Materials research for medical catheter

医療用カテーテル材料に関する研究

Byongsuk KIM, Norihito MOTAI, Hiromasa YABE and Yoshitake NISHI

Department of Materials science, Tokai University, 1117 Kitakaname, Hiratsuka, Kanagawa, 259-1292 Japan
TEL: +81-463-58-1211 (ext. 4206), FAX: + 81-463-58-1812, E-mail: am026429@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

Haru-Hisa UCHIDA

Department of Human Development, Tokai University, 1117 Kitakaname, Hiratsuka, Kanagawa, 259-1292 Japan
TEL: +81-463-58-1211 (ext. 3413), FAX: + 81-463-58-1812, E-mail: hhuchida@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

(Received 19, November 2001 Accepted 26, July 2002)

A new actuator for medical catheter is developed, which is operated by volume expansion of hydrogen storage alloy. A testing actuator using LaNi_3Co_2 powder exhibited reversible shape change by changing the hydrogen gas pressure. A large strain change was obtained by alternative flowing of pure H_2 gas and $\text{Ar}-5\%\text{H}_2$ gas mixture.

Key Words: Actuator, Hydrogen storage alloy, shape change, catheter

I. INTRODUCTION

現在実用化されている医療用カテーテルにさらに求められる性質としては、材質的な軟らかさ、人体に害の無い動力源、ゆっくりとした形状変化速度などが挙げられる。そこで、電気や温度変化によって駆動するカテーテル用の駆動源に代わって、よりソフトに動かすことのできるカテーテルの新しい駆動技術開発を目的とし、一連の研究を行なっている。^{1,3}

試料作製には、材質がソフトなシリコンゴムの中に水素吸蔵合金粉末を分散固定させたバイポリマー複合材料を作製した。^{1,2}シリコンゴムは医療用弾性材または人工関節用衝撃吸収材などに実用化されている。^{4,5}この水素吸蔵合金分散バイポリマーを新しく駆動させるための刺激である水素雰囲気中でアクチュエータとしての検討を行った結果、水素吸脱による歪み変位量は約14,000 ppm位大きく、その作用力は約10 kPaであり、ゆっくりと形状変化することがわかった。^{1,3}これらの結果より、水素雰囲気はアクチュエータ材料の駆動のための新しい刺激になり得ることがわかった。^{1,2}この新しい水素という刺激により駆動する水素吸蔵合金分散バイポリマーは、現段階では医療用カテーテルとしての駆動性能としては十分であると考えられている。^{1,3}

本研究ではこれらの研究成果を踏まえてさらに、人体を傷つけないよりソフトな医療用可動カテーテル材料としての可能性について検討を進めることにした。現在の問題点として挙げられている点の1つとして、水素脱蔵のための真空排気操作は医療用アクチュエータ材料として人体に応用するには危険であることが挙げられる。そこで本研究では、 $\text{Ar}-5\%\text{H}_2$ ガスを流し続ける操作により真空排気操作に同等な効果が得られるかという知見と約0.1 MPaの水素ガスを流し続ける操作が水素圧力を印加することに同等な効果が得られるかという知見

2点について検討を行った。さらに、変形の応答時間に対しても合わせて検討した。

II. EXPERIMENT

水素吸蔵合金には体温付近の温度域で合金のプラトー圧が1気圧以下の LaNi_3Co_2 系水素吸蔵合金を選択した。この LaNi_3Co_2 系水素吸蔵合金は40℃で0.04~0.06 MPaの解離プラトー圧を示し、水素化物形成時の体積膨張率は20.5%である。^{6,7}また、水素吸蔵合金の繰り返し水素吸脱反応による微粉化抵抗が高いことから LaNi_3Co_2 系合金は耐疲労特性に優れているといえる。⁸水素吸蔵合金の作製には非消耗式アーク溶解炉を用いて作製し、組成分析にはエネルギー分散型X線分光法(EDX)を用いて $\text{LaNi}_{3.3}\text{Co}_{2.1}$ であることを確認した。試験用試料作製はFig. 1に示すように、シリコンゴム中に水素吸蔵合金粉末を分散し成型した複合材料(以下A)とシリコンゴムのみ(以下B)とを接着した水素吸蔵合金分散バイポリマー材料を作製した。なお、Aの寸法は $30 \times 5 \times 1.05 \text{ mm}^3$ (長さ×幅×厚さ)とし、シリコンゴム(セメダイン株式会社HJ-125)0.065g中に粒径25~40 μm の水素吸蔵合金粉末0.684gを十分に混練・分散させた。なお、Bの寸法もAと同じとした。

Fig. 1. Schematic diagram of bi-polymer sample preparation.

