

مقایسه رفتار تریبولوژیکی رینگ‌های آب‌بند مکانیکی TiC-NiAl و SiC در محیط پمپ آب

محمد باقر رهائی^۱، سید خطیب الاسلام صدرنژاد^۲، علی شفیعی^۳،
اسکندر کشاورز^۴، تورج عبادزاده^۵، محمد رضا رحیمی پور^۵، مجتبی خلقی^۳

چکیده:

با توجه به اهمیت آب‌بندهای مکانیکی در حفاظت از نشت محصول در صنایع انتقال سیال مجهز به شافت در حال گردش (مانند پمپ‌ها، همزن‌ها، موتور خودرو، توربین‌ها و ...)، در این پژوهش سعی شد تا رینگ‌های آب‌بند مکانیکی به روش سنتز احتراقی با توجه به سادگی و هزینه کم این روش استفاده شود. بنابراین رفتار روانکاری و سایش کامپوزیت TiC-NiAl تولید شده به روش سنتز احتراقی با SiC سینتر شده در آزمون پین روی دیسک در مقابل فولاد ۵۲۱۰۰ و تست دوام در پمپ آب مقایسه شد. مشاهدات میکروساختار با میکروسکوپ الکترونی مجهز به آنالیز عنصری و فازهای تشکیل شده با پراش پرتو ایکس مشخص شد. آزمونهای سایش و تست دوام در پمپ نشان دادند که کامپوزیت TiC-NiAl دارای ضریب اصطکاک و میزان کاهش وزن مشابه SiC، در آزمون سایش و تست دوام در پمپ دارد. بررسی سطوح سایش پس از کار در پمپ نشان داد که مکانیزم های سایش چسبان، خراشان و تریوشیمیایی (اکسیداسیون) در نمونه های TiC-NiAl و SiC وجود دارد.

واژه های کلیدی: رینگ آب‌بند مکانیکی، سنتز احتراقی، کامپوزیت TiC-NiAl، آزمون سایش، تست دوام در پمپ

M.B.Rahaei@gmail.com E-mail:

^۱ دانشجوی دکتری مهندسی مواد، پژوهشگاه مواد و انرژی

^۲ استاد، دانشگاه صنعتی شریف

^۳ استادیار؛ کارشناس ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان

^۴ دانشیار، دانشگاه صنعتی امیرکبیر و پژوهشگاه مواد و انرژی

^۵ دانشیار، استادیار، پژوهشگاه مواد و انرژی

مقدمه

در دو دهه اخیر استفاده از مواد سرامیکی برای کاربردهای تریبولوژیکی افزایش یافته است. این اساساً به علت خصوصیات خاص سرامیک ها مانند چگالی کم، مقاومت به خوردگی بالا، انبساط حرارتی کم و سختی بالا در محدوده وسیعی از دما است. در این گروه کاربرد سیلیسیم سختی بالا، استحکام نسبی بالا، نقطه ذوب بالا و نسبت استحکام به چگالی بالا دارد، که مقاومت بالا به سایش و خراش را نتیجه می دهد [۱]. ترکیبات بین فلزی خصوصیات دارند که آنها را برای کاربردهای صنعتی بسیار جذاب می سازد. $NiAl$ و Ni_3Al پتانسیل بالا در کاربردهای دما بالا مانند توربین های گازی، فیکسچرهای عملیات حرارتی و پوشش های مقاوم به خوردگی دارند. $NiAl$ نسبت به Ni_3Al برای کاربردهای دما بالا مناسب تر می باشد. ساختار استفاده شده از $NiAl$ ، انعطاف پذیری کم، چقرمگی شکست ضعیف و استحکام ناکافی در دمای بالا دارد. بنابراین بیشتر تلاشها بر این است تا خواص $NiAl$ را بوسیله فاز تقویت کننده شامل TiC ، Al_2O_3 و TiB_2 بهبود بخشند. کاربرد تیتانیم تکفاز ترد است ولی فلزاتی مانند Co ، Ni و Fe همانند فاز ثانویه داکتیل، تافنس شکست را بهبود می بخشند. اضافه کردن ترکیب بین فلزی $NiAl$ به فاز TiC ، خصوصیات مکانیکی خوب را نتیجه می دهد [۲ و ۳]. سینترینگ فاز مذاب و نفوذ مذاب دو تکنیک متداول در تولید این مواد است [۴]. سنتز احتراقی دما بالا نیز در سیستم چهارتایی $Ti-C-Ni-Al$ به منظور به دست آوردن کامپوزیت $TiC-NiAl$ استفاده می شود. مزیت روش سنتز احتراقی شامل ملزومات انرژی کم، سادگی نسبی فرایند و تجهیزات، خلوص بالای محصولات و قیمت کم است [۵]. یکی از مهمترین قطعاتی که در سالهای گذشته تحقیقات وسیعی را به خود اختصاص داده است، واشرهای مصرفی در آب بندهای مکانیکی پمپ ها است. کاربرد سیلیسیم از جمله ترکیبات کاربردی مهم است که در پمپ ها به عنوان واشر آب بند مکانیکی (قسمت سطوح سخت) به کار برده می شود. یکی از روشهای مهم تولید آن روش سینترینگ است، که روشی پر هزینه و زمان بر می باشد [۶]. با توجه به اهمیت آب بندهای مکانیکی در حفاظت از نشت محصول در صنایع انتقال سیال مجهز به شافت در حال گردش (مانند پمپ ها، همزن ها، موتور خودرو، توربین ها و ...) از اهمیت بالایی برخوردارند. در این پژوهش سعی شد تا رینگ های آب بند مکانیکی به روش سنتز احتراقی تولید شود. بنابراین با توجه به مقاوم به سایش بودن کامپوزیت $TiC-NiAl$ ، رفتار تریبولوژیکی کامپوزیت $TiC-NiAl$ تولید شده به روش سنتز احتراقی با SiC سینتر شده در آزمون سایش (پین روی دیسک) و تست دوام در پمپ آب برای جایگزینی این ترکیب در پمپ مقایسه شد.

