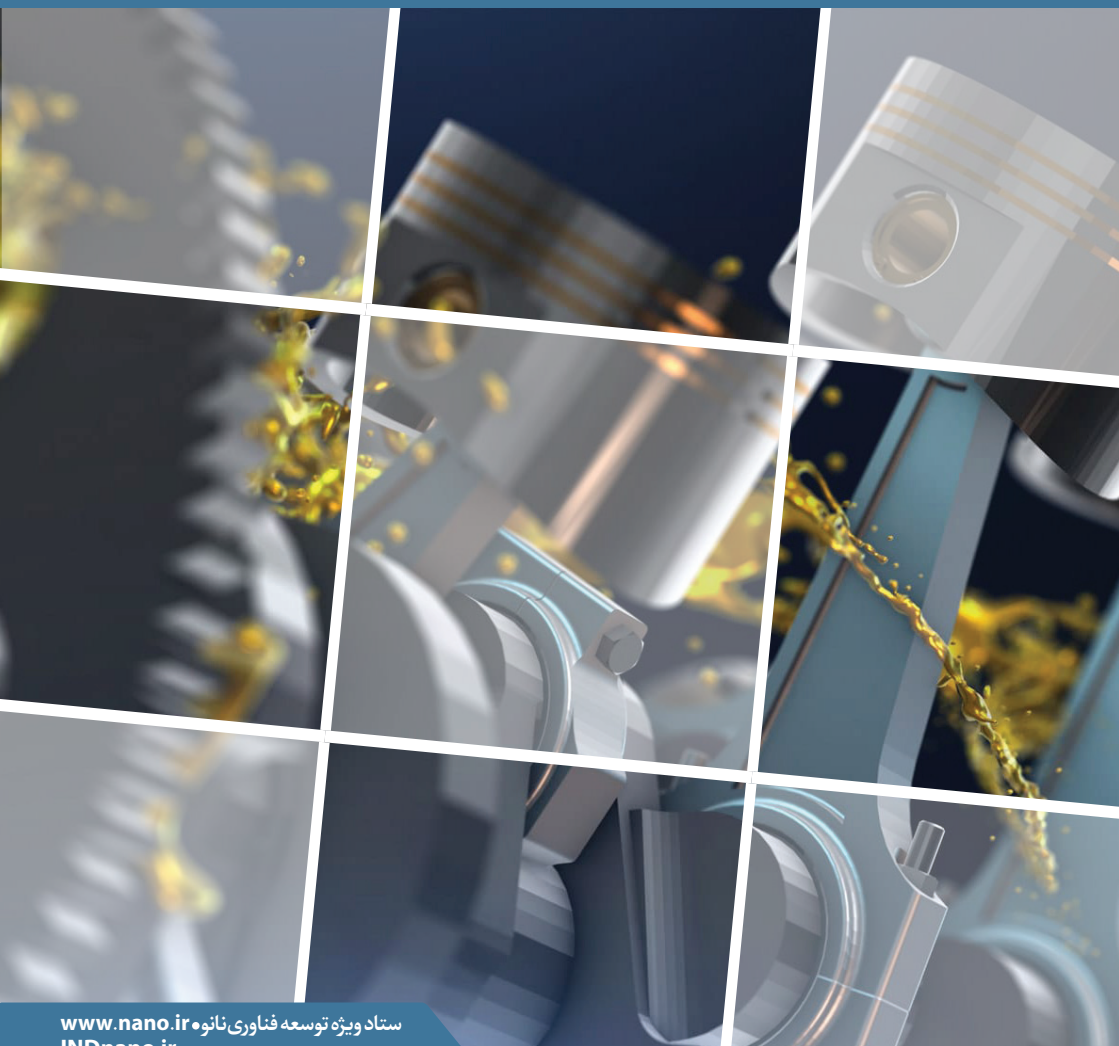


# کاربرد نانوذرات الماس در صنعت روانکارها

سال انتشار: ۱۴۰۰



## شناسنامه

### ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

گروه رصد و تولید محتوای بخش ترویج صنعتی

۰۲۱-۶۳۱۰۰

تلفن:

توسعه فناوری مهرویژن

طراحی و اجرا:

۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰

نمابر:

داود قزایلو

نظارت:

www.nano.ir

پایگاه اینترنتی:

report@nano.ir

www.INDnano.ir

@INDnano.ir

اینستاگرام نانو و صنعت:



تهیه کننده:

مرکز نوآوری بهران تک

IND@nano.ir

پست الکترونیک:

۱۴۵۶۵-۳۴۴

صندوق پستی:

