

تحلیل تخریب دریچه دود موتور اتوبوس

حسن غیائی^{۱*}، مصطفی سلطانلو^۲

^۱ جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران، ghiasi@acecr.ac.ir

^۲ پژوهشگاه نیرو، تهران، ایران، msoltanloo@nri.ac.ir

* نویسنده مسئول، شماره تماس: ۰۲۱-۶۶۰۷۵۱۹۸

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۱۴ مرداد ۱۳۹۴

پذیرش: ۲۲ مهر ۱۳۹۴

کلیدواژه‌ها:

دریچه دود

تخریب

تحلیل شکست

خستگی

دمای گرم

دریچه‌های هوا و دود اجزای بسیار مهم موتورند که برای پایش ورود و خروج گازها در موتورهای احتراق داخلی بکار می‌روند. این دریچه‌ها ضمن باز و بسته شدن در معرض گرمای شدید، نیروی فنر و فشار قوی درون استوانه (تا حداکثر ۱۵ MPa) هستند. عوامل مختلفی از جمله خستگی مکانیکی در دمای گرم، خستگی حرارتی، کاهش خواص مکانیکی آنها همچون سختی و استحکام تسلیم در اثر حرارت، سایش در اثر ضربات وارد شده، بویژه در ناحیه نشیمنگاه و در ناحیه راهنمای دریچه، خوردگی، حرارت دیدن بیش از حد و تجمع دوده بر روی دریچه می‌تواند باعث شکست این قطعه شود. بطور کلی دریچه‌ها عمدتاً در اثر خستگی شکسته می‌شوند. در موتورهای دیزل دمای قسمت داخلی دریچه هوا حدود 550°C و دریچه دود حدود $800-900^{\circ}\text{C}$ است. لذا این قطعات در معرض بارگذاری حرارتی و خوردگی شیمیایی در دمای گرم قرار دارند. در این تحقیق علل تخریب دریچه دود یک اتوبوس به کمک آزمایش‌های تحلیل شیمیایی، بررسی‌های بزرگ ساختاری و ریزساختاری با استفاده از ذره بین‌های نوری و برقی روبشی و سختی سنجی بررسی شد. نتایج تحلیل شیمیایی و سختی سنجی مطابق با استاندارد بود؛ لکن نتایج بررسی‌های بزرگ ساختاری و ریزساختاری نشان دهنده ایجاد نواقص ریزساختاری ناشی از افزایش دما بود. لذا مشخص گردید که علت احتمالی تخریب، کارایی نامناسب موتور و در نتیجه افزایش بیش از حد دما و در نهایت تخریب و شکست دریچه بوده است.



تمامی حقوق برای انجمن علمی موتور ایران محفوظ است.

مقدمه

کلسیم درون روغن روانکاری واکنش می‌دهد و نمک‌های با نقطه ذوب پایین تشکیل می‌دهند. ذرات این نمک‌های مذاب بر روی سطوح دریچه رسوب می‌نمایند و به میله دریچه می‌چسبند؛ بطوری که توسط گازهای خروجی نیز جدا نمی‌شوند. در دمای 550°C و گرمتر، این نمک‌ها ذوب می‌شوند و در طول مرز دانه‌ها جریان می‌یابند و بسته به ماده دریچه، اکسیدهای محافظ روی مرز دانه‌ها را حل نموده و سبب کاهش مقاومت به خوردگی دانه‌ها به این نمک‌ها می‌شوند. به عبارتی باعث خوردگی مرز دانه‌ای و سوختگی سطح دریچه می‌شوند [۱، ۸-۱۰].

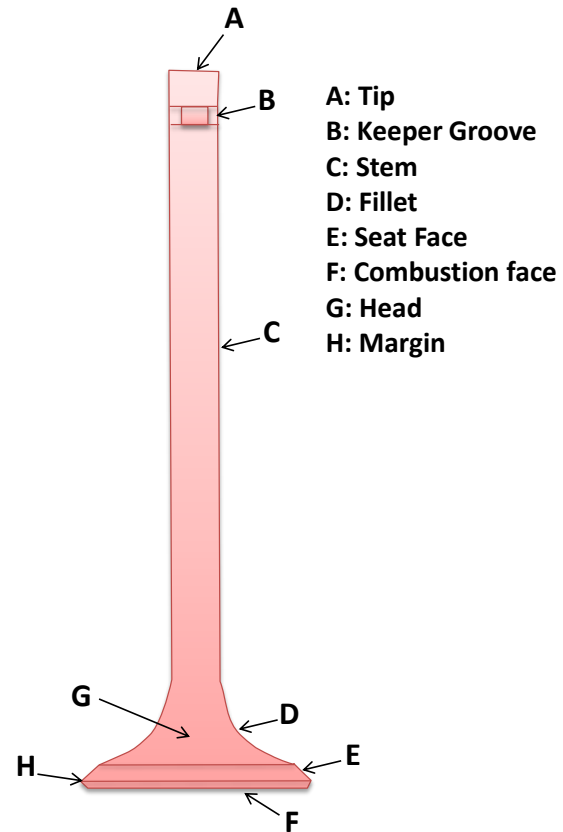
اگر دریچه‌ها به اندازه کافی خنک نشوند، بیش از حد داغ شده، می‌سوزند و تخریب می‌شوند. از مقایسه ریزساختار یک دریچه شکسته با دریچه سالم مشخص شد که دمای گرم بر اندازه دانه‌ها، مرز دانه‌ها و توزیع ذرات کاربرد در زمینه تأثیر می‌گذارد. این تأثیر دمای گرم در دریچه‌های دود شدیدتر است. دمای گرم باعث درشت شدن و تجمع کاربیدها در مرز دانه‌ها، اعوجاج و شکسته شدن مرز دانه‌ها و همچنین بزرگ شدن دانه‌ها می‌گردد. درشت شدن و تجمع کاربرد در مرز دانه‌ها باعث شروع و اشاعه ترک و بزرگ شدن دانه‌ها منجر به کاهش سختی و افزایش مقدار سایش در دریچه می‌گردد [۱۱].