مواد و روش تحقیق

ابتدا نمونه TiC-NiAl به روش سنتز احتراقی مشابه نتایج کار دیگر محققین تهیه شد، که در کار قبلی فرایند ساخت ذکر شده است [4]. برای اندازه گیری ضریب اصطکاک و عمر سایشی آزمون پین روی دیسک برای شبیه سازی کار آب بند مکانیکی بر روی نمونه های SiC سینتر شده و TiC-NiAl تولید شده به روش سنتز احتراقی انجام گرفت. به این منظور واشر آب بند مکانیکی به قطر ۳ cm و ضخامت ۰/۵ cm تهیه و آزمون سایش بر روی آن انجام شد. زبری سطح نمونه ها در حدود ۲۰ μm به دست آمد. شرایط آزمون در جدول ۱ آمده است.

جدول (۱) شرایط آزمون پین روی دیسک.

سرعت خطی (m/s)	نیروی عمودی (kg)	رطوبت نسبی	محیط	دما	قطر پین	سختی پین	نوع پین
۰/۰۸	۲۸ و ۲۴، ۲۰	٪ ۳۵	خشک	۲۳ °C	۰/۵ cm	۶۴RC	فولاد رول برینگ

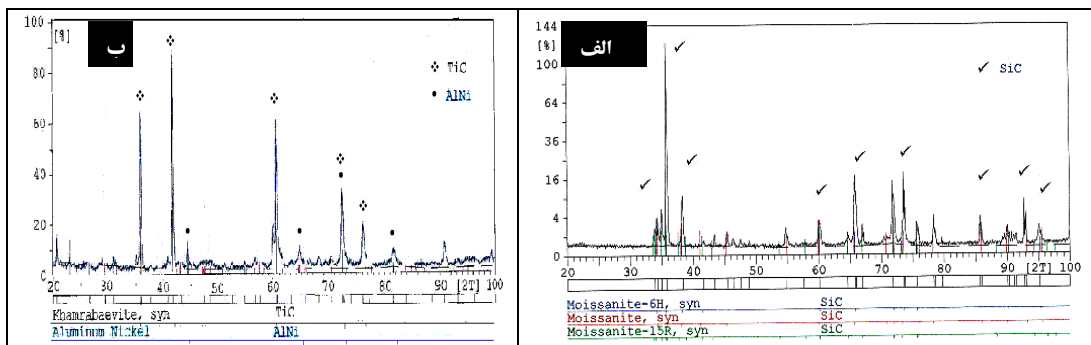
در شکل ۱ واشرهای SiC و TiC-NiAl نشان داده شده است. آنالیز عنصری نمونه ها با استفاده از تکنیک EDS، ساختار تریبولوژیکی سطح نمونه ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی (SEM مدل XL3) ساخت کمپانی (PHILIPS) مورد مطالعه قرار گرفت. مطالعات فاز شناسی توسط دستگاه پراش پرتو ایکس مدل Philips Xpert-MPD، مجهز به نرم افزار فاز یابی انجام شد. ماکرو سختی در مقیاس RA و میکروسختی در مقیاس ویکرز برای نمونه ها به دست آمد.



