

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com



بررسی رفتار تریبولوژیکی آلیاژ همگن سازی شده و پیرسازی شده

Ti-55.5wt%Ni

رضا علی عسگریان^۱، حمید رضا قاسمی منفرد راد^۲، سید محمد مهدی هادوی^۳

چکیده

در این تحقیق رفتار سایشی آلیاژ Ti-55.5wt%Ni در دو حالت همگن سازی شده و پیرسازی شده مورد بررسی قرار گرفت. همگن سازی آلیاژ در دمای 1000°C صورت گرفت. پیرسازی آلیاژ نیز در دمای 700°C پس از آنیل سازی در دمای 1000°C انجام گرفت. برای بررسی خواص سایشی از روش پین روی دیسک استفاده شد. سطوح سایش و ذارت سایش با استفاده از میکروسکوپ الکترونی بررسی شد. نتایج نشان می دهد که با افزایش نیروی اعمالی، لایه های اکسیدی بر روی سطح تشکیل شده و مقاومت به سایش بالا می رود.

واژه های کلیدی: سوپرالاستیسیت، لایه اکسیدی، سایش و DSC

مقدمه

آلیاژ مشهور نیکل-تیتانیوم به دلیل خواص حافظه داری شکلی و سوپرالاستیسیت کاربردهای فراوانی در صنعت پیدا کرده است [۱-۳]. علاوه بر اثر حافظه داری آن، مطالعات اخیر نشان می دهد که آلیاژ نیکل-تیتانیوم مقاومت به سایش بالایی را دارا می باشد و می تواند انتخاب بسیار خوبی برای کاربردهای تریبولوژیکی مختلف باشد. در این زمینه تحقیقات مختلفی بر روی رفتار سایشی آلیاژ نیکل-تیتانیوم انجام شده و با دیگر آلیاژهای مهندسی مقاوم به سایش مقایسه شده است [۴-۱۵]. نتایج نشان می دهد که آلیاژهای نیکل-تیتانیوم مقاومت بیشتری را نشان می دهد. در واقع آلیاژهای نیکل-تیتانیوم به عنوان نوع جدیدی از مواد مقاوم به سایش هستند که روز به روز علاقه به استفاده آن ها بیشتر می شود و ممکن است درهای جدیدی را به توسعه مواد مقاوم به سایش صنعتی باز کند. در اکثر بررسی های به عمل آمده علت اصلی مقاومت به سایش آلیاژهای نیکل-تیتانیوم را وجود خاصیت سوپرالاستیک آن ها بیان کرده اند [۶، ۴-۱۲]. سوپرالاستیسیت به قابلیت آلیاژ در برگشت به شکل اولیه خود با برداشتن بار گفته

۱ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی متالورژی و مواد دانشگاه تهران

۲ دانشیار دانشکده مهندسی متالورژی و مواد دانشگاه تهران

۳ دانشیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر

می شود. این اثر وابسته به تغییر شکل ترموالاستیک مارتنزیتی می باشد. آلیاژ سوپرالاستیک می تواند در دفعات زیادی نسبت به آلیاژهای فلزی معمولی بدون آنکه در آن تغییر شکل پلاستیکی اتفاق بیفتد کرنش داده شود که منعکس کننده خاصیت لاستیک مانند آن می باشد. به هر حال خاصیت سوپرالاستیک تنها در یک ناحیه ویژه دمایی مشاهده می شود. این محدود کمی بالاتر از دمای پایان استحاله مارتنزیت به آستنیت در حین گرم کردن (Af) می باشد. بالای این محدوده آلیاژ نیکل-تیتانیوم مانند مواد معمولی دیگر بوسیله لغزش تغییر شکل می یابد. هدف از انجام این تحقیق بررسی رفتار سایشی آلیاژ Ti-55.5wt%Ni و تعیین مکانیزم سایش در بارهای مختلف و بررسی عوامل تاثیر گذار بر مقاومت سایش این آلیاژها می باشد.