در موتورهای دیزل دمای دریچه هوا تا حدود 600°C و دریچه دود تا حدود 800°C و برخی مواقع تا 900°C نیز افزایش می‌یابد. دریچه هوا توسط گازهای ورودی خنک می‌شود، لکن دریچه دود به دلیل دمای گرمتر و عدم امکان خنک شدن مشابه دریچه هوا، در معرض بارگذاری حرارتی شدید و خوردگی شیمیایی داغ است. دریچه‌های دود دارای سطوحی هستند که توسط شعله ناشی از احتراق و گازهای دمای گرمی ناشی از احتراق هنگام خروج از استوانه تحت تأثیر واقع می‌شوند. از اینرو دریچه‌های دود نسبت به سایش و سوختن از دریچه‌های هوا آسیب‌پذیرترند. به همین دلیل دریچه‌های دود معمولاً از مواد مقاوم به حرارت ساخته می‌شوند [۱ و ۱۱].

دریچه‌های دود معمولاً از دو فولاد مختلف ساخته می‌شوند. عمدتاً دو سوم قسمت بالای ساق از فولاد 9 3 X45CrSi (1.4718) که چقرم، انعطاف‌پذیر و مقاوم به سایش است و مابقی از فولاد 9 21 X53CrMnNiN (1.4871)، که مقام به اکسیدسیون و خوردگی داغ ناشی از اکسید سرب و دیگر محصولات احتراق است، ساخته شده و این دو قسمت توسط جوش اصطکاکی به هم متصل می‌شوند. مهمترین متغیرها در جوشکاری اصطکاکی عبارتند از زمان اصطکاک، فشار اصطکاک، زمان آهنگری، فشار آهنگری و سرعت چرخش. بهینه‌سازی این متغیرها، نقایص جوشکاری را کاهش خواهد داد [۱۲ و ۱۳].

یک دریچه در حالت بسته تحت نیروی فنر و فشار درون استوانه است که در حین کار موتور متناوباً تغییر می‌کند و به مقدار حداکثر ۱۵MPa می‌رسد. چنین فشار قوی درون استوانه خم شدن

دریچه‌های دود و هوا، اجزای بسیار مهم یک موتورند که ورود و خروج جریان گازها به استوانه موتور را پایش می‌کنند. هوا، هنگام باز شدن دریچه‌های هوا به درون استوانه وارد می‌شود. پس از بسته شدن دریچه‌های هوا و تزریق سوخت فرایند احتراق درون استوانه اتفاق می‌افتد. پس از اتمام فرایند احتراق، دریچه‌های دود باز شده و گازهای حاصل از احتراق را از استوانه خارج می‌کنند [۱]. دریچه‌ها در شرایط عادی عمدتاً تا ۲۵۰۰ مرتبه در دقیقه باز و بسته می‌شوند [۲]. اجزای مختلف یک دریچه در شکل ۱ نشان داده می‌شود.



شکل ۱: قسمت‌های اصلی دریچه [۳]

در طی مدت بسته بودن دریچه‌ها، ترکیبی از ضربه و لغزش^۱ می‌تواند منجر به سایش نشیمنگاه^۲ دریچه شود. ضربه روی یک دریچه سبب تغییر شکل دائمی سطح نشیمنگاه و ایجاد پستی بلندی‌هایی بر روی آن می‌گردد. همچنین منجر به ایجاد ترک سطحی و کنده شدن ماده از سطح غلاف^۳ نشیمنگاه در سرعت‌های تند بسته شدن دریچه می‌گردد [۴-۷].

سولفور، وانادیوم و سدیم درون سوخت در طی فرآیند احتراق اکسید شده و تشکیل دی‌اکسید سولفور، تری اکسید سولفور، اکسید سدیم و پنتواکسید وانادیوم می‌دهند. این اکسیدها با همدیگر و با

¹ Sliding

² Seat

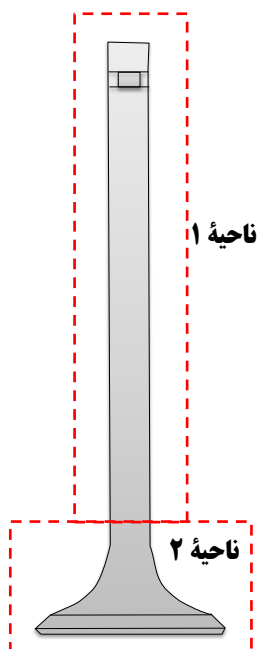
³ Insert

- ✓ هم صفحه نبودن راهنمای دریچه با محفظه احتراق (در بستار)
 - ✓ دیگر مشکلات مکانیکی همچون شکست سمبه و باز و بسته نشدن به موقع دریچه‌ها
 - ✓ عدم تطابق ترکیب شیمیایی ماده دریچه با مشخصات استاندارد
 - ✓ عیوب ریزساختاری و وجود آخال‌ها در ریزساختار
 - ✓ سختی پایین دریچه و راهنمای دریچه
- به هر حال، هر نقصی در دریچه، کارایی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد، از اینرو اهمیت تحلیل شکست دریچه‌ها مشخص می‌شود.

روش تحقیق

در این تحقیق علل شکست دریچه دود موتور اتوبوس بررسی شده است. این دریچه هنگام کار اتوبوس از دو ناحیه ساق در موضع جوش و کف تخریب گردیده است. برای بررسی علل تخریب ابتدا قسمت‌های مختلف دریچه به صورت بزرگ ساختاری مطالعه گردید و با استفاده از ذره بین میجی^۳ و دوربین عددی^۴ تصاویری از قسمت‌های مزبور و سطوح شکسته شده تهیه گردید.

با بررسی‌های بعمل آمده بر روی نمونه دریچه سالم (از همان نوع دریچه شکسته شده) دو ناحیه با ترکیب شیمیایی متفاوت در این دریچه مشخص گردید، یکی از سر^۵ تا نواحی میانی ساق نزدیک به کف دریچه (ناحیه ۱) و دیگری مابقی دریچه (ناحیه ۲) (شکل ۲).



شکل ۲: نواحی با ترکیب شیمیایی متفاوت دریچه

قسمت مخروطی دریچه و در نتیجه حرکت لغزنده و تماس نادرست بین سطح دریچه و غلاف نشیمنگاه و در نهایت شکست سایشی می‌شود.

به علاوه، از آنجایی که دریچه‌های دود در دماهای گرم کار می‌کنند، در معرض بارگذاری تناوبی حرارتی و خوردگی شیمیایی هستند. لکن دریچه‌های هوا در معرض چنان بارگذاری حرارتی نیستند و بعلاوه توسط گازهای ورودی و انتقال حرارت از طریق سطح نشیمنگاه خنک می‌شوند [۳، ۱۴-۱۶]. تخریب سطح تماس مخروطی در دریچه عمدتاً به دلیل تغییر شکل ارتجاعی و دائمی، ریزترک‌های خستگی و پوسته شدن است [۱۱ و ۱۷]. شکست ساق دریچه عموماً در اثر حرارت دیدن بیش از حد که منجر به افت سختی، اکسیداسیون گسترده سطحی و سایش می‌شود، رخ می‌دهد [۱۱ و ۱۸].