شکل (۱) الف) نمونه واشرهای SiC و TiC-NiAl.

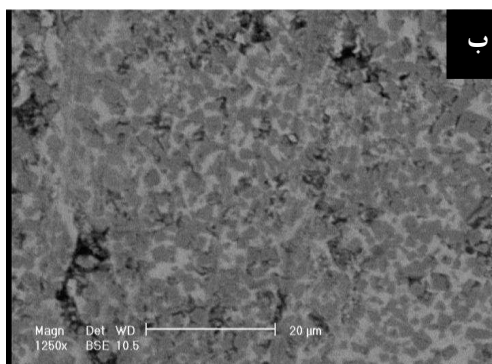
نتایج و بحث

آنالیز تفرق اشعه ایکس (شکل ۲)، تصاویر SEM (شکل ۳) و آنالیز EDS در شکل ۴ برای نمونه های SiC و TiC-NiAl آمده است. نتایج در نمونه SiC، فاز اصلی SiC و در نمونه TiC-NiAl فازهای TiC و NiAl را نشان می دهد.

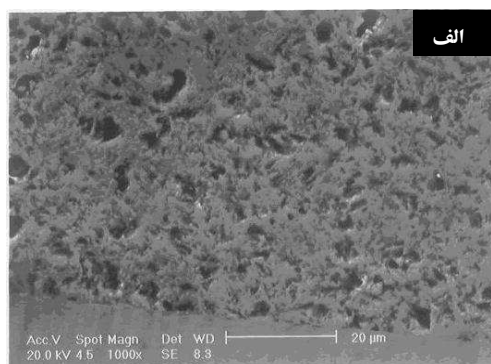


شکل (۲) آنالیز تفرق اشعه ایکس در نمونه های الف) و اشتر آب بند مکانیکی SiC. و اشتر TiC-NiAl. ب)

همچنین تخلخلهای سطحی در نمونه ها در تصاویر SEM (شکل ۳) به وضوح مشخص است. لازم به یاد آوری است تخلخلهای سطحی در آببندهای مکانیکی باعث به دام انداختن سیال بین سطوح و روانکارتر شدن سطوح لغزشی در حال حرکت در پمپ می شوند.

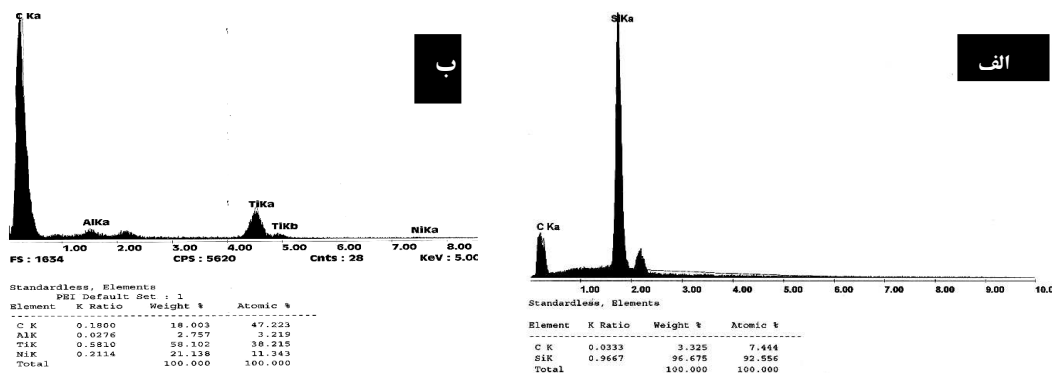


ب) نمونه TiC-NiAl.



شکل (۳) تصاویر SEM الف) نمونه SiC.

لازم به ذکر است به دلیل حساسیت کم آنالیز EDS به عناصر سبک، در این روش درصد اتمی عناصر سبک مانند کربن را ناچیز نشان می دهد (شکل ۴) [۷].



شکل (۴) آنالیز EDS در نمونه های الف) و اشتر آب بند مکانیکی SiC. ب) در نمونه و اشتر TiC-NiAl.