作製した水素吸蔵合金分散バイポリマーは SUS316製の反応管中で、超高純度水素純度 (7N) の雰囲気中、約5 MPaの水素圧で複合材料に分散されている水素吸蔵合金に対して初期活性化を行った。活性化したバイポリマーはFig. 2に示すガラス製の透明反応管に移し、水素吸脱反応を数回繰り返した後、水素とAr-5%H₂ガスを流し続けた時の形状変化をビデオレコーダーにより記録した。水素ならびにAr-5%H₂ガスを交互に流すことによってバイポリマーの形状は水素吸脱反応に伴い、可逆的な形状変化を示した。水素吸脱に伴うバイポリマーの歪の算出は曲率半径(r)から歪(ε)を求めた。³

Fig. 2. Schematic diagram of shape change observation system.

III. RESULT & DISCUSSION

Figure 3 に水素ならびに Ar-5%H₂ ガスを流した時のバイポリマーの形状変化をそれぞれ示す。ここで、a は水素が脱蔵された時、b は超高純度水素ガスを流した時、c は Ar-5%H₂ ガスを流した時の形状変化である。バイポリマーに水素ガスを流した時は複合材料の A 層が水素吸蔵に伴い体積膨張し、試料の曲率が小さくなった (a→b 参照)。一方、Ar-5%H₂ ガスを流した時には複合材料の A 層が水素脱蔵に伴う体積収縮によって曲率が大きくなった (b→c 参照)。水素ガスで変形したバイポリマー試料は、Ar-5%H₂ ガスを流すことにより、初期形状に戻ることを確認した (a, c 参照)。

Fig. 3. Optical photographs of hydrogen storage alloy dispersed bi-polymer on shape change when flow H₂ and Ar-5%H₂.

Figure 4 には、水素ならびに Ar-5%H₂ ガスを流し続けた時の時間 t (s) と歪み ε (ppm) の関係を示した。図中の口は水素ガスを流した時の歪みを、また○は Ar-5%H₂ ガスを流した時の歪みである。水素ガスを流し続けるとバイポリマーの歪み量は 13500ppm から 22500ppm にゆっくりと増加し、

Ar-5%H₂ ガスを流し続けると歪み量は 22500ppm から 14500ppm にゆっくりと減少することが分かった。また、このようにゆっくりと形状変化が得られるタイプのアクチュエータは、人体にソフトであると考察した。

Fig. 4. Relationship between time; t (s) and strain yielded by shape change; ε (ppm).

IV. CONCLUSION

本研究では水素吸蔵合金分散型バイポリマーについて、水素ならびに Ar-5%H₂ ガスを流したときの形状変位に関して検討を行った。その結果、真空排気の代わりに Ar-5%H₂ ガスを流すことが水素脱蔵の代替操作となり、そして水素加圧の代わりに 0.1 MPa の水素圧で水素ガスを流すことが水素吸蔵の代替操作になり得ることが確認できた。さらに、応答時間に関しては、約 100 秒から 500 秒にかけて大きな歪みがゆっくりと変化することを確認した。

REFERENCES

- ¹ B. Kim, N. Motai, H. Yabe, H. Uchida and Y. Nishi, proceedings of the 6th Japan-Korea Joint Symposium '01 on Hydrogen Energy, 18 Oct 2001, Hiratsuka, Japan, 189 (2001).
- ² B. Kim, H. Yabe, H. Uchida and Y. Nishi, proceedings of the 7th International SAMPE symposium 13-16 Nov 2001 Tokyo, Japan, 943 (2001).
- ³ H. Yabe, N. Hagiwara, K. Takashina, B. Kim, K. Akiyama, K. Takahashi, T. Yoshikawa, Y. Komori, Y. Isogai and Y. Nishi, Proceedings of the 9th Materials and Processing Conference (M&P2001), 8-9 Nov. 2001 Okinawa, 311 (2001 Nov. 2001 Okinawa, 311 (2001).
- ⁴ R. Yoshikawa, Gomuhagounotekata. 8, 1 (1985)
- ⁵ H. Hoshino, D. Muneta, H. Yamamoto, K. Huruya, K. Imai, A. Imai, T. Nakamura, J. Jap. Rheumatism and Joint Surgery. 5 (4), 501 (1986)
- ⁶ H. H. van Mal, K. H. J. Buschow and F. A. Kuijper, J. Less-Common Met. 32. 289 (1973).
- ⁷ J.J.G. Willems and K.H.J. Buschow, Phi. J. Res, 39(1), 54 (1984).
- ⁸ J.J.G. Willems, K.H.J. Buschow, J. Less-Common Met. 129(5), 13 (1987).

Presented at '01 SAS Intelligent Symposium