تخریب‌های حرارتی در اثر ایجاد نقاط داغ یا عبور گازها از روی سطح نشیمنگاه نیز می‌تواند رخ دهد. به منظور کمک به جلوگیری از این نوع تخریب، انجام چند چیز مؤثر است: تمیز نگهداشتن سامانه خنک کاری بطوریکه موتور زیاد داغ نشود، استفاده از سوخت‌های با کیفیت عالی برای جلوگیری از ایجاد دوده بر روی نشیمنگاه دریچه و بررسی کردن منظم رواداشت‌های^۱ دریچه به صورت دوره ای [۲ و ۱۹].

با این همه، دریچه‌ها عموماً توسط خستگی مکانیکی - حرارتی تخریب می‌شوند [۱۴ و ۱۵]. از آنجایی که دریچه‌ها در معرض دمای گرم، بارگذاری تناوبی، بارگذاری ضربه‌ای، خوردگی فرسایشی و فشار قوی درون استوانه هستند، لذا مطالعه خستگی تحت این شرایط دارای اهمیت است [۳].

شکست خستگی می‌تواند توسط ترک‌های ایجاد شده در رویه^۲ دریچه در اثر تنش‌های ایجاد شده بوسیله شیب دمایی (خستگی حرارتی) یا ترک‌های عرضی نزدیک به سطح نشیمنگاه ناشی از تنش‌های خمشی اتفاق بیفتد [۱۹]. ترک‌های عرضی در شیار نگهدارنده ناشی از ترکیب تنش کششی با تمرکز تنش هندسی در شیار نیز می‌تواند ایجاد شوند. خوردگی نیز عامل مضر در شکست خستگی است [۱۹ و ۲۰].

بجز موارد فوق، علل شکست از جنبه‌های مکانیکی و موادی نیز قابل بررسی است:

- ✓ عدم تطابق ابعاد، اندازه‌ها و رواداشت‌ها با مشخصات ذکر شده در نقشه‌های استاندارد
- ✓ اشکال در سامانه روغنکاری دریچه
- ✓ افزایش فاصله بین ساق دریچه و راهنما
- ✓ عدم همراستایی نشیمنگاه با راهنمای دریچه

³ MEIJI
⁴ Digital
⁵ Tip

¹ Tolerances
² head



شکل ۵: قسمت ذوب شده کف دریچه

در شکل ۴ محل‌های شکست دریچه در دو موضع ساق و کف مشاهده می‌شود. همچنین ذوب شدگی قسمتی از کف دریچه پس از شکست و جدا شدن در شکل ۴ و تصویر بزرگتر آن در شکل ۵ نشان داده می‌شود.

تحلیل شیمیایی انجام شده از قسمت‌های مختلف نشان داد که دریچه از دو همبسته مختلف در نواحی ۱ و ۲ (شکل ۲) تشکیل شده است که ترکیب شیمیایی هر یک در جداول ۱ و ۲ آمده است.

جدول ۱: ترکیب شیمیایی نمونه در ناحیه ۱

استاندارد 1.4871	نمونه آزمایش	
-۰,۵	۰,۴	C
-۳,۳	۳,۵۷	Si
≤ ۰,۶	۰,۴	Mn
≤ ۰,۰۴	۰,۰۲	P
≤ ۰,۰۳	< ۰,۰۰۴	S
۱۰-۸	۹,۰۷	Cr
≤ ۰,۵	۰,۱۳	Ni

ترکیب شیمیایی نمونه فوق معادل با فولاد مارتنزیتی X 45 CrSi 3 9 به شماره 1.4718 در استاندارد DIN EN 10090 آلمان است. سختی این همبسته^۶ در استاندارد مزبور در شرایط ناگهان سرد کردن - گرم کردن در محدوده ۳۲۵-۲۶۶ برینل تعریف شده است. ترکیب شیمیایی نمونه مذکور معادل با فولاد آستنیتی 9 X 53 CrMnNiN 21 به شماره 1.4871 در استاندارد DIN EN 10090 آلمان [۲۳] است. سختی این همبسته در استاندارد

تحلیل شیمیایی قسمت‌های فوق به کمک دستگاه شمارنده اسپکترو نوع ۲۰۰۵^۱ مطابق با استاندارد ASTM E 415 انجام گردید. پس از این، ریزساختار قسمت‌های ساق در دو طرف ناحیه جوشکاری شده و کف دریچه پس از آماده سازی و محلول شویی با محلول ماربل با استفاده از میکروسکوپ نوری کارل زایس^۲ نوع نیوفوت ۳۳^۳ در بزرگنمایی‌های متفاوت بررسی شد.

علاوه بر این، قسمت‌های مورد بررسی توسط دستگاه ولپرت^۴ به روش ویکرز و با استفاده از نیروی ۳۰ Kgf مطابق با استاندارد ASTM E 384 سختی سنجی شد. سطوح شکسته شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی^۵ نوع VEGA\\TESCAN-LMU مطالعه شد تا علت شکست دریچه مزبور مشخص شود.

تصاویر تهیه شده از بستار در قسمت تخریب شده و قسمت‌های مختلف دریچه شکسته شده در شکل‌های ۳ تا ۵ نشان داده شده است.