محدوده ضریب اصطکاک در بارهای مختلف در جدول ۲ آمده است. نتایج نشان می دهد که ضریب اصطکاک در نمونه TiC-NiAl (۰/۴۳-۰/۳۵) نزدیک به SiC خصوصاً در نیروی اعمالی کم (200 N) است. از این رو مقدار روانکاری نمونه TiC-NiAl در حد قابل قبول با نمونه SiC برای کار در پمپ است. دلیل انتخاب این بارها برای آزمون سایش تغییر سریع در افزایش ضریب اصطکاک در یک بار بحرانی در ترکیبات است، که این تغییر سریع برای افزایش سایش (کاهش وزن) نمونه نیز صحیح است و کاربرد دارد [۷]. این تغییر سریع در بار 200 N برای نمونه ها به دست آمد.

جدول (۲) محدوده ضریب اصطکاک برای ترکیبات TiC-NiAl و SiC

280 N	240 N	200 N	ترکیبات
۰/۲۸-۰/۱۶	۰/۳۵-۰/۲	۰/۴۱-۰/۳۵	SiC
۰/۴۸-۰/۳۳	۰/۴-۰/۴۵	۰/۴۳-۰/۳۵	TiC-NiAl

هنگامی که سطح ماده به طور کامل در حلاء تمیز شده باشد و کاملاً صاف و بدون هیچگونه پستی و بلندی در حد میکروسکوپی باشد، نیروی برشی سبب افزایش پلاستیسیته در محل اتصال شده و ضریب اصطکاک به طور ناگهانی افزایش می یابد. در واقع میزان اتصالات دو سطح افزایش یافته است. اما وجود یک فیلم اکسیدی بر روی سطح آن می تواند شدیداً سبب کاهش اصطکاک نسبت به حالت قبل گردد [۸]. به طور کلی می توان گفت که نقش اصلی در کاهش سایش و اصطکاک را لایه های اکسیدی روانکار ایفا می کنند. اگر بار اعمالی کم باشد و اکسیداسیون خودبخود طبیعی از فلز انجام شود، سرعت سایش نسبتاً کم خواهد شد. در واقع سایش منجر به کاهش استحکام برشی از سطح اکسید- فلز می شود و اکسید مانند یک روانکار عمل می کند، که باعث کاهش ضریب اصطکاک و ایجاد سایش متوسط می شود [۷ و ۹]. در بین فازهای TiC و SiC بیشترین مقاومت به اکسیداسیون مربوط به فاز SiC می باشد. واکنش های اکسیداسیون برای این فازها و برای عناصر Ni و Al در جدول ۳ آمده است.

جدول (۳) واکنش های اکسیداسیون برای فازها و عناصر در نمونه ها.

واکنشهای اکسیداسیون	ΔG_{f298} (Kj)
$SiC + 2O_2 \rightarrow SiO_2 + CO_2$	-589
$SiC + 3/2O_2 \rightarrow SiO_2 + CO$	-614
$TiC + 2O_2 \rightarrow TiO_2(Rutil) + CO_2$	-551
$TiC + 3/2O_2 \rightarrow TiO_2(Rutil) + CO$	-564
$2TiC + 5/2O_2 \rightarrow Ti_2O_3 + CO$	-539
$3TiC + 4O_2 \rightarrow Ti_3O_5$	-547
$4TiC + 11/2O_2 \rightarrow Ti_4O_7 + 4CO$	-553
$Ti + O_2 \rightarrow TiO_2$	-860
$Ni + 1/2 O_2 \rightarrow NiO$	-230
$2Al + 3/2 O_2 \rightarrow Al_2O_3$	-1689

مقدار انرژی آزاد مربوط به یک مول است.

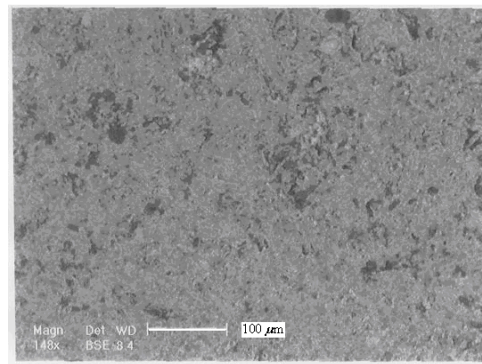
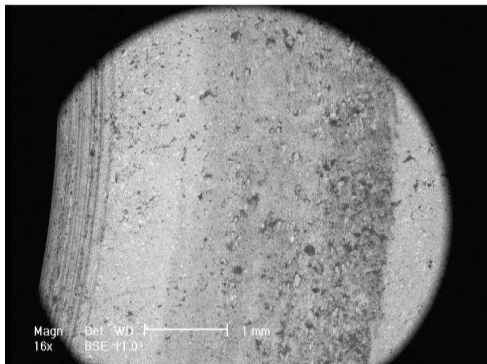
این عناصر یا فازها می توانند مقاومت به اکسیداسیون عالی داشته باشند یا تشکیل لایه اکسیدی پایدار دهند، از این رو قابلیت کاربرد در شرایط مختلف را دارند [۷ و ۱۰]. کاهش وزن نمونه های SiC و TiC-NiAl در آزمون سایش در بار ۲۴ کیلوگرم و مسافت ۱۰۰۰ متر و همچنین مدت ۲۸ روز در پمپ تحت فشار 5atm از سیال آب سخت به دست آمده است (جدول ۴).