## فهرست مطالب

|   |                                                        |
|---|--------------------------------------------------------|
| ۳ | چکیده                                                  |
| ۳ | مقدمه                                                  |
| ۵ | افزودنی نانوالماس                                      |
| ۵ | نحوه عملکرد نانوافزودنی الماس در کاربرد بهبود روانکاری |
| ۵ | نانوالماس‌ها در روغن موتور                             |
| ۶ | شرکت‌های فعال در این زمینه                             |
| ۸ | نتیجه‌گیری                                             |
| ۸ | مراجع                                                  |

## چکیده

فناوری نانو در زمینه های مختلف علم وارد شده و در صنایع مختلف نیز، محصولاتی بر این پایه ایجاد شده است. در این میان، افزودنی های روغن موتور و سوخت نیز تحت تأثیر فناوری نانو قرار گرفته و محصولات مربوطه وارد بازار شده است. نانوافزودنی های روغن به طور اساسی بر صرفه جویی سوخت و بازدهی موتور تأثیر دارند. به طور کلی، خواصی که برای این افزودنی ها ذکر شده است عبارت اند از کاهش ضریب اصطکاک، کاهش ساییدگی، ترمیم سطوح درگیر و بهبود خواص سطحی، افزایش بازده موتور در اثر افزایش عمر موتور، کاهش هزینه تعمیر و نگهداری، کاهش صدای موتور و گازهای آلاینده، جلوگیری از اکسیداسیون روغن، تمیزکردن سیستم سوخت رسانی و... با توجه به ورود فناوری نانو در سال های اخیر، گروهی از انواع نانوافزودنی های روغن نیز پا به عرصه ظهور گذاشته و در این میان نانوالماس نیز به عنوان یکی از جدیدترین و مؤثرترین این مواد مطرح بوده است. ویژگی های منحصر به فرد ذرات نانوالماس، موجب شده انواع و درجه های مختلف این ماده، کاربردهای متنوعی را در بخش های مختلف صنعت به خصوص صنعت روانکارها به خود اختصاص دهند.

**کلمات کلیدی:** روانکارها؛ افزودنی نانوالماس؛ روغن موتور؛ اصطکاک

## مقدمه

روانکار ماده ای است که با قرار گرفتن بین سطوح باعث پایین آوردن نیروی مقاومت در برابر حرکت و به تعبیری نیروی اصطکاک بین آن ها شده و در نتیجه کاهش نیروی لازم برای شروع و تداوم حرکت نسبی سطوح می شود. چنانچه بتوان به طور مطلق از تماس سطوح دارای حرکت نسبی با یکدیگر جلوگیری کرد، در این صورت می توان اصطکاک و ساییدگی را از میان برد. از وظایف اصلی یک روانکار از بین بردن اصطکاک و ساییدگی است و با استفاده از نانوافزودنی ها در این فرایند علاوه بر کارکرد بهتر قطعات، از فرسودگی زودرس آن ها و هزینه های تحمیلی کاسته خواهد شد. با استفاده از نانوذراتی که خاصیت نشر و انتقال حرارت زیادی داشته باشند، این مهم به طور محسوسی نمایان می شود و به دلیل پایداری یکسان بودن نانوذرات در تمام فضاهایی که روغن در آن جریان دارد، حرارت یکنواخت انتشار می یابد و در عین حال اکسیدکنندگی روغن یا روانکار را کاهش می دهند [۱].

پرمصرف ترین و معروف ترین روغن های روانکار، روغن های موتور هستند که علاوه بر کاهش اصطکاک بین قطعات و جلوگیری از ساییدگی قطعات موتور، وظایف دیگری چون خنک کردن موتور، گرفتن ضربه، انتقال ذرات ریز فلزات و گرد و خاک از داخل موتور به فیلتر روغن و جلوگیری از رسوب دوده در رینگ ها، سوپاپ ها و تمیز نگاه داشتن قطعات موتور را نیز به عهده دارند. به منظور حصول به روانکار با خصوصیات مطلوب و مناسب برای هر کاربرد مشخص، امروزه انواع افزودنی ها با عملکردهای مختلف، به روغن پایه افزوده می شوند. این افزودنی ها می توانند هر یک از وظایف بهبود روانکاری، خواص ضد خوردگی و ضد اکسیداسیون، گرانروی، پاک کنندگی و... را در ترکیب، به عهده داشته باشند. امروزه تمامی روانکارها با پایه معدنی و یا با پایه سنتزی، برای داشتن کارایی مناسب و مطلوب، نیازمند مواد شیمیایی دیگر یا در واقع افزودنی هایی هستند که بتواند خواص مورد نظر را در آن ها ایجاد کند.

این مواد شیمیایی سنتزی، ضمن اینکه خواص جدیدی به روانکار می دهند می توانند برخی ویژگی های موجود در روانکار را تقویت و از بروز برخی پدیده های نامطلوب در سیستم روانکاری جلوگیری کنند.

