٣% مقارنة بالعينة التي لا تحتوي على الجسيمات النانوية المزخرفة. تبلغ ساعات الهيدروجين التي تم الحصول عليها لكتنا العينات مع وبدون جزيئات النانوية ٢,٨٦% بالوزن و ٥,٥٣% بالوزن على التوالي. تُعزى هذه القيمة الأعلى لسعة تخزين الهيدروجين إلى حقيقة أن الجسيمات النانوية تعمل كمواقع تفاعل نشطة لامتصاص الهيدروجين الجزيئي والذري. عززت الطبيعة التحفيزية لمعدن البلاديوم من حركية

الامتصاص كما أدى وجود المغنسيوم إلى زيادة سعة تخزين الهيدروجين. اوجدت البنية الليفية للأنايب النانوية مساحات لمزيد من امتصاص الهيدروجين الجزيئي. زادت طبقات الجرافين من مساحة السطح لامتصاص الهيدروجين الذري. يبدو أن الجسيمات النانوية الكربونية والمزخرفة من سبيكة البلاديوم والمغنسيوم النانوية مادة قابلة جيدة لتخزين الهيدروجين.

# **Integrated Hydrogen and Renewable Resources for High Efficiency Energy Generation**

**By**

**Ashwaq A. Abdulaziz AL-Ojeery**

**Supervised By**

**Prof. Dr. ELSayed Ibrahim Shalaan**

**Prof. Dr. Fahad Massoud Al-Marzouki**

## **Abstract**

Despite the element hydrogen is hopefully and highly expected to play a crucial role as a future energy carrier, no secure and efficient technology is satisfied yet for both hydrogen storage to use on mobile applications or vehicles, and transportation. Storage of hydrogen includes compressed hydrogen gas/liquid, metal hydrides, porous media, and chemical hydrogen storage.

All these methods of hydrogen storage have both common and differing issues. For compressed gas and liquid tanks, volume, safety, and cost are the major issues. While volumetric capacity and working temperature are the main issues for porous media. For

metal hydrides, which show high storage capacity in weight-to-volume ratio still charge and discharge kinetics is the primary obstacle. The conclusion is that no known material meets all requirements. Therefore, through this thesis some new nanostructure materials were investigated for determine their capabilities of hydrogen storage.

A nano-porous glassy  $Zr_{60}Al_5Ni_{30}Pd_5$  skeleton structure alloy was prepared by electrochemical etching treatment in its glassy phase. The nano-pore size is about 5-15 nm and no nano-phase aggregation phenomenon is recognized. The alloy composition of the nano-porous surface shifted to  $Zr_{21.8}Al_{2.4}Ni_{56.1}Pd_{19.7}$  and the electrochemical treatment caused the enrichment of Ni and Pd elements on the nano-porous surface. The enrichment of Ni and Pd elements leads to the increases of the reaction activity with hydrogen and its reaction duration time and the improvement is due to Pd catalytic effect through creating diffusion pathway into the bulk of material. The nano-porous glassy alloy has homogeneous distribution of Pd element and exhibits high corrosion resistance. The hydrogen absorption/desorption characteristics with high hydrogenation-dehydrogenation kinetics are maintained without appreciable degradation up to at least 20 cycles and the hydrogen absorption capacity reaches about 5.4 wt%. This result indicates the possibility of developing a suitable hydrogen storage material which can reduce the consumption amount of precious Pd metals.

We also describe a graphene and fibrous multiwall carbon nanotubes (*f*-MWCNT) composite film prepared by plasma enhance chemical vapor deposition for use as a suitable and possible candidate of hydrogen storage materials. High storage capacity of 5.53 wt% has been obtained with improved kinetics. The addition of binary PdMg alloy nanoparticles to the surface of graphene-fibrous nanotubes composite films raised the storage capacity by 53% in comparison to the film without PdMg decorated nanoparticles. Additionally, the graphene/*f*-MWCNT composite film decorated PdMg

nanoparticles exhibited an enhanced hydrogen absorption-desorption kinetics. The fibrous structure of the MWCNTs alongside the presence of graphene sheets within the film create an enormous active region sites for hydrogen reaction. The addition of PdMg nanoparticles enhanced the reaction kinetics due to the catalytic nature of Pd and increased the hydrogen content due to the high absorption capacity of Mg nanoparticles. The combination of both Pd and Mg in a binary alloy nanoparticle enhanced the hydrogen capacity as well as absorption-desorption kinetics.