جدول (۴) کاهش وزن نمونه ها در آزمون سایش و در پمپ.

نمونه	کاهش وزن در آزمون سایش تحت نیروی ۲۴۰ نیوتن و مسافت ۱۰۰۰ متر	کاهش وزن در آزمون دوام در پمپ با سیال آب سخت و فشار 5atm
SiC	1.7 m gr	0.0798 gr
TiC-NiAl	2.1 m gr	0.0836 gr

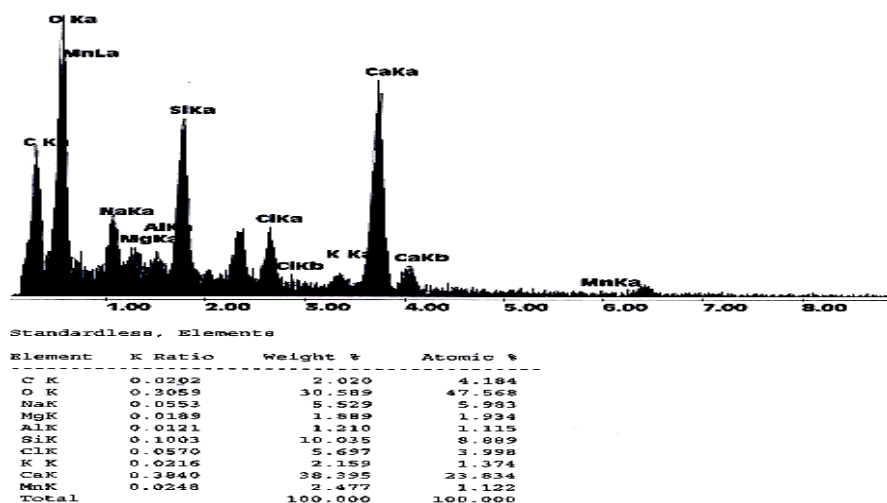
با توجه به جدول ۴، کاهش وزن در نمونه TiC-NiAl کم و مشابه SiC است. بنابراین عمر سایشی نمونه TiC-NiAl در حد قابل قبول با نمونه SiC است.

به منظور ارزیابی مکانیزم سایش برای نمونه ها در آزمون دوام در پمپ تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی، آنالیز عنصری از سطوح سایش نشان داده شده اند. در شکل ۵ تصاویر SEM از سطوح سایش، و در شکل ۶ آنالیز EDS برای نمونه SiC پس از کار در پمپ ارائه شده است.



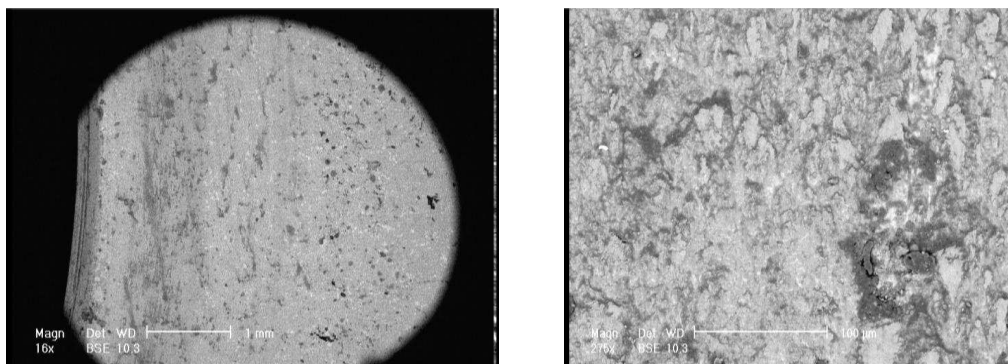
شکل (۵) تصاویر از SEM سطوح سایش نمونه SiC پس از کار در پمپ در بزرگنمایی های مختلف.