مواد و روش تحقیق

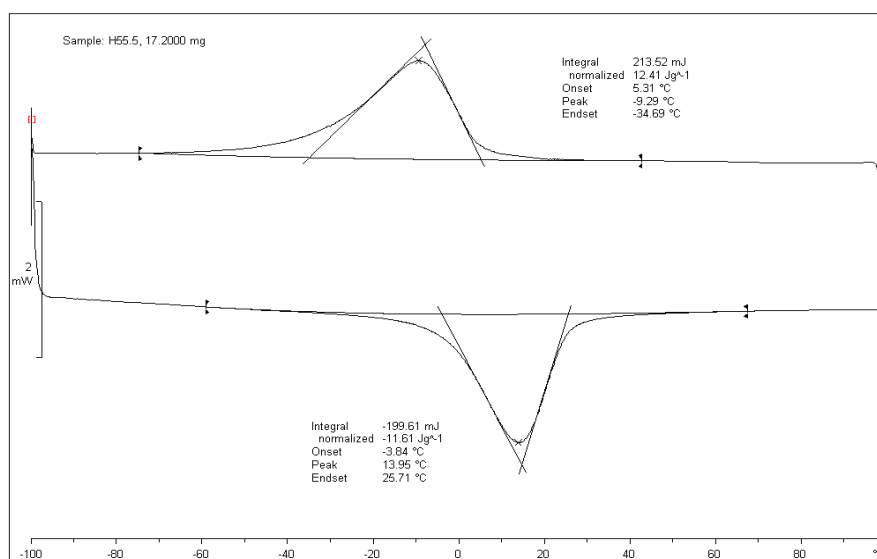
آلیاژی با ترکیب Ti-55.5wt%Ni با استفاده از روش ذوب القایی تحت خلا تهیه گردید. سپس بر روی نمونه های ریختگی حدود ۲۵ درصد نورد گرم در دمای 1000°C انجام شد. در ادامه برای تهیه نمونه های سایش، دیسک هایی به قطر ۳۵mm از نمونه نورد شده جدا شده و تحت سیکل های عملیات حرارتی همگن سازی در دمای 1000°C و پیر سازی در دمای 700°C تحت گاز آرگون مطابق با جدول ۱ قرار گرفت. برای بدست آوردن دماهای استحاله از روش DSC کمک گرفته شد. تست های سایش با استفاده از روش پین بر روی دیسک انجام شد. پین مورد استفاده از جنس فولاد ۵۲۱۰۰ به قطر ۵mm با سختی RC ۶۰ در مقابل دیسک های نیکل-تیتانیوم قرار می گرفت. آزمایش ها در دو بار ۲۰ و ۶۰ N در سرعت 0.3 m/s و مسافت ۱۰۰۰ m صورت گرفت. بررسی سطوح و ذرات سایشی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی انجام شد.

جدول ۱: سیکل های عملیات حرارتی اعمال شده بر روی نمونه های سایش.

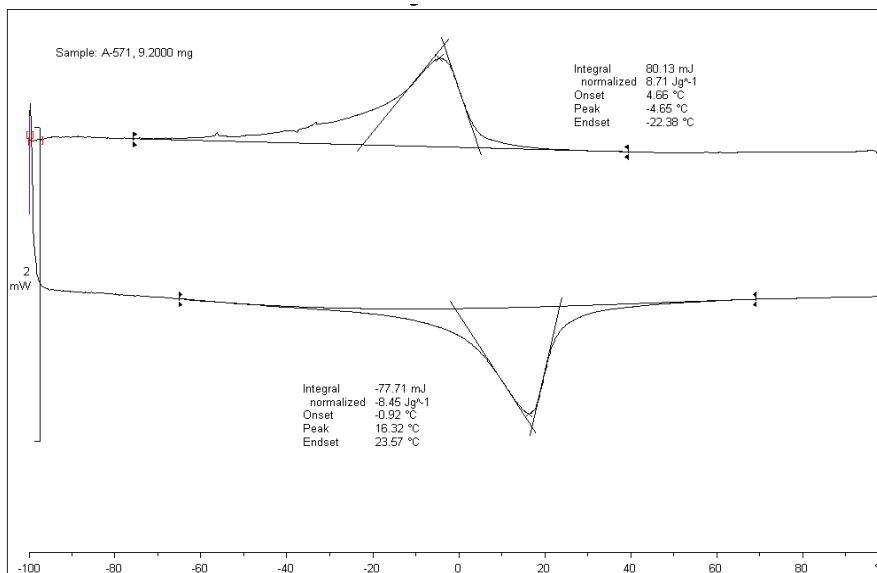
نمونه ها	سیکل های عملیات حرارتی اعمالی
H	حرارت در دمای 1000°C به مدت یک ساعت + سرد کردن در هوا
A	حرارت در دمای 1000°C به مدت یک ساعت + کوئنچ در مخلوط آب و یخ یخ + حرارت در دمای 700°C به مدت یک ساعت + کوئنچ در آب و یخ