شکل ۳: قسمت تخریب شده در بستار



شکل ۴: قسمت‌های تخریب شده دریچه

¹ Spectrolab 2005

² Carl Zeies

³ Neophot 32

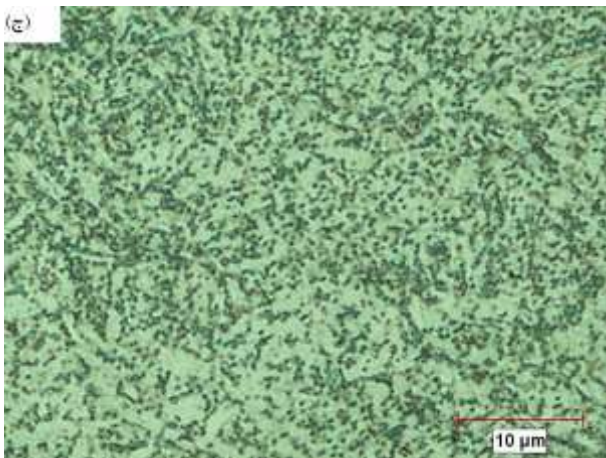
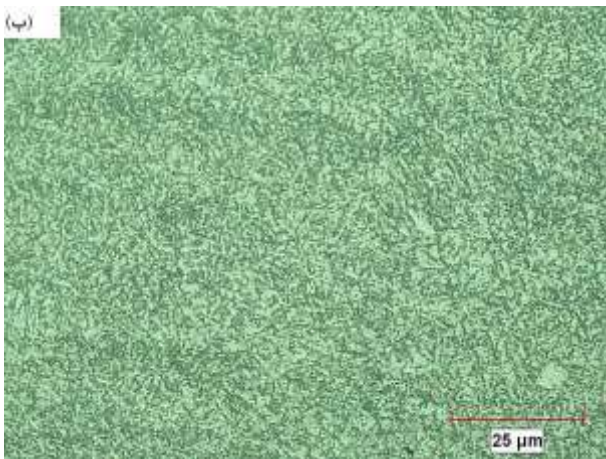
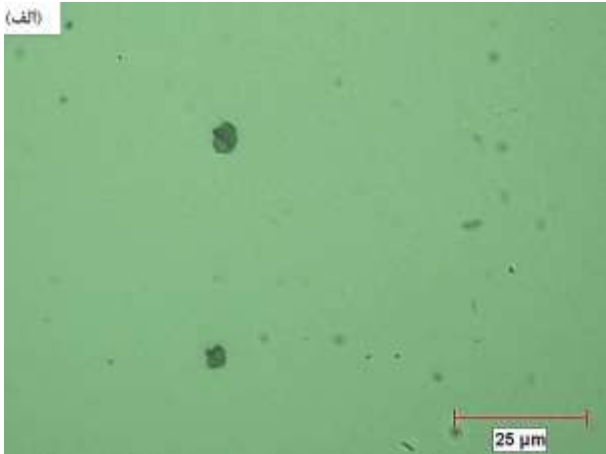
⁴ Wolpert

⁵ SEM

⁶ Alloy

می‌شود سختی ناحیه ۱ (بالای موضع جوش) در محدوده استاندارد است.

لکن سختی در ناحیه ۲ (پایین موضع جوش) بیشتر از مقدار ذکر شده در استاندارد است که این می‌تواند ناشی از رسوب بیش از حد کاربیدها باشد.



شکل ۶: ریزساختار ساق بالای موضع جوش الف: پس از براق کردن، ب و ج: پس از محلول شویی

مزبور در شرایط آنیل و رسوب سختی حدود 30 HRC تعریف شده است.

جدول ۲- ترکیب شیمیایی نمونه در ناحیه ۲

استاندارد 1.4871	نمونه آزمایش	
-۰,۵۸	۰,۴۸	C
≤ ۰,۲۵	۰,۲۴	Si
۸-۱۰	۸,۶۸	Mn
≤ ۰,۰۴۵	۰,۰۳	P
≤ ۰,۰۳	< ۰,۰۰۲	S
۲۲-۲۰	۲۱,۳۸	Cr
۳,۲۵-۴,۵	۳,۵۹	Ni
-	۰,۱۵	Mo

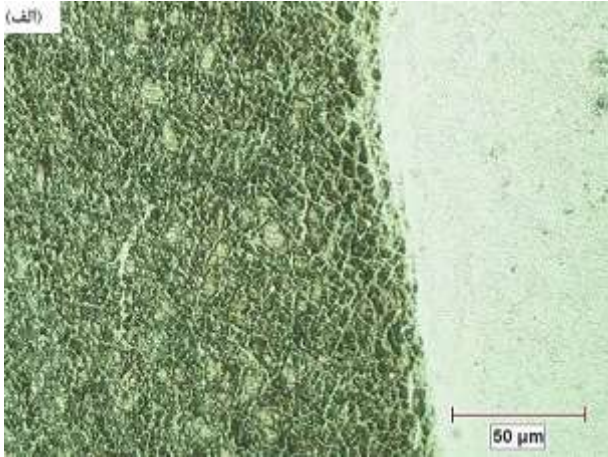
پس از مانت و سنباده- پولیش نمونه‌های بریده شده از نواحی ساق در قسمت بالا و پایین جوش و قسمتی از کف دریچه، مواضع مزبور به روش ویکرز و با نیروی 30 Kgf سختی سنجی شده است. ریزساختار مواضع مزبور قبل و پس از محلول شویی با محلول ماربل بررسی شد. نتایج حاصل از آزمایشات فوق در جدول ۳ و تصاویر ۶ تا ۹ نشان داده شده است.

جدول ۳- نتایج سختی سنجی مواضع مختلف نمونه

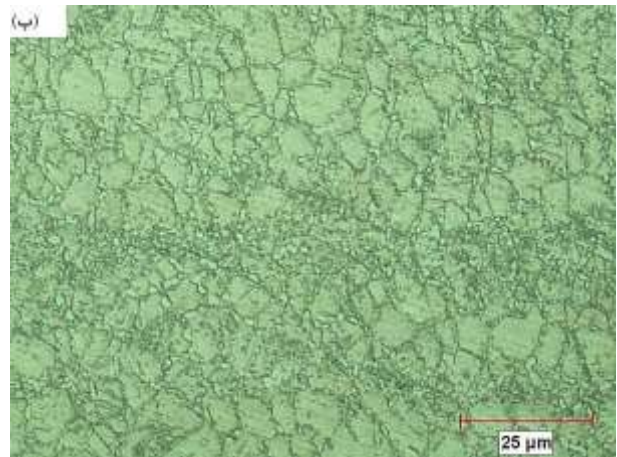
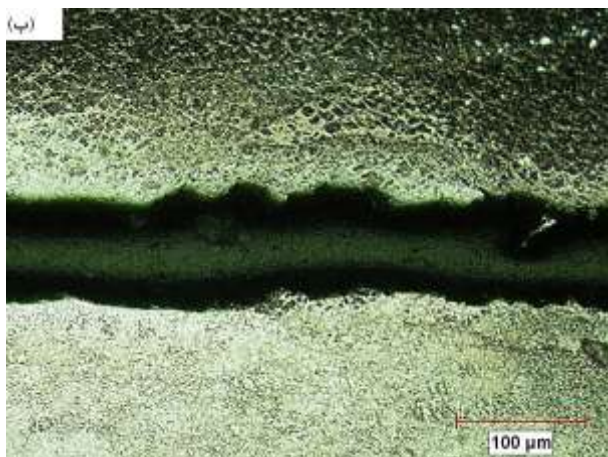
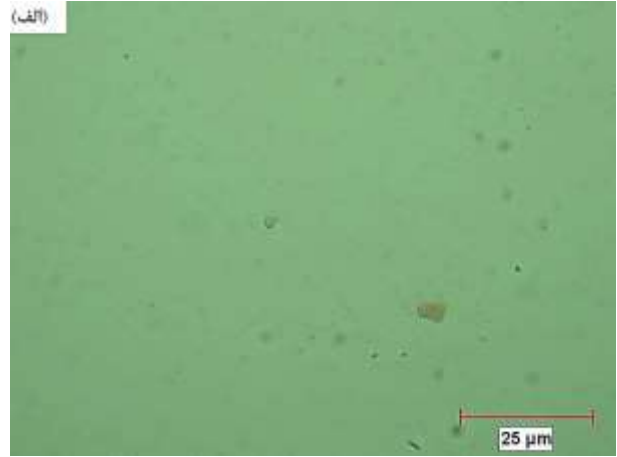
موضع	سختی		
	ویکرز	برینل	راکول C
سطح مقطع نمونه در ناحیه ساق بالای موضع جوش قسمت ساق	۲۹۴	۲۸۰	۲۹
سطح مقطع نمونه در موضع جوش	۴۴۸	۴۲۵	۴۵
سطح مقطع نمونه در ناحیه ساق پایین موضع جوش	۳۷۵	۳۵۶	۳۸
سطح مقطع نمونه در ناحیه کف دریچه	۳۲۳	۳۰۷	۳۲/۵