همانطور که تصاویر SEM نشان می دهد چسبندگی ذرات سایش (سایش چسبان)، ایجاد ذرات سایش اکسیدی (سایش تریوشیمی) و ایفا کردن نقش پودر ساینده توسط ذرات سایش اکسیدی را می توانیم داشته باشیم. آنالیز EDS علاوه بر عناصر سیلیسیم و کربن، عناصر کلسیم، منگنز، اکسیژن و ... که ترکیبات موجود در آب سخت در پمپ هستند، را روی سطح نمونه SiC پس از کار در پمپ نشان داد.



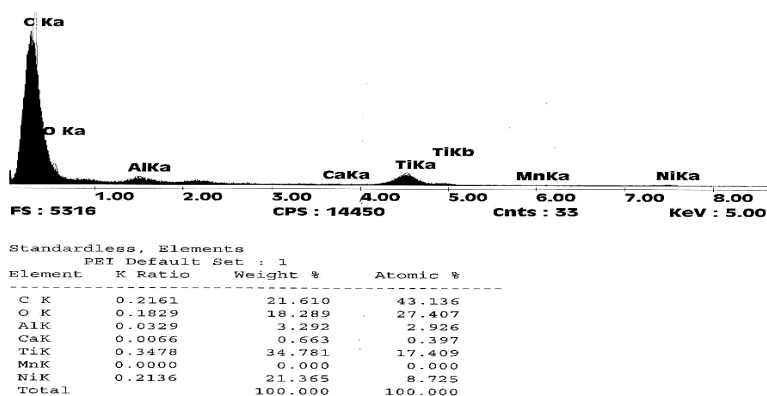
شکل (۶) آنالیز EDS سطح سایش نمونه SiC پس از آزمون دوام در پمپ.

در طی فرایند سایش لایه اکسیدی ایجاد شده پایداری مناسب را ندارد و پس از مدتی از سطح جدا می شود و به همین ترتیب جدا شدن و چسبیدن ذرات به سطح نمونه تکرار می شود. از این رو با توجه به نتایج فوق در نمونه SiC در آزمون دوام در پمپ، سایش های خراشان، چسبان و تریوشیمیایی مکانیزم های غالب هستند و با نتایج دیگر محققین تشابه دارد [۷، ۹ و ۱۱]. در آب بند های مکانیکی SiC، سطح سرامیک توسط یک لایه سیلیکا حفاظت می شود. محاسبات ترمودینامیکی از دیاگرام فاز با فصل مشترک نشان می دهد که آب با SiC در حضور اکسیژن واکنش نمی دهد. از آنجایی که آب اشباع از اکسیژن است، واکنش $SiC + 2O_2 \rightarrow SiO_2 + CO_2$ بیشتر تمایل به رخ دادن دارد. سپس سیلیکا (SiO_2) داخل آب حل می شود و یا هیدراته به $SiO_2 \cdot x H_2O$ آمورف شده و از فصل مشترک جدا می شود. به هر حال سایش خراشان و تشکیل اکسید سیلیکون هیدراته همانند محصولات واکنشی روی سطح و همانند ذرات سایش را بر روی سطوح لغزشی SiC داریم. در کل می توان چنین گفت که مکانیزم سایش یا اکسیداسیون سطحی انجام می شود. برای SiO_2 امکان واکنش حل سازی $SiO_2 + 2H_2O \rightarrow Si(OH)_4$ نیز انتظار می رود. برای واشر های آب بند مکانیکی تک فاز، مانند SiC یا Si_3N_4 کاهش اصطکاک در اثر وجود بخار آب یا آب است، زیرا تشکیل لایه سیلیکات هیدراته داده که خاصیت روانکاری دارد [۹]. شکل ۷ تصاویر SEM از سطح سایش و در شکل ۸ آنالیز EDS برای نمونه TiC-NiAl پس از آزمون دوام در پمپ ارائه شده است. در تصاویر میکروسکوپی اثر وجود پوسته اکسیدی، چسبندگی آن به سطح و جدا شدن پوسته اکسیدی (کندگی) مشهود است.



شکل (۷) تصاویر SEM از سطح نمونه TiC-NiAl پس از کار در پمپ در بزرگنمایی های مختلف.

همچنین آنالیز EDS علاوه بر عناصر ترکیب TiC-NiAl بر روی سطح سایش، عناصر کلسیم، اکسیژن و ... که ترکیبات موجود در آب سخت در پمپ هستند، را روی سطح نمونه TiC-NiAl پس از کار در پمپ نشان داد.



شکل (۸) آنالیز EDS سطح سایش در نمونه TiC-NiAl پس از آزمون دوام در پمپ.