یافته ها

نتایج آزمایش DSC در شکل ۱ دیده می شود. جدول ۲ نیز دماهای استحاله مارتنزیت به آستنیت در حین گرم کردن و استحاله آستنیت به مارتنزیت را حین سرد کردن نمونه های نیکل تیتانیوم که از شکل ۱ به دست آورده شده است را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود دمای پایان انجام استحاله مارتنزیت به آستنیت (Af) برای هر دو نمونه نزدیک به 25°C می باشد. بنابراین در دمای بالای 25°C هر دو نمونه شامل فاز آستنیتی می باشند.



الف



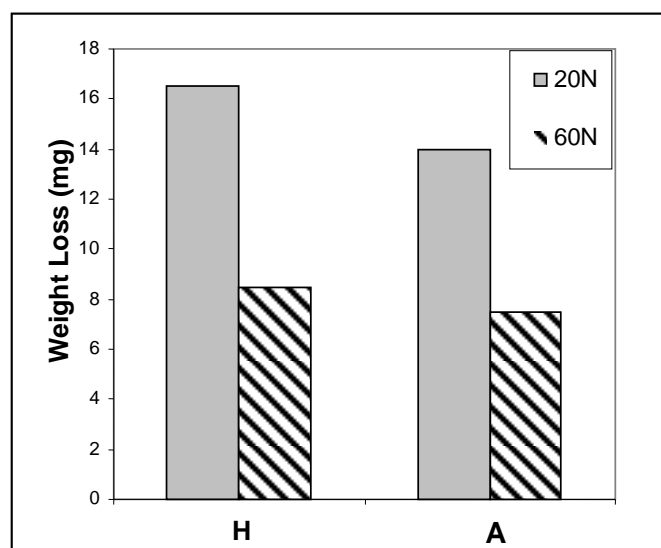
ب

شکل ۱: نتایج آزمایش DSC نمونه H (الف) و A (ب).

جدول ۲: دماهای آغاز و پایان استحاله های فازی.