نتایج فوق میانگین حداقل سه مقدار سختی سنجی انجام شده در هر یک از مواضع ذکر شده است. همانگونه که مشاهده

شکل ۸ تصاویر ریزساختار ساق پایین موضع جوش دریچه را قبل و بعد از شکست نشان می‌دهد. قسمت الف تصویر ریزساختار قبل از شکست را نشان می‌دهد و تصویر ب، برای ریزساختار ساق پایین موضع جوش دریچه پس از شکست است.



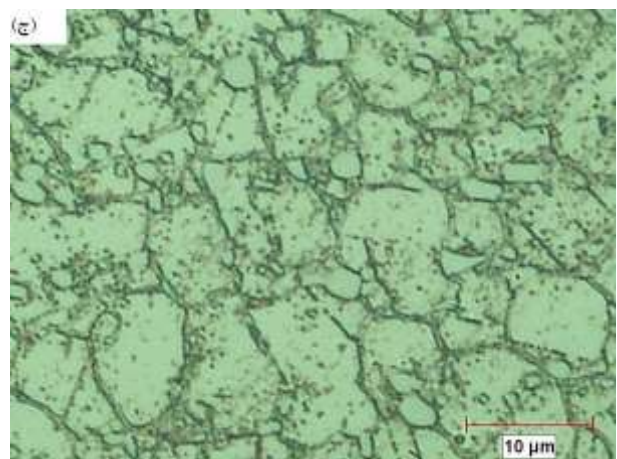
شکل ۷ تصاویر ریزساختار ساق پایین موضع جوش دریچه را نشان می‌دهد. قسمت الف تصویر ریزساختار پس از براق کردن را نشان می‌دهد و تصاویر ب و ج، برای ریزساختار ساق پایین موضع جوش دریچه پس از شستشو با محلول است.



شکل ۸: ریزساختار موضع جوش پس از محلول شویی الف: قبل از شکست، ب: پس از شکست

در شکل (۸-الف) سمت راست و در شکل (۸-ب) سمت پایین مربوط به ساق بالای موضع جوش یا همان ناحیه ۱ و دو سمت دیگر مربوط به ساق پایین موضع جوش یا همان ناحیه ۲ است.

شکل ۹ تصاویر ریزساختار کف دریچه را قبل و بعد از شستشو با محلول را می‌دهد. قسمت الف تصویر ریزساختار قبل از شستشو با محلول را با بزرگنمایی ۴۰۰ برابر را نشان می‌دهد و تصویر ب، برای ریزساختار کف دریچه بعد از شستشو با محلول با بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر است.



شکل ۷: ریزساختار ساق پایین موضع جوش الف: پس از براق کردن، ب و ج: پس از محلول شویی

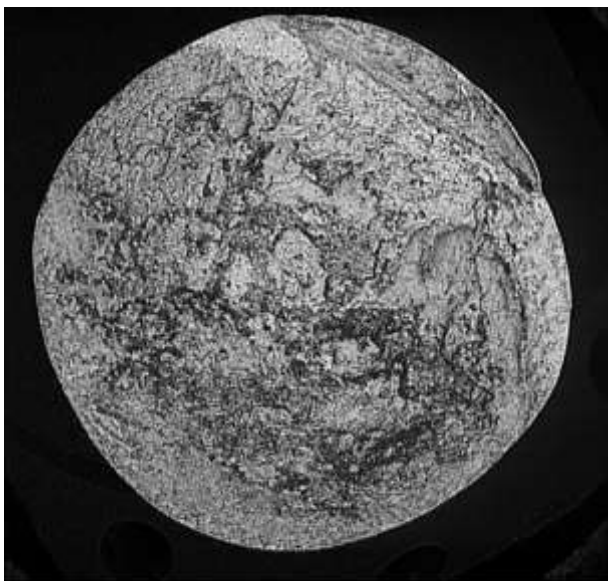
بعلاوه ساختار آستنیتی نیز در اثر کار مکانیکی ناشی از جوش اصطکاکی به مارتنزیت تبدیل شده است. این ریزساختار (کاربیدهای پیوسته مرزخانه ای و ساختار مارتنزیتی) ناحیه جوش را ترد و مستعد شکست نموده است (اشکال ۸-الف و ۸-ب). بعلاوه، این تغییرات ریزساختاری باعث افزایش قابل توجهی در مقدار سختی این ناحیه شده است (جدول ۳).

کف دریچه نیز دارای ریزساختاری مشابه با ساق پایین موضع جوش است؛ با این تفاوت که اندازه دانه‌های آستنیت درشت تر (حدود 9.5 ASTM (۱۳،۳ میکرومتر)) شده است (اشکال ۹-الف و ۹-ب). همانگونه که از نتایج سختی سنجی مشهود است.