در سطوح لغزشی اکسید محافظ همانند روانکار عمل می کند و سرعت سایش را کاهش می دهد. با توجه به نتایج بالا و توضیحات قبلی، در نمونه TiC-NiAl سایش های چسبان، خراشان و تریبوشیمیایی مکانیزم های غالب است. تاثیر تشکیل اکسید تیتانیم در هوا مشابه تاثیر حضور آب است. کاهش اصطکاک اساساً به دلیل تشکیل لایه اکسید تیتانیم پایدار در آب توسط واکنش $Ti + O_2 \rightarrow TiO_2$ است، که چسبندگی خوب به سطح قطعه دارد. TiO_2 در آب حل نمی شود و اکسیدها ممکن است بوسیله ارتباط با مقدار معینی از مولکولهای آب هیدراته شوند، که تشکیل ژل می دهند. روی سطح TiO_2 ترکیبی مثل $TiO_2 \cdot xH_2O$ می تواند تشکیل می شود. از آنجایی که اکسید تیتانیم جزئی نامحلول در آب است و محصولات واکنش هیدراته شدن محلول در آب نیستند، بنابراین امکان دارد که در محیط آبی

حفاظت سایشی افزایش یابد [۹ و ۱۲]. به طور کلی می توان گفت که مکانیزم های سایش شامل خراشان، چسبان، تریبوشیمیایی و خوردگی سایشی می باشند که باعث کاهش عمر آب بندهای مکانیکی می شوند. موقعی که دو قطعه واشر آب بند در تماس با یکدیگر هستند، حرکت نوسانی با دامنه کم بین آنها برقرار می شود. در این حال عمل مکانیکی، فیلم اکسیدی سطح را شکسته و ذرات سایشی اکسیدی حاصل می گردد که این امر بطور متناوب اتفاق می افتد سپس ذرات سایش بوسیله مکانیزم های سایشی چون خراشان، چسبان، ورقه ای و غیره بوجود آمده و با تشکیل جسم سوم، سایش خراشان سه جسمی بوجود می آید. همچنین عوامل خورنده، ذرات ناخالصی و... باعث خوردگی سایشی می شوند. در آب بندهای مکانیکی دلیل کاهش میزان خوردگی تشکیل لایه محافظ روی سطح مانند سیلیکا یا روتیل باعث کاهش خوردگی می شود. سختی نمونه ها در جدول ۵ آمده است. نتایج نشان داد سختی نمونه TiC-NiAl کمتر، اما در حد قابل قبول با نمونه SiC برای کار در پمپ است. افزایش سختی همواره یک پارامتر موثر برای بالا بردن مقاومت سایشی آلیاژهاست. افزایش سختی ماده تحت سایش می تواند نفوذ مواد ساینده را محدود کرده و سرعت سایش را کاهش دهد. بنابراین سختی بالا در نمونه های SiC و TiC-NiAl به طور موثری باعث کاهش نرخ سایش می گردد [۱۲].

جدول (۵) نتایج سختی سنجی در نمونه های SiC و TiC-NiAl

نمونه	RA	ویکرز
SiC	۹۴	۱۴۹۵
TiC-NiAl	۸۱/۵	۹۲۴

نتیجه گیری

۱- در نمونه های SiC و TiC-NiAl در طی کار در پمپ لایه اکسیدی ایجاد شده که در مدت زمان طولانی پایداری مناسب را ندارد و از سطح جدا می شود و به همین ترتیب جدا شدن و چسبیدن ذرات به سطح نمونه را داریم. از این رو مکانیزم سایش در نمونه های SiC و TiC-NiAl در آزمون دوام در پمپ، خراشان، چسبان و تریبوشیمیایی است. لازم به یاد آوری است سایش اکسیداسیون باعث تشکیل لایه اکسیدی روانکاری بر سطح شده و روانکاری و کاهش نرخ سایش را داریم. همچنین در آب بندهای مکانیکی تشکیل لایه محافظ روی سطح مانند سیلیکا یا روتیل باعث روانکاری و کاهش خوردگی سطوح می شود.

۲- سختی نمونه TiC-NiAl بالا و در حد قابل قبول در مقایسه با نمونه SiC برای کار در پمپ است. از این رو سختی بالای نمونه ها به طور موثری باعث کاهش نرخ سایش در نمونه های SiC و TiC-NiAl گردیده است.

۳- نتایج آزمون سایش و تست دوام در پمپ نشان داد که نمونه TiC-NiAl رفتار روانکاری و عمر سایشی مشابه با نمونه SiC دارد. ارزیابی‌ها خواص تریبولوژیکی نمونه TiC-NiAl و SiC نشان داد که این دو ماده رفتار مشابهی داشته، بنابراین کامپوزیت TiC-NiAl می‌تواند گزینه مناسبی برای واشر آب-بند مکانیکی در پمپ آب باشد.

مراجع

- [۱]. R. Ried, 2000, Handbook of Ceramic Hard Materials, Vol. 2, Wiley- VCH.
- [۲]. M. X. Gao, Y. Pan, F. J. Oliveira, J. L. Baptista, J. M. Vieira, "Interpenetrating microstructure and fracture mechanism of NiAl/TiC composites by pressureless melt infiltration", Materials Letters, 58, 2004, 1761-1765.
- [۳]. C. Curfs, I.G. Cano, G.B.M. Vaughan, X. Turrillas, A. Kwick, M.A. Rodriguez, "TiC-NiAl composites obtained by SHS: a time-resolved XRD study", Journal of the European Ceramic Society, 22, 2002, 1039-1044.
- [۴]. Nuri Durla, "Titanium Carbide Based Composites for High Temperature Applications", Journal of the European Ceramic Society, 19, 1999, 1415-1419.
- [۵]. V. Ocelik et al, "Sliding Wear resistance of metal matrix composite layers prepared by high power laser", Surface & Coatings Technology, 197, 2005, 303-315.
- [۶]. C.L. Yeh, C.Y. Chung, P.H. Lin, S.D. Wang, "Effects of TiC addition on combustion synthesis of NiAl in SHS mode", Journal of Alloys and Compounds, 398, 2005, 85-93.
- [۷]. Rolf Wa'sche, Dieter Klaffke, "Ceramic particulate composites in the system SiC-TiC-TiB₂ sliding against SiC and Al₂O₃ under water", Tribology International, 32, 1999, 197-206.
- [۸]. R. Wasche, D. Klaffke, T. Troczynski, "Tribological performance of SiC and TiB₂ against SiC and Al₂O₃ at low sliding speeds", Wear, 256, 2004, 695-704.
- [۹]. R. Wasche, D. Klaffke, "In situ formation of tribologically effective oxide interfaces in SiC-based ceramics during dry oscillating sliding", Tribol. Lett., 5, 1998, 173-190.
- [۱۰]. Brugge, Belgium, "Towards the universal mechanical seal for industrial pumps", International Conference of Fluid Sealing, 2000.
- [۱۱]. محمد باقر رهائی، سید خطیب الاسلام صدرنژاد، محمد رضا رحیمی پور، علی شفیعی و مجتبی خلقی، مقایسه خواص تریبولوژیکی ترکیبات TiC-NiAl و SiC، اولین همایش مشترک انجمن علمی ریخته‌گری ایران و کنگره سالانه انجمن مهندسين مواد و متالورژی ایران، آبان ماه ۱۳۸۶، ص. ۵۲۲.
- [۱۲]. محمد باقر رهائی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۸۵.

Comparison of Tribological behaviour of SiC and TiC-NiAl Seal Rings in Pump

M. B. Rahaei¹, S.K. Sadrnezhaad², A. Shafiyee³, E. Keshavarz^{4,5}, T. Ebadzadeh⁵, M. Rahimpour⁵, M. Kholghi³

Due to the importance of mechanical seal in protect from product leakage in equipment with rotating shafts or alternative movement parts (i.e. pumps, agitators, automotive engines, compressors, turbines, etc.), in this research it was attempted to use mechanical seal rings by combustion synthesis method with attention to low energy consumption and simplicity of this process. Therefore lubricity and wear behaviour of TiC-NiAl combustion synthesized compare with sintering SiC in pin on disk test against a AISI 52100 steel pin and durability test in pumps operated in aqueous environment. Microstructure observation with SEM equipped by EDS Analyzer and constituted phases were recognized with X Ray diffraction analysis. Wear test and durability test in pump showed that TiC-NiAl composite has a low friction coefficient and weight loss similar to SiC in wear test and durability test in pump. Results showed that the mechanism of adhesion, abrasion and tribochemical (oxidation) are for TiC-NiAl and SiC in pump.

Keywords: Mechanical Seal, Combustion Synthesis, Wear, TiC-NiAl Composite, Adhesion, Abrasion, Durability test in pump.

¹ Phd Student, Materials and Energy Research Center, Rahaei@merc.ac.ir

² Professor, Sharif Industrial University

³ Professor Assistant, Isfahan University of Technology

⁴ Professor Assistant, Amir Kabir Industrial University

⁵ Professor Assistant, Materials and Energy Research Center