

# بررسی ساختار مواد هوشمند و تاثیر به کارگیری آنها در توسعه صنعت خودرو و پزشکی

حامد آئینی<sup>۱</sup>، محسن رفعت<sup>۲\*</sup>، محمدرضا حسینی<sup>۳</sup>

- ۱- دانشجوی کاردانی، گروه مهندسی مکانیک، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران
  - ۲- کارشناس ارشد مهندسی مکانیک طراحی سیستم تعلیق خودرو، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی، تهران، ایران
  - ۳- کارشناس مهندسی مکانیک خودرو، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنان، سمنان، ایران
- \* m.rafat@sina.kntu.ac.ir، تهران

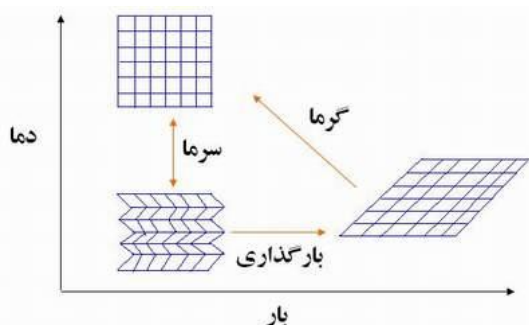
## چکیده

آلیاژهای حافظه دار گروه جدیدی از مواد هستند که اگر با ترکیب شیمیایی مشخص تحت عملیات حرارتی مناسبی قرار گیرند، توانایی بازگشت به شکل یا اندازه از قبل تعیین شده را از خود نشان می دهند. همچنین این مواد قابلیت تبدیل انرژی گرمایی (الکتریکی) را به انرژی مکانیکی دارند و اگر گرم و سرد کردن این آلیاژها با جریان الکتریکی کنترل شود، میتوان حرکتهای سیکلی با قابلیت تکرار (حرکتهای رفت و برگشتی در یک مدار بسته) در دفعات متوالی ایجاد کرد. آلیاژهای لابر اتوار حافظه دار از عناصر نیکل و تیتانیوم تشکیل شده اند، که تحت نام نیتینول شناخته می شوند. این آلیاژها دارای کاربردهای گوناگون و بسیار مفیدی در زمینه های همچون: هوا فضا، صنایع خودروسازی، پزشکی، دندانپزشکی و صنایع الکترونی و بعضی کاربردهای دیگر می باشند. در این پژوهش به طور ویژه استفاده از مواد هوشمند به عنوان آلیاژی جایگزین و مرغوب به صرفه در مهندسی پزشکی و صنعت خودرو مورد بررسی قرار گرفته و چگونگی عملکرد آنها نسبت به تغییر دما و فشار در محیط های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است.

## کلیدواژگان

آلیاژهای هوشمند- هواپیمای رادار گریز- مواد هوشمند در خودرو- نیتینول - مهندسی پزشکی

دهد، سپس به محض برداشته شدن بار و کمی گرما مولکول ها به شکل یک ساختار سخت در می آیند به گونه ای که به یک ساختار با شبکه ای متفاوت مبدل می شوند. اما هنوز وضعیت قرارگیری مولکولی معمولی است و همان ساختار فیزیکی در مقیاس ماکرو وجود دارد.



شکل ۱ تأثیر اعمال دما و بار بر روی ساختار مواد حافظه دار

## ۱- مقدمه

در سال ۱۹۶۱ در اسلحه و مهمات نیروی دریایی Oak White بود، که به خاصیت بی همتا و شگفت انگیز این گونه آلیاژها پی برده شد. Dr.Wiliam.j.Buehle اولین نفری بود که به حافظه دار بودن این آلیاژها پی برد. [1] اکتشاف حقیقی خاصیت حافظه دار بودن آلیاژ به طور تصادفی به دست آمد. در نشست هیئت مدیره لابر اتوار یک نوار از این آلیاژ که مدتها از خم شدن آن می گذشت مهیا بود، یکی از حاضران به نام « دکتر دیوید» نوار را با فندک مخصوص پیش گرم کرد و به طور شگفت آوری نوار کشیده شد و به حالت اولیه خود برگشت در این هنگام بود که برای نخستین بار ایده حافظه دار بودن این آلیاژها (نیتینول) شکل گرفت و سر آغاز صنعتی نوین گشت.

## ۲- نحوه عملکرد نیتینول بعنوان یک آلیاژ حافظه دار و نیز کاربرد آن در زندگی روزمره

آلیاژهای حافظه دار دارای دو ویژگی بسیار مهم و منحصر به فرد هستند: ۱- آنها تا حدودی الاستیک هستند ۲- حافظه دار هستند یعنی قابلیت ذخیره سازی انرژی مکانیک و نیز آزاد سازی آن را دارا هستند.