سختی در این ناحیه نیز سخت تر از حد استاندارد است لکن به دلیل درشت تر بودن اندازه دانه‌ها، مقدار سختی آن از ناحیه ساق پایین موضع جوش سخت تر است. این می‌تواند دلیل بر افزایش دما در ناحیه کف دریچه باشد که علاوه بر کاهش سختی این ناحیه منجر به ذوب قسمتی از آن نیز شده است. بعلاوه در اینجا نیز کاربیدهای پیوسته مرزخانه ای عامل مؤثر و مهمی در ترد شدن و شکست قطعه است.

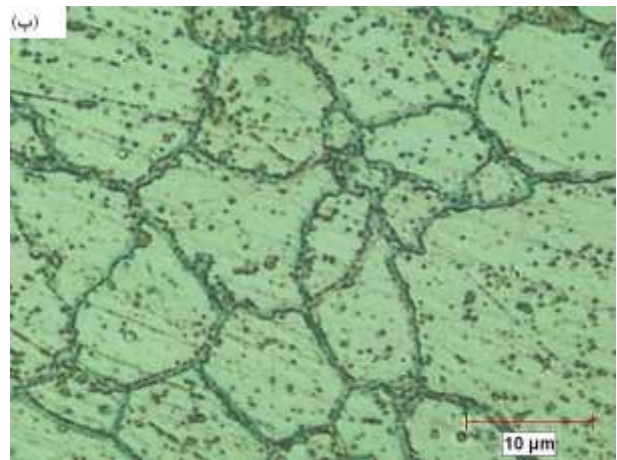
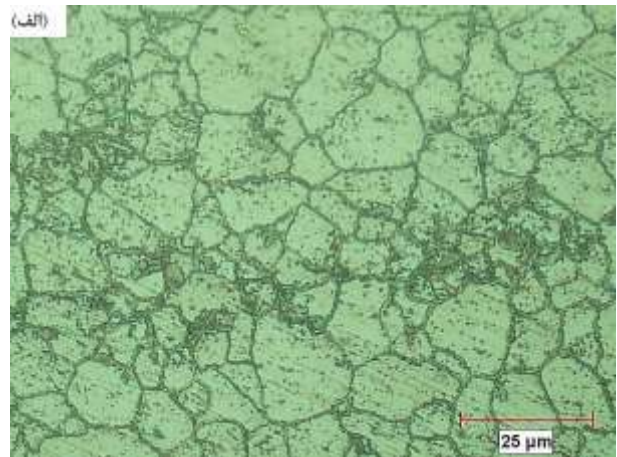
از آنجایی که دریچه‌های دود در معرض گازهای دمای گرم و خورنده ناشی از احتراق و نیز سایش می‌باشند، معمولاً لایه ای از استلایت، که یک همبسته پایه کبالت مقاوم به حرارت و سایش است، بر روی سطح نشیمنگاه دریچه ایجاد می‌نمایند. یکی از عیوب دریچه مورد بررسی، عدم مشاهده این لایه در بررسی‌های ریزساختاری بود.

به منظور بررسی دقیق تر علت تخریب دریچه مزبور سطوح شکست آن نیز بررسی شد. تصاویر تهیه شده از سطوح نمونه مزبور در اشکال ۱۰ تا ۱۳ نشان داده می‌شود.



SEM MAG: --- WD: 10.64 mm
SEM HV: 15.00 kV Det: BSE Detector
Date: (ndjy) 05/21/15 Vac: HVac

(الف)



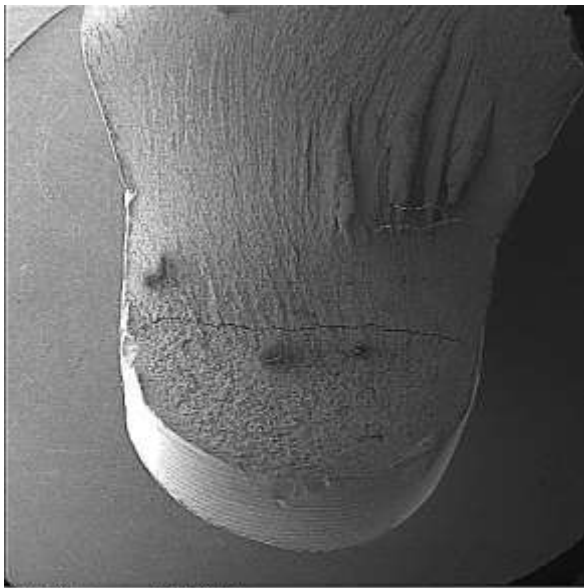
شکل ۹- الف و ب: ریزساختار کف دریچه پس از محلول شویی

ریزساختار پس از براق کردن مواضع مورد بررسی (اشکال ۶-الف و ۷-الف) حاوی مقدار کمی ذرات سولفیدی، نیتریدی و اکسیدی است که با توجه به مقدار کم و اندازه کوچک این ذرات نمی‌تواند تأثیر نامطلوبی بر کیفیت قطعه داشته باشد لذا محل بحث در این تحقیق نیست.

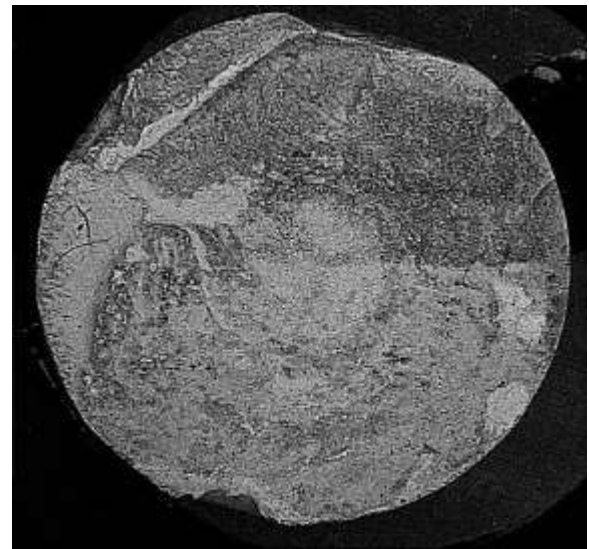
ریزساختار ساق بالای موضع جوش (اشکال ۶-ب و ۶-ج) شامل مارتنزیت گرم شده^۱ شده است [۱۵، ۲۱ و ۲۲]. در ساق پایین موضع جوش ریزساختار متشکل از آستنیت با اندازه دانه 12 ASTM (قطر متوسط ۵۶ میکرومتر) و مقدار زیادی ذرات ریز و عمدتاً درشت کاربیدی غالباً در مرز دانه‌های آستنیت است (اشکال ۷-ب و ۷-ج) [۱۲ و ۲۳].