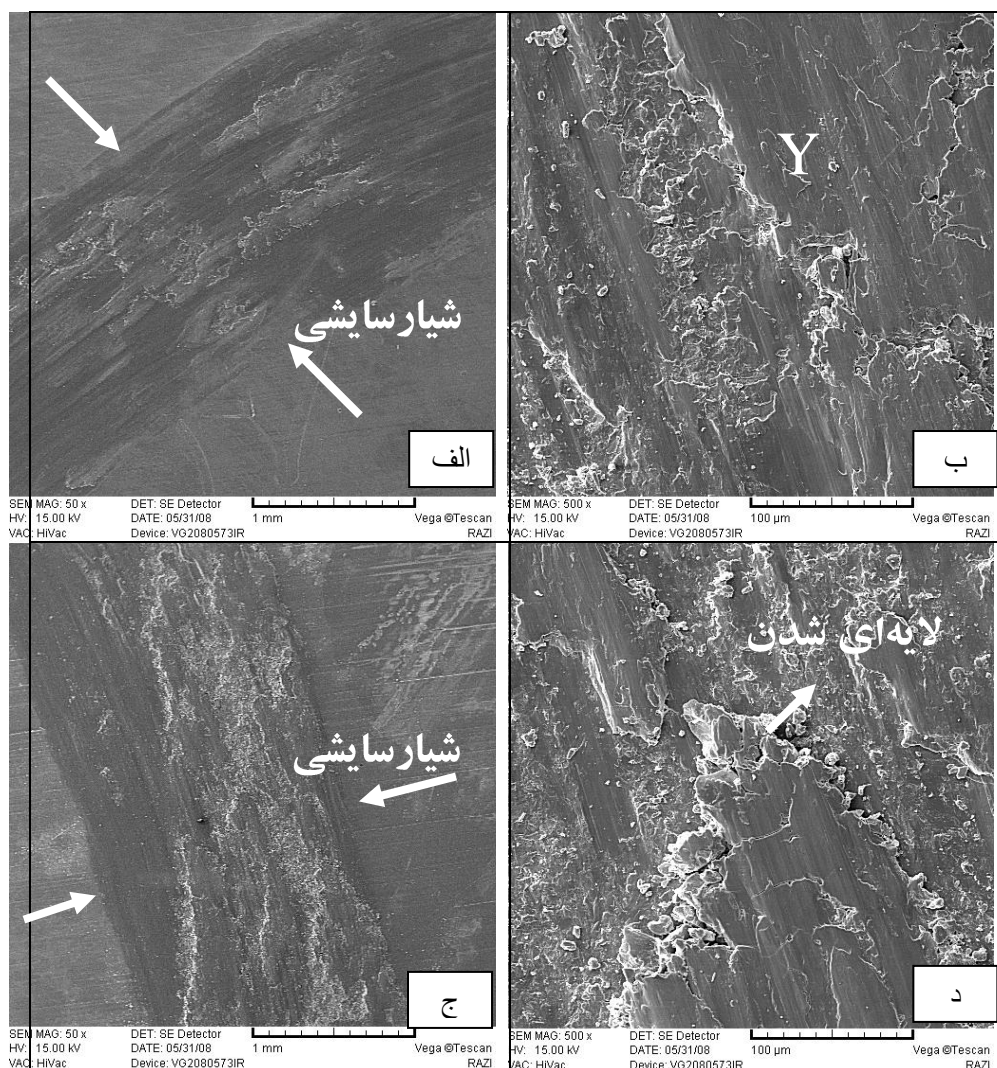
	H	A
As(°C)	-۳/۸۴	-۰/۹۲
Af(°C)	۲۵/۷۱	۲۳/۵۷
Ms(°C)	۵/۳۱	۴/۶۶
Mf(°C)	-۳۴/۶۹	-۲۲/۳۸

نتایج کاهش وزن نمونه‌های سایش در دو بار مختلف در شکل ۲ دیده می‌شود. مشاهده می‌شود که با سه برابر شدن بار اعمالی، وزن از دست رفته نه تنها در نمونه های همگن شده (H) و پیرسازی شده (A) افزایش نیافته است، بلکه حدود ۵۰ درصد نیز کاهش یافته است.