به عنوان مثال می توان به آب اشاره کرد که در دماهای مختلف از حالتی به حالت دیگر تبدیل می شود. این دسته از فلزات نیز به علت اینکه مولکول ها در آنها قابلیت چیده مان مجدد دارند (البته آنچه که باعث می شود تا مولکول ها در کنار هم باقی بمانند و حالت جامد را حفظ کنند متفاوت است) قابلیت بازگشت به شکل اولیه را دارند.

حال مهم ترین مساله این است که این فلزات حافظه دار چگونه عمل می کنند: عاملی که سبب تغییر شکل فلز و یا بازگشت به شکل اولیه خود می شود، اختلاف ساختار مولکولی در هر فاز است. [2] همانطور که در شکل (۱) مشاهده می کنید فلز حافظه دار را در حالتی که شکل اولیه خود را در دمای اتاق دارد را نشان می دهد. زمانی که بار اعمال می شود فلز تغییر شکل می

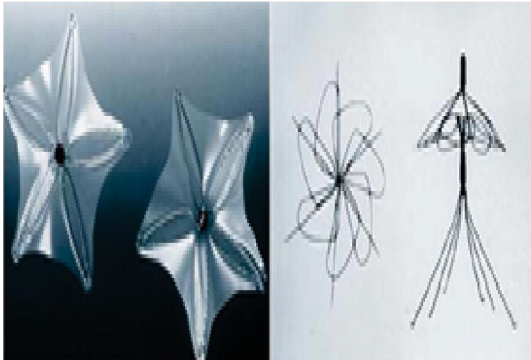
## ۳- معرفی برخی آلیاژهای حافظه دار:

- ۱- آلیاژهای تیتانیوم/نیکل : نیتینول (Nitinol) و تینل (Tinel)
- ۲- آلیاژهای آلومینیوم / روی / مس
- ۳- آلیاژ نیکل / مس
- ۴- آلیاژ کادمیوم / نقره
- ۵- آلیاژ کادمیوم / طلا
- ۶- آلیاژ قلع / مس
- ۷- آلیاژ روی / مس
- ۸- آلیاژ تیتانیوم / ایندیم
- ۹- آلیاژ آلومینیوم / نیکل
- ۱۰- آلیاژ آهن / پلاتین

ابزارهای هوشمند تا لباسهایی شبیه به مارمولک یاد کرده است و حتی امروزه از این مواد در صنایع اسلحه سازی و استفاده آن به عنوان بدنه سلاح مورد توجه قرار گرفته است تا از وزن سلاح کاسته شود و افراد به راحتی بتوانند آن را حمل کنند.

#### ۲-۴- فیلترهای لخته خونی

یکی از کاربردهای NiTi در فیلترهای لخته خونی است که در آن، شبکه‌های بسیار ریزی از جنس NiTi از طریق سرخرگ یا سیاهرگ به داخل ورید تزریق می‌شود تا لخته‌های خونی مزاحم را به دام بیندازند. شکل (۳) فیلترهای لخته خون را نشان می‌دهد. [3]



شکل ۳ فیلترهای لخته خونی در حالت باز و بسته

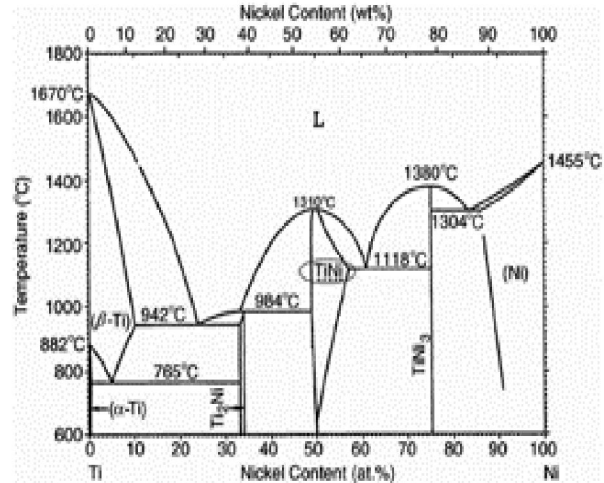
همان‌طور که در سمت چپ شکل دیده می‌شود این میله‌های بلند با سرد کردن در محلول سالیین به صورت بسته شده حفظ می‌شوند و با وارد شدن این میله‌ها به بدن، در اثر حرارت بدن و افزایش دما فیلترها در رگ‌ها باز شده و عمل فیلتر لخته‌های خون را انجام می‌دهند.