رشد و تراکم کاربیدها باعث افزایش سختی از حد استاندارد شده است؛ ضمن اینکه رسوب کاربیدها در مرز دانه‌ها باعث تردی قطعه نیز می‌گردد. در موضع جوش تراکم کاربیدهای درشت در مرز دانه‌ها افزایش یافته و کاربیدها در مرز دانه‌ها به صورت پیوسته درآمده اند.

¹ Tempered



(الف)



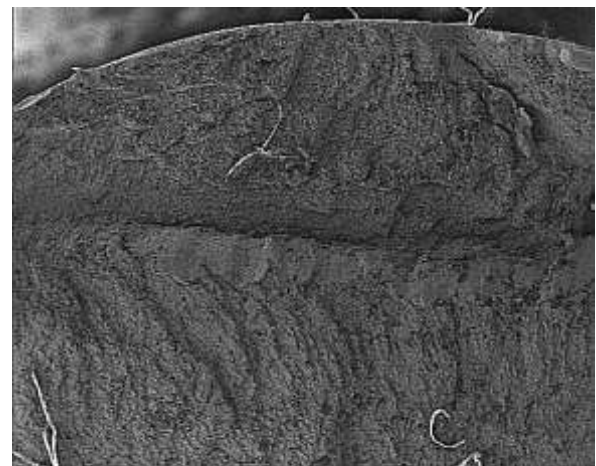
(ب)

شکل ۱۰: سطح شکست ساق الف: ناحیه ۱ ب: ناحیه ۲

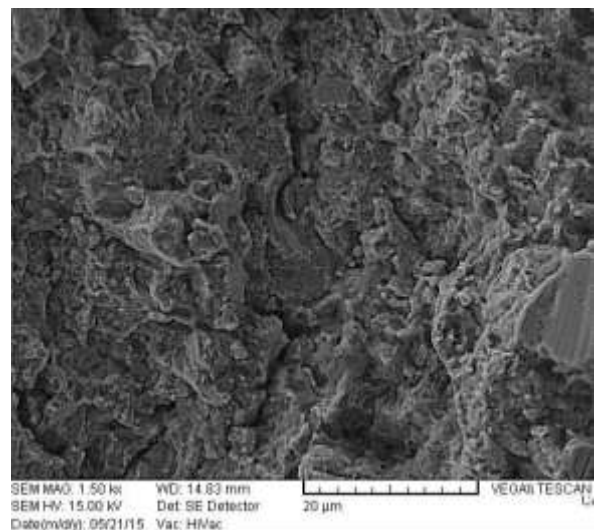


(ب)

شکل ۱۳: سطح شکست کف در پیچه الف: ترک‌های طولی و عرضی، ب: ریز ترک‌های مرز دانه ای



شکل ۱۱: آثار خستگی در سطح شکست ساق ناحیه ۱



شکل ۱۲: ریز ترک‌های مرزدانه ای در سطح شکست ساق ناحیه ۲

با توجه به ساییده شدن دو سطح شکست بر روی همدیگر، قسمت بزرگتر سطوح شکست از بین رفته بود و قابل بررسی نبود (اشکال ۱۰-الف و ۱۰-ب). از طرفی همانگونه که در تصاویر سطوح شکست فوق ملاحظه می‌کنیم، شکست در تمامی نواحی به صورت ترد (رخ برگی) و عمدتاً مرز دانه‌ای اتفاق افتاده است (اشکال ۱۲ و ۱۳-الف). همچنین مقداری آثار خستگی (خطوط رودخانه ای) در سطح شکست ساق ناحیه ۱ (اشکال ۱۰-الف و ۱۱) مشاهده گردید که از نقطه شروع شکست آغاز و به سمت مرکز نمونه اشاعه یافته است. با توجه به تعداد چرخه‌های کاری یک در پیچه و اشکال ۱۰-الف، ۱۱

- [2] A Basic Guide to Engine Valve Failure, <http://www.ssch.com.au/trade-news/a-basic-guide-to-engine-valve-failure/>
- [3] N. K. Raghuvanshi, A. Pandey, R. K. Mandloi, Failure analysis of internal combustion engine valves: A Review, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* Vol. 1, No. 2, pp.173-181, 2012 [4] Y.S. Wang, S. Narasimhan, J. M. Larson, S. K. Schaefer, Wear and wear mechanism simulation of heavy-duty engine intake valve and seat inserts, *Journal of Materials Engineering and Performance*, Vol. 7, No. 1, pp. 53-65, 1998
- [5] Y. C. Zhao, H. Z. Yan, Experimental study on wear failure course of gas-valve/valve-seat in engine, *Journal of Central South University of Technology*, Vol. 12, No. 1: suppl, 1995
- [6] R. D. Lewis, R. S. Joyce, Combating automotive engine valve recession, *Tribology & Lubrication*, 139c; Available from <http://findarticles.com>, 2003
- [7] K. J. Chun, J. H. Kim, J. S. Hong, A study of exhaust valve and seat insert wear depending on cycle numbers, *Wear*, Vol. 263, pp. 1147-1157, 2007
- [8] S. K. Nanda, A. P. Roskilly, Exhaust valve failure under residual fuel operation, *Journal of Marine Design and Operations*, University of Newcastle Upon Tyne No B2, pp. 23-28, 2003
- [9] H. Frellmanni, T. Grob, t. Ludwig, Typical wear mechanism of 2-Stroke exhaust valves, *Markisches Werk GmbH*, <http://www.mwh.de/Service/~media/8CEF943B88BE4674982E0DC5A23E1268.ashx>, 2004
- [10] Y. K. Lavhale, J. Salunke, Overview of failure trend of inlet & exhaust valve, *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, Vol. 5, No. 3, pp. 104-113, 2014
- [11] A. Pandey, R. K. Mandloi, Effects of high temperature on the microstructure of automotive engine valves, *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, Vol. 4, No. 3, pp. 122-126, 2014
- [12] M. U.zkut, B. Ünlü, S. Yilmaz, M. Akdağ, The investigation of optimum welding parameters in connecting high alloyed X53CrMnNiN219 and X45CrSi93 steels by friction welding, *3rd International Symposium on Sustainable Development*, Sarajevo, pp. 29-39, May 31 - June 01 2012
- [13] M. Uzkut, The determination of optimum welding parameters of high alloyed two different steels on joining by friction welding, *PhD Thesis*, in Turkish, Manisa, 1999
- [14] M. I. Karamangil, A. Avci, H. Bilal, Investigation of the effect of different carbon film thickness on the exhaust valve, *Heat Mass Transfer*, Vol. 44, pp. 587-598, 2008
- [15] H. J. C. Voorwalda, R. C. Coisse, M. O. H. Cioffi, Fatigue strength of X45CrSi93 stainless steel applied as internal combustion engine valves, *Procedia Engineering* 10, pp. 1256-1261, 2011
- [16] V. Kazymyrovych, Very high cycle fatigue of engineering materials, *Karlstad University Studies*: 22. ISSN 1403-8099, ISBN 978-91-7063-246-4, 2009