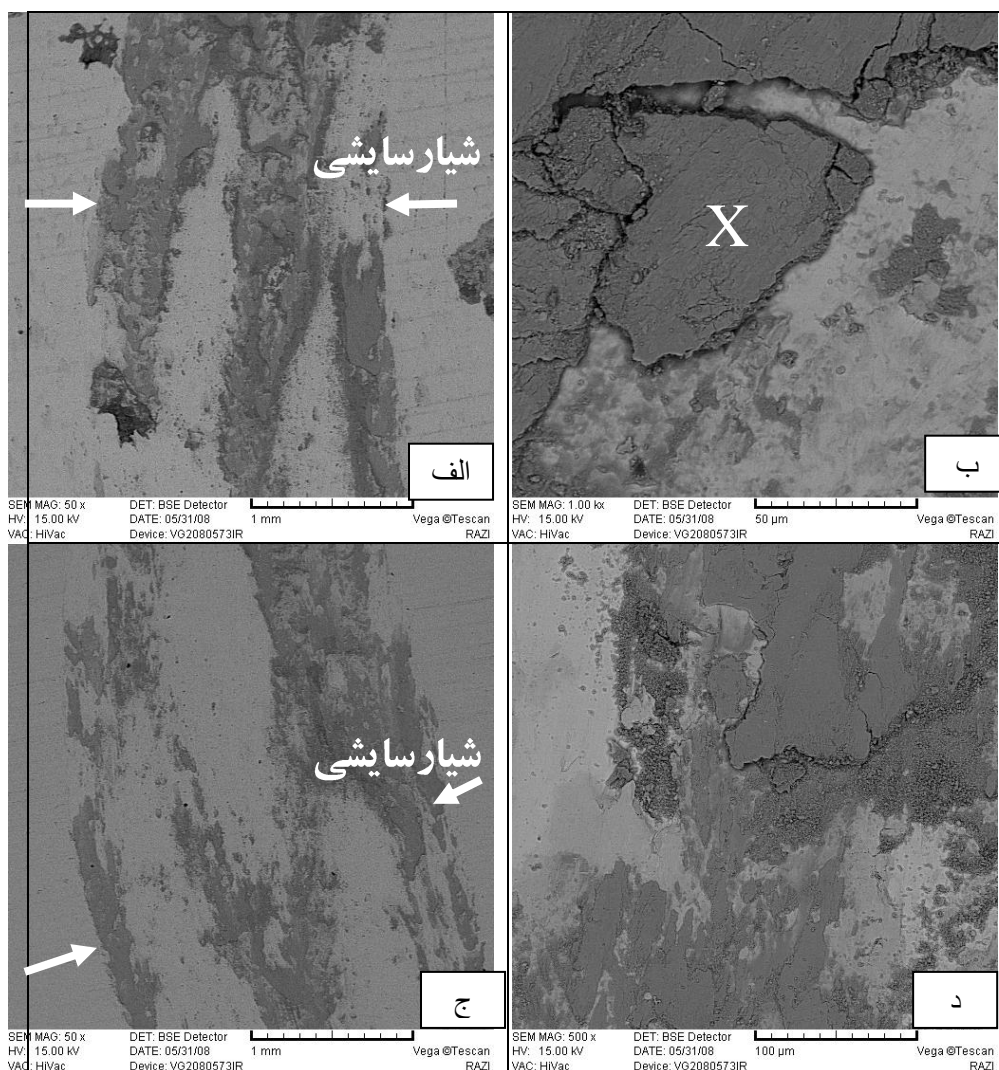


شکل ۲: مقدار کاهش وزن نمونه‌های سایش H (همگن شده) و A (پیرسازی شده) پس از طی مسافت لغزش ۱۰۰۰ m، سرعت ۰/۳ m/s تحت بارهای ۲۰ و ۶۰N.

تصاویر سطح سایش نمونه های H و A در بار اعمالی ۲۰ N در شکل ۳ ارائه شده است. بر روی سطح ترک‌های سایشی دیده می‌شود و در بیشتر قسمت‌ها مکانیزم لایه‌ای شدن را نشان می‌دهد. آنالیز شیمیایی از نقطه Y در سطح نمونه H (شکل ۳ ب) تحت بار ۲۰ N در جدول ۳ ارائه شده است که نشان‌دهنده وجود مقدار زیاد نیکل و تیتانیوم و مقدار ناچیز آهن می‌باشد. تصاویر سطح سایش در بار ۶۰ N در شکل ۴ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که در تصویر الکترون‌های برگشتی لکه‌های تیره‌تر از زمینه نشان دهنده وجود یک فاز با عدد اتمی پایین‌تر نسبت به زمینه است. آنالیز شیمیایی در جدول ۳ از نقطه X (شکل ۴ ب) وجود یک لایه تریبولوژیکی اکسیدی غنی از آهن و نیکل را نشان می‌دهد.