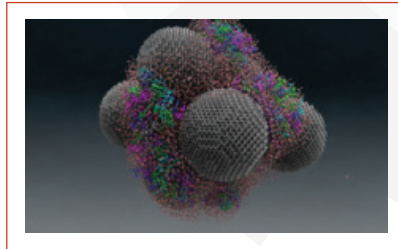
برخی از نانوافزودنی‌های روغن موتور موجود در بازار به شرح زیر هستند:

■ افزودنی حاوی نانوالماس؛

■ افزودنی حاوی نانوفلوئور؛

■ افزودنی حاوی نانوذرات طلا.

پودر نانومتری الماس نوع جدیدی از پودرهای سنتزی نانومتری بسیار سخت محسوب می‌شود. از بررسی‌های میکروسکوپی انجام شده روی پودر نانومتری الماس مشخص شده است که ذرات پودر نانومتری الماس به صورت یک مجموعه بوده و شکل ذرات نانوالماس کروی است (شکل ۱). در واقع، یک ذره الماس از یک هسته فشرده بلورین از جنس الماس و یک لایه سست خارجی حاوی انواع پیوندهای کربن-کربن تشکیل شده است [۲،۳].



➤ شکل ۱- افزودنی نانوالماس [۲].

۳۰ درصد اتم‌های نانوالماس روی سطح آن قرار گرفته‌اند و همین مسئله خواص ویژه‌ای به آن داده است. حداکثر اندازه تک‌دانه‌های نانوالماس ۱۰ نانومتر و متوسط اندازه ذرات بین ۴ تا ۶ نانومتر است. همچنین بررسی‌های انجام شده با استفاده از اشعه X روی پودر نانومتری الماس نشان می‌دهد که ذرات موجود در این پودر از جنس الماس با ساختار مکعبی هستند. مطالعات مربوط به شناسایی کیفیت سطح پودر نشان می‌دهد که سطح ذرات با گروه‌های عامل پوشیده شده است که نوع و مقدار این گروه‌ها در محصولات مختلف متفاوت‌اند. این گروه‌ها اغلب از نوع گروه‌های اکسیژن‌داری هستند که روی سطوح ذرات، بار منفی ایجاد می‌کنند. پودر نانومتری الماس در هوا تا دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و در خلأ یا محیط الکلی تا دمای ۱۰۰۰ تا ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد مقاوم است. دمای ۱۱۰۰ درجه دمای شروع تبدیل شدن الماس به گرافیت است. این پودر نانومتری الماس از نظر شیمیایی در برابر محیط‌های اسیدی، قلیایی، مواد اکسیدکننده و حلال‌های آلی در شرایط محیطی و دمای بالا مقاوم است. نتایج بررسی وضعیت ناخالصی‌های احتمالی موجود در پودر نانومتری الماس نشان می‌دهد که میزان ناخالصی موجود در هر پودر نانومتری الماس به نوع آن پودر بستگی دارد و بر اساس شرایط فنی تولید بین ۱ تا ۳ درصد وزنی متغیر است. ناخالصی‌های غیرکربنی که معمولاً شامل آهن، مس، کلسیم، سیلیکون، کروم، تیتانیم و همچنین مقادیر جزئی از سایر فلزاتی است که به نحوی در فرایند تولید و تخلیص نانوالماس حضور دارند، معمولاً بر اساس خاکستر باقی‌مانده پس از سوزاندن تعیین می‌شوند. مواد کربنی غیر از الماس، ناخالصی محسوب نشده و ترکیبات مفیدی برای کاربردهای نانوالماس محسوب می‌شوند. در جدول ۱، برخی از خصوصیات پودر نانومتری الماس ارائه شده است [۴].

جدول ۱- ویژگی های نانوالماس [۳]

|                   |                                                                    |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------|
| اندازه دانه       | ۴-۱۰ نانومتر برای کریستال های اولیه، ۳۰-۲۰۰ نانومتر برای توده ذرات |
| سطح مخصوص         | $300-400 \text{ m}^2/\text{g}$                                     |
| درصد الماس        | ۸۰-۱۰۰ %                                                           |
| درصد کربن آمورف   | حداکثر ۲۰ درصد                                                     |
| دانسیته بالک      | $0.1-0.3 \text{ g/cm}^3$                                           |
| دانسیته پیکنومتری | $2.5-2.6 \text{ g/cm}^3$                                           |

### افزودنی نانوالماس

نانوالماس از جمله افزودنی های روغن و مواد روانکار است. این نانوذرات در ترکیب با روانکارها، ضریب اصطکاک سطوح درگیر را به طور چشمگیری کاهش می دهند. نانوالماس نوع جدیدی از الماس های سنتزی است که ضمن عمل روانکاری، لایه نازکی روی سطح تماس ایجاد می کند و نانوالماس ذرات منافذ ریز موجود بر سطوح را پر می کند. یکی دیگر از خصوصیات نانوالماس، شکل کروی این ذرات نانویی است که اندازه این ذرات ۴ تا ۶ نانومتر است. علاوه بر آن، این نانوذرات دارای خاصیت نشر و انتقال حرارت بالایی است [۵].