و ۱۳-الف خستگی نمونه عمدتاً از نوع پرچرخه بوده است [۲۴] و [۲۵]. ترک‌های طولی و عرضی مشاهده شده در سطح شکست کف دریچه (شکل ۱۳-ب) نیز ناشی از تردی ریزساختار در این ناحیه است. بعلاوه مقداری خمیدگی در ناحیه ساق نزدیک به رویه دریچه نیز مشاهده شد که می‌تواند دلیل بر اعمال بار خمشی زیاد، پس از شکست، بر روی نمونه باشد.

نتیجه گیری

- ۱- دو قسمت دریچه از نظر ترکیب شیمیایی، با مشخصات استاندارد هریک از فولادهای 1.4718 (قسمت بالای دریچه) و 1.4871 (قسمت پایین دریچه) مطابقت داشت لکن مقدار سختی و ساختار ریزساختاری بویژه در نواحی موضع جوش، ساق پایین موضع جوش و کف دریچه افزایش یافته است.
- ۲- ریزساختار در نواحی پایین موضع جوش و کف دریچه دارای تراکم کاربیدهای درشت و پیوسته مرزخانه ای است.
- ۳- حرارت دیدن بیش از حد باعث تغییر ساختار کف دریچه و ذوب قسمتی از آن پس از شکست شده است.
- ۴- اعمال نیروی زیاد یا غیرهم محور بر روی ساق دریچه باعث کج شدن آن و شکستن از موضع جوش گردیده است. این می‌تواند به دلیل کارکرد نامناسب موتور یا ایجاد ناهماهنگی در عملکرد دریچه و سمبه و در نتیجه برخورد این دو با هم باشد که یکی از دلایل احتمالی شکست کف دریچه نیز هست.
- ۵- لایه استلایتی بر روی نشیمنگاه دریچه مشاهده نگردید که مطلوب نبوده و می‌تواند تخریب دریچه را به دلیل سایش، خوردگی دمای گرم و تغییر شکل پلاستیک سطح نشیمنگاه، تسریع نماید.
- ۶- بطور کلی علت شکست دریچه مورد بحث کارکرد نامناسب موتور و در نتیجه گرم شدن بیش از حد دما بوده است.

تقدیر و تشکر

در اینجا لازم می‌دانیم از شرکت اسپید آزمون البرز به دلیل تأمین مالی این تحقیق و ارائه اطلاعات لازم تشکر و قدردانی نماییم.

مراجع:

- [1] N. Vardar, A. Ekerim, Investigation of exhaust valve failure in heavy - duty diesel engine, *Gazi University Journal of Science GU J Sci*, Vol. 23, No. 4, pp. 493-499, 2010

¹ Bending Overload

- [21] Metallography and Microstructures, Vol. 9, ASM Metals Handbook, 1990
- [22] M. Azadi, M. Roozban, A. Mafi, Failure analysis of an intake valve in a gasoline engine, The Journal of Engine Research, Vol. 26, pp. 03-09, spring 2012
- [23] <http://www.Metallograph.de>, Information About Steel for Metallographer, Material Card Index, Material Selection, Heat Resisting Steels and Valve Steels, Material Number 1.4871
- [24] ASM Handbook, Vol.1, Properties and Selection: Steels, High-Performance Alloys, Fatigue Resistance of Steels, pp. 677-679, 1990
- [25] ASM Handbook, Vol. 12, Fractography, pp. 367-373, 1987
- [17] Y.-c. Zhao and H.-z. Yan, Experimental study on wear failure course of gas-valve/valve-seat in engine, Journal of Central South University of Technology, vol. 12, pp. 243-246, 2005
- [18] O. G. Kwon, M. S. Han, Failure analysis of the exhaust valve stem from a Waukesha P9390 GSI gas engine, Engineering Failure Analysis, Vol. 11, pp. 439 – 447, 2004
- [19] H. J. C. Voorwalda, R. C. Coisse, M. O. H. Cioffi, Fatigue strength of X45CrSi93 stainless steel applied as internal combustion engine valves, Procedia Engineering 10, pp.1256–1261, 2011
- [20] SAE J775, Engine Poppet Valve Information Report, SAE International, Surface Vehicle Information Report, Issued, 06-1961, Revised 11-2004



Failure analysis of an exhaust valve in a bus engine

H. Ghiasi^{1*}, M. Soltanloo²

¹ Institute of Technology Development in Sharif University, Tehran, Iran, ghiasi@acecr.ac.ir

² Nirou Research Institute, Tehran, Iran, msoltanloo@nri.ac.ir

*Corresponding Author, Telephone Number: +98-21-66075198

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 05 August 2015

Accepted: 14 October 2015

Keywords:

Exhaust Valve

Failure

Failure Analysis

Fatigue

High Temperature

ABSTRACT

Both of the exhaust and intake valves are very important components of a diesel engine which are used to control the entrance and exhaust of gases in internal combustion engines. During opening and closing, these valves are subjected to high temperature, spring force and high pressure (up to 15 Mpa) inside the cylinder. Various factors, including mechanical fatigue at high temperatures, thermal fatigue, reduction their mechanical properties such as hardness and yield strength due to heating, wear caused by impacts, especially at the seat and the guide sections, corrosion, excessive heating and accumulation of soot on the valve can be caused to failure of the valve. However, the valves are mainly failed by fatigue. The temperature of internal portions of intake valve and exhaust valve are 550 °C and 800-900 °C, respectively. Therefore, these parts are subjected to thermal loading and chemical corrosion at high temperatures. In this research, the failure causes of a bus exhaust valve were studied using chemical analysis, macroscopic and microscopic investigations by optical and scanning electron microscopes and hardness test. It was found that the probable cause of failure is the improper performance of the engine which results in excessive rising of temperature and finally causes to failure of valve.



© Iranian Society of Engine (ISE), all rights reserved.