شکل ۳: تصویر میکروسکپ الکترونی سطح سایش نمونه H (الف و ب) و A (ج و د) در دو بزرگنمایی مختلف پس از سایش به مسافت لغزش ۱۰۰۰ m، سرعت ۰/۳ m/s، تحت بار ۲۰N.

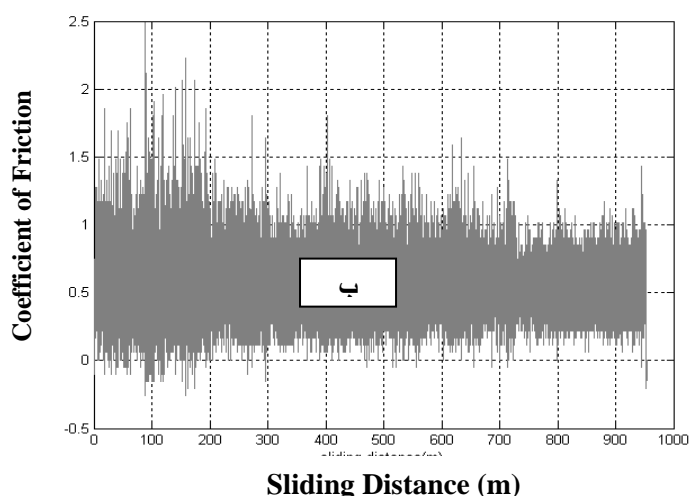
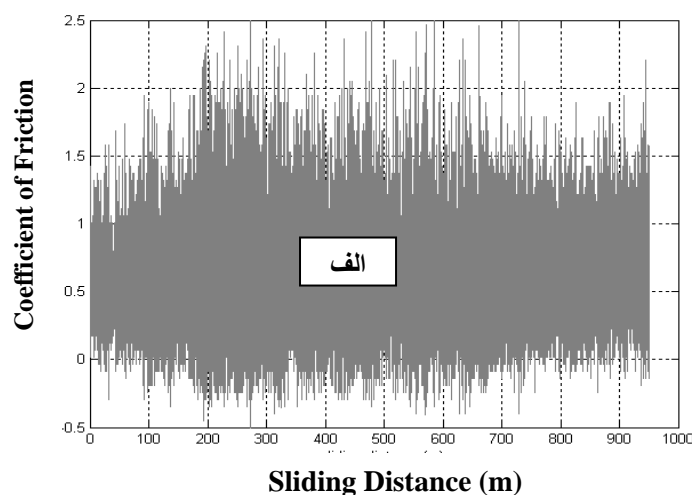


شکل ۴: تصویر میکروسکپ الکترونی سطح سایش نمونه H (الف و ب) و A (ج و د) در دو بزرگنمایی مختلف پس از سایش به مسافت لغزش ۱۰۰۰ m، سرعت ۰/۳ m/s تحت بار ۶۰N.

جدول ۳: نتیجه آنالیز EDS از نقطه Y (شکل ۳ ب) و X (شکل ۴ ب) سطح نمونه H

ترکیب شیمیایی (wt %)				
	Ni	Ti	Fe	O
X	۳۸/۷۴	۱,۲۸	۲۷,۱۶	۶/۰۹
Y	۴۶/۳۱	۴۸/۳۲	۰/۴۶	.

شکل ۵ تغییرات ضریب اصطکاک را برای نمونه H در بارهای ۲۰ و ۶۰N نشان می‌دهد. همانطور که دیده می‌شود، دامنه ضریب اصطکاک برای نمونه تست شده در بار ۲۰N بیشتر از نمونه تست شده در بار ۶۰N می‌باشد. همچنین مقدار ضریب اصطکاک متوسط با افزایش بار از ۲۰N به ۶۰N، از مقدار ۰/۶ به ۰/۵۳ کاهش یافته است.



شکل ۵ : تغییرات ضریب اصطکاک نمونه H بر حسب مسافت لغزش در بارهای (الف) ۲۰ N و (ب) ۶۰N.