### نحوه عملکرد نانوافزودنی الماس در کاربرد بهبود روانکاری

پودر نانوالماس، به روغن موتور افزوده می شود و سوسپانسیون پایداری ایجاد می کند. نانوالماس موجود در روغن روی سطوح در تماس با روغن، لایه ای تشکیل می دهد و دانه های فوق العاده ریز آن در خلل و فرج سطح جای می گیرند و سطح کاملاً صافی را تشکیل می دهند. با اضافه کردن پودر سیاه نانوالماس (۵/۰ درصد وزنی) در روغن های روانکار مایع، ضریب اصطکاک روانکار کاهش می یابد. نانوالماس توزیع شده در روانکار، لایه فیلمی روی سطح تماس ایجاد می کند و نانوذرات منافذ ریز موجود روی سطح را پر می کنند، علاوه بر آن نانوالماس به صورت ذرات کروی شکل و فوق العاده سخت است که به صورت حرکت چرخشی عمل می کند؛ بنابراین با تبدیل حرکت اصطکاکی لایه ها روی هم به حرکت چرخشی، نانوذرات سبب کاهش قابل توجه اصطکاک می شوند [۵].

### نانوالماس ها در روغن موتور

نانوالماس ها در بین سطوح کشویی نفوذ کرده و آن ها را نسبت به سایش مقاوم تر می کنند، با به عبارت دیگر با فعال کردن روغن کاری، اصطکاک و سایش بین سطوح را کاهش می دهند. وقتی نانوالماس به روغن موتور افزوده می شود اصطکاک تا حد زیادی کاهش می یابد و با خواص میکرو پولیشینگ آن ها سازگار است که از سرعت نفوذ آن ها در زمان اولیه کارکرد موتور و پرکردن خلل زبری و ایجاد سطوح صاف به هم چسبیده نتیجه می شود. خاصیت میکرو پولیشینگ نانوالماس ها در روغن موتورهایی که مدتی کار کرده اند کم اهمیت می شود، جایی

که نرخ سایش و زبری سطوح به همراه عواملی مانند آلودگی روغن موتور وجود دارند، از آنجایی که ساینندگی نانوالماس ها با دوره اولیه کارکرد موتور از بین نمی رود خطر ابتلا به سایش بیش از حد در یک دوره زمانی طولانی تر وجود دارد. آنالیز روغن موتور خودروهایی که با روغن موتور حاوی نانوالماس کار کرده اند سطوح بالای غیرمنتظره ای از فلزات سایشی مانند آلومینیوم، مس و کروم را آشکار می کند که نشان دهنده افزایش شتاب سایش رینگ پیستون و یاتاقان است [۵،۶].

یکی دیگر از مزایای فناوری نانوالماس به تعویق انداختن زمان اکسیداسیون روغن است که باعث افزایش عمر سرویس دهی آن می شود. برای محافظت در هنگام روشن شدن موتور خودرو که لایه روغن بسیار نازک بوده و به اصطکاک لغزشی و فرسایش زیاد بین قطعات موتور منجر می شود، بسیار مهم است. این مزیت به استارت سریع موتور، تولید حرارت کمتر، افزایش طول سرویس دهی روغن و مصرف کمتر سوخت می انجامد. همچنین قابل استفاده در انواع خودروهای بنزینی، دوگانه سوز و دیزلی توربوشاژ است.

### شرکت های فعال در این زمینه

**شرکت پردیس شیمی باختر تولیدکننده انواع روانکار با نام تجاری اولکا نانو**

(اولکا نانو اولین روغن موتور استاندارد نانویی ایران دارای نشان استاندارد و گواهی ثبت اختراع)



شرکت پردیس شیمی باختر در سال ۱۳۸۰ فعالیت خود را با هدف تولید و تأمین نیاز بازار داخل و خارج کشور به انواع روانکارهای خودرو و صنعتی آغاز کرد و در یک دهه گذشته با تولید انواع روانکارهای سطح بالا و نسل جدید با نام تجاری اولکا نانو OLCA NANO، توانسته است پس از سال ها تلاش و تحقیقات گسترده، اولین روغن موتور با فناوری نانو مبتنی بر استانداردهای روز دنیا را تولید کند.

اولکا نانو تمام استانداردهای اجباری ایران، تاییدیه های خاص و گواهی ثبت اختراع را از مراکز علمی و تحقیقاتی داخلی و خارجی دریافت کرده