#### ۳-۴- کاربردهای ترکیب NiTi در مهندسی پزشکی

NiTi به دلیل داشتن خواص ویژه ای چون حافظه‌پذیری، سازگاری با محیط بدن و سوپر الاستیسیته، بیشترین کاربرد را در صنایع پزشکی دارد. کاربرد NiTi برای مصارف پزشکی اولین بار در سال ۱۹۷۰ گزارش شد. در اوایل ۱۹۸۰ این نظریه بیشتر مورد توجه محققین قرار گرفت و در اواسط ۱۹۹۰ کاربردهای ارتودنسی و بیشتر اورتوپدی آزمایشگاهی برای این ماده افزایش یافت. [4] تلاش‌های اولیه برای بهره برداری از پتانسیل NiTi به عنوان یک ماده ایمپلنت توسط جانسون و آلکلندری نیز در سال ۱۹۸۸ انجام شد و تا امروزه در بسیاری از کشورهای جهان این نوع لوازم پزشکی را از نظر مرفقون به صرفه بودن و قابلیت بالا و ضریب خطر پایین در اکثریت گرفتگی‌ها و مسدود شدن رگهای شریانی و عروق به خدمت گرفته و به کمک این ابزار مهندسی پیشرفته بیماران را مورد معالجه قرار می‌دهند. [5]

۱۱- آلیاژ مس / منگنز

۱۲- آلیاژ آهن / منگنز / سیلیسیم



نمودار ۱ مجموعه خواص NiTi

#### ۴- کاربردهای بهره برداری شده از آلیاژهای حافظه دار :

##### ۱-۴- هواپیمای هوشمند رادار گریز

ناسا بنا به درخواست نیروی هوایی آمریکا و مخفی ماندن از دید رادارها شروع به طراحی یک هواپیما بدون سرنشین و ابعاد کوچک با قابلیت بسیار بالا توسط طراحان و مهندسين هوا و فضا با استفاده از مواد هوشمند (آلیاژهای حافظه دار) و کامپوزیت های بسیار سبک که قدرت مانور در سرعت‌های ما فوق صوت و ارتفاعات را دارا بود به مرحله ساخت و اجرا رساند و این شروعی برای استفاده از مواد هوشمند در بدنه هواپیماها بود. این هواپیما دارای قابلیت تطبیق در شرایط مختلف دمایی بوده و با توجه به شرایط محیطی همواره با تغییر شکل عملکرد بهینه را از خود بروز می‌دهد. [2]

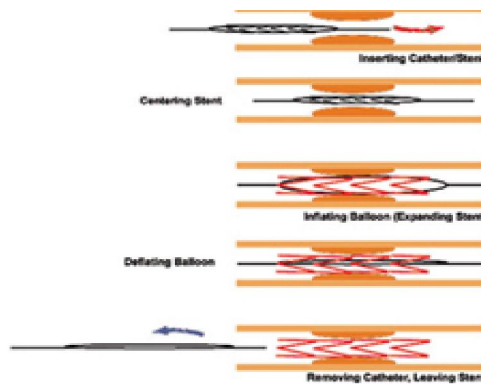


شکل ۲ هواپیمای هوشمند طراحی شده توسط ناسا

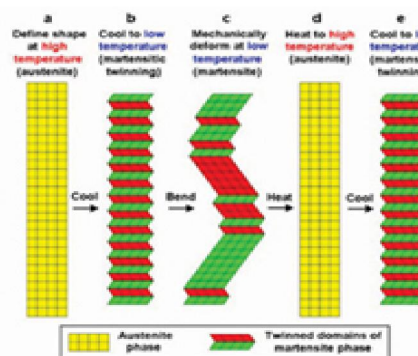
ناسا بر روی رهبری اولین تغییرات در زمینه پرواز ماوراء صوت توسط مواد هوشمند حساب ویژه‌ای باز کرده است. وزارت دفاع آمریکا مواد هوشمند را در سناریویی به نام "سربازهای آینده" تاثیر به سزایی داده است و از



شکل ۶ نمونه تولید شده خودرو جینا (خودروی هوشمند)



شکل ۴ تصویری از استنت ( باز کننده رگهای مسدود شده )



شکل ۵ نمونه ای از ساختار تغییرپذیر مواد هوشمند

#### ۴-۴- صنعت خودروسازی

این نوع مواد هوشمند در صنعت خودرو سازی پیشرفت های چشم گیری را داشته است. یکی از مهم ترین اخباری که توانست پایه گذار بحث های زیادی در صنعت خودرو گردد انتشار خبری از سوی مدیر ارشد طراحی جنرال موتورز بود: "جنرال موتورز تا سال ۲۰۱۸ خودروهای ساخته شده از مواد هوشمند وارد بازارهای جهانی می کند." [6] مرکز تحقیق و توسعه خودرو جنرال موتورز نیز چندی بعد اعلام نمود: ما برای نخستین بار قادر به استفاده از مواد هوشمند در صنایع خودروسازی شده ایم و تا سال ۲۰۱۸ خودروهایی به بازار معرفی خواهیم کرد که از فناوری مواد هوشمند بهره برده باشند. بر این اساس با اضافه شدن ویژگیهای بیشتری به خودروهای تولیدی، حجم قابل توجهی از هزینه ها کاهش یافته و در مصرف بهینه سوخت نیز پیشرفت جدی صورت می گیرد و نیز جنرال موتورز خاطرنشان کرد با توجه به پیشرفت روز افزون در صنعت خودرو استفاده از این خودروها در تمام دنیا کاری دشوار به حساب نمی آید.

از دیگر شرکت های پیش رو در این صنعت می توان به خودروسازهای بزرگ آلمان نیز اشاره کرد. شرکت BMW آلمان با استفاده از تکنولوژی نانو خودرو جدید خود با نام GINA را طراحی و در موزه شرکت به نمایش گذاشته است. [7] نانو خودرو GINA (جینا) محصول جدید BMW فصل جدیدی را در طراحی خودرو گشوده است که شاید مهمترین شاخص آن طراحی خودرو های با قابلیت تغییر شکل بدنه در زمان کوتاه و با سرعت بالا و هزینه پایین می باشد. (شکل ۶)

به عنوان نمونه برای آشنایی بیشتر در زیر به برخی از ویژگی های منحصر به فرد این خودرو اشاره شده است:

۱. پایین آمدن هزینه بدنه
۲. سبک تر شدن خودرو
۳. تغییر طرح خودرو با استفاده از بازوهای هیدرولیکی
۴. تغییر رنگ خودرو با هزینه بسیار پایین
۵. ذخیره طرح های مختلف بدنه در حافظه بازوهای هیدرولیک
۶. کاهش هزینه ناشی از خسارت های تصادف
۷. کاهش مرگ و میر ناشی از تصادف
۸. تغییر Trim داخلی خودرو
۹. اضافه یا حذف نمودن صندلی های خودرو

#### ۵- نتیجه گیری

با عنایت به مطالب ذکر شده و پژوهش های صورت گرفته توسط محققین و در گروه های مختلف خودرو سازی، دور از ذهن نیست که پیش بینی جنرال موتورز مبنی بر توسعه ایده خودروهایی با آلیاژهای هوشمند در سراسر دنیا به زودی تحقق یابد. همچنین BMW نیز بر این باور است که تا سال ۲۰۲۰ بیش از ۱۰ درصد خودروهای تولیدی هریک به گونه ای از این آلیاژها بهره می گیرند.

ولذا این نکته ضروری می نماید که خودروسازان و مراکز تحقیقاتی وابسته به خودرو در ایران نیز برای عقب نماندن از بازار رقابت جهانی علاوه بر توسعه تحقیقات در این زمینه، در جهت توسعه و تولید این مواد گام بردارند.

## ۶- مراجع

- [1] [1] T .Duerig, A. PELTON, " An overview of nitinol medical applications", Materials Science and Engineering ( 1999) pp .451.
- [2] J. L. Murray, "Phase Diagrams of Titanium Alloys, ASM International", 1989, pp. 197.
- [3] L. Jiang, B. Rong, "Effect of hydroxyapatite coating on nickel release of the porous NiTi shape memory alloy fabricatred by SHS", Surface Coating & Technology (2006) pp. 798.
- [4] H. Ghu, Chang, L. Lin, P .Wang, "Fabrication and properties of porous NiTi shape memory alloys for heavy load-bearing, Medical Application,material Processing Technology", 2005, pp .765.
- [5] B. Yuan , C.Y. Chung, M. Zhu, "Microstructure and martensitic transformation behavior of porous NiTi shape memory alloy prepared by hot isostatic pressing processing", Materials Science and Engineering A 382, 2004, pp. 181.
- [6] S.H.L.A. Rutten, "Smart Materials in Automotive Applications", Internship Report, Technische Universiteit enidhoven, 2008,PP .85.
- [7] John G. Cherg, "Smart Acoustic Material for Automotive Applicaitons", The University of Michigan Dear-born, Project Number #2009/3, PP.16.