بحث

بیشترین خاصیت سوپرالاستیک آلیاژهای نیکل - تیتانیوم، در بالای دمای A_f مشاهده شده است [۳]. بنابراین در نمونه‌های مورد آزمایش در دمای محیط و کمی بالاتر از آن، خواص سوپرالاستیک می‌تواند

بر رفتار سایشی تاثیر گذار باشد. شبیه سازی دمای سطح با استفاده از نرم افزار Ansys، در دو بار 20 N و 60 N نشان می دهد که دمای حالت پایدار سطح سایش در بار 20 N به حدود 50°C و در بار 60 N حدود 130°C می رسد. با توجه به نتایج بدست آمده، انتظار می رود که خاصیت سوپرالاستیک در نمونه هایی که در بار 20 N تست شده اند به دلیل اینکه دمای سطح سایش آنها در محدوده سوپرالاستیک قرار دارد مقاومت به سایش بسیار بهتری داشته باشد. سطح تماس پین با دیسک تحت نیروی 20 N فلزی بوده که باعث افزایش چسبندگی، اصطکاک و سایش می گردد. این در حالی است که در بار 60 N ، دمای سطح سایش بسیار بالا رفته و احتمال واقع شدن در محدوده سوپرالاستیک کاهش می یابد. اما همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود، با افزایش بار نه تنها مقدار سایش بیشتر نشده است بلکه حدود ۵۰ درصد کاهش یافته است. این در حالی است که در حالت معمول انتظار می رود با افزایش بار به دلیل افزایش مقدار تغییر شکل پلاستیک و سطح تماس مقدار سایش بالا رود.

بررسی انجام شده توسط Clayton [۵] نشان می دهد که آلیاژهای نیکل تیتانیوم قابلیت کارسختی بالایی را از خود نشان می دهند، و یکی از عوامل مقاومت سایشی خوب این آلیاژها، قابلیت کارسختی بالای آنها می باشد. تحت نیروهایی که بصورت سیکلی بر روی دیسک سایشی توسط پین وارد می شود، کارسختی بالایی به دلیل وجود رسوبات مختلف می تواند در مناطق سایشی ایجاد گردد که باعث افزایش سختی و بهبود مقاومت به سایش می شود. تحت بار 60 N به دلیل افزایش دما و اکسیداسیون سطحی لایه های تریبولژیکی اکسیدی بیشتری بر روی سطح تماس ایجاد شده است. این لایه ها به عنوان روانکار جامد عمل کرده و سطح تماس فلز با فلز را کاهش داده و باعث کاهش میزان سایش می شود. دامنه تغییرات و میانگین ضریب اصطکاک بالاتر نمونه H تحت نیروی 20 N نسبت به 60 N نشان دهنده تماس فلز با فلز و نبود لایه های اکسیدی بر روی سطح نمونه H تحت نیروی 20 N است. زیر لایه NiTi با کارسختی بالاتر در 60 N می تواند لایه های تریبولژیکی و یا اکسیدی بوجود آمده بر روی سطح را بهتر تحمل کرده و بنابراین از تماس پین فلزی و سطح NiTi جلوگیری کند. این می تواند سایش نمونه ها را تحت نیروی 60 N کاهش دهد.

نتیجه گیری

۱. انجام دو عملیات حرارتی همگن سازی در دمای 1000°C و پیرسازی در دمای 700°C موجب ایجاد فاز آستنیتی در دمای بالاتر از 25°C شده است.
۲. برای هر دو نمونه همگن سازی شده و پیرسازی شده در بار 60 N لایه های اکسیدی بر روی سطح تشکیل شده و موجب کاهش سایش در مقایسه با بار 20 N شده است.

۳. بر روی سطح سایش تحت نیروی $20N$ عاری از اکسید بوده که باعث تماس فلز با فلز و افزایش چسبندگی، اصطکاک و سایش شده است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله لازم می‌دانند از حمایت‌های مرکز تحقیقات مواد پیشرفته فلزی وابسته به وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح در انجام تحقیق حاضر قدردانی نمایند.

مراجع

1. L.G. Machado and M.A. Savi, 'Medical Applications of Shape Memory Alloys', Brazilian Journal of Medical and Biological Research, 36, 2003, 683-691.
2. T. Duerig, A. Pelton and D. Stookey, 'An Overview of Nitinol Medical Applications', Materials Science and Engineering, A273-275, 1999, 149-160.
3. K.Otsuka and X.Ren, 'Physical Metallurgy of Ti-Ni Based Shape Memory Alloys', Progress in Materials Science, 50, 2005, 511-678.
4. D.Y. Li, 'A New Type of Wear-Resistant Material: Pseudo-Elastic TiNi Alloy', Wear, 221, 1998, 116-123.
5. P. Clayton, 'Tribological Behavior of A Titanium-Nickel Alloy', Wear, 162-164, 1993, 202-210.
6. D.Y. Li and Rong Liu, 'The Mechanism Responsible For High Wear Resistance of Pseudo-Elastic TiNi Alloy a Novel Tribo-Material', Wear, 225-229, 1999, 777-783.
7. Y.N. Liang, S.Z. Li, Y.B. Jin, W. Jin and S. Li, 'Wear Behavior of a TiNi Alloy', Wear, 198, 1996, 236-241.
8. Y. Shida and Y. Sugimoto, 'Water Jet Erosion Behaviour of Ti-Ni Binary Alloys', Wear, 146, 1991, 219.
9. R.H. Richman, A.S. Rao and D.E. Hodgson, 'Cavitation Erosion of 2 NiTi Alloys', Wear, 157, 1992, 401.
10. J. Singh and T.T. Alpas, 'Dry Sliding Wear Mechanisms in a $Ti_{50}Ni_{47}Fe_3$ ', Wear, 181-183, 1995, 302.
11. M. Arciniegas, J. Casals, J.M. Manero, J. Pena and F.J. Gil, 'Study Of Hardness And Wear Behaviour of NiTi Shape Memory Alloys', Journal of Alloys and Compounds, 2007.
12. Linmao Qian, Zhongrong Zhou and Qingping Sun, 'The Role of Phase Transition in the Fretting Behavior of NiTi Shape Memory Alloy', Wear, 259, 2005, 309-318.

www.iran-mavad.com

13. Wangyang Ni, and David S. Grummon, 'Nanoindentation and Wear Behavior of Nickel-Titanium Alloys and Thin Films', Mat. Res. Soc. Symp. Proc. . 2002, 697.
14. Linmao Qiana and Xudong Xiaob, 'Anomalous Relationship Between Hardness and Wear Properties of a Superelastic Nickel-Titanium Alloy', Applied Physics Letters 84, 2004, 244.
15. D.Y. Li, 'Wear Behavior of NiTi Shape Memory Alloys', Scripta Mater, 34, 1996, 195.

Tribological Behavior of homogenized and aged Ti-55.5wt%Ni Alloy

R. Aliasgarian¹, reza_2002az@yahoo.com
H.M. Ghasemi², hghasemi@ut.ac.ir
S.M.M. Hadavi³

Abstract

In this research, the effect of homogenizing and aging on the tribological behavior of the Ti-55.5wt%Ni alloy was investigated. The alloy was homogenized at 1000°C. The aging carried out at a temperature of 700°C for one hour after solution annealing at 1000°C and then were quenched in ice- water. Wear tests were performed on a pin-on-disk tribometer under dry sliding condition. The results showed that as the load was increased from 20 to 60 N the wear was decreased by about 50%. Scanning electron micrographs of the worn surfaces indicated a compact oxide layer was formed on the surface under higher loads which led to a decrease in wear.

Keywords: superelasticity, oxide layers, wear, DSC

¹ MS student, School of Metallurgy and Materials Engineering, University of Tehran,

² Associate professor, School of Metallurgy and Materials Engineering, University of Tehran

³ Associate professor, Materials Engineering Department, Malek-Ashtar University of Technology, Tehran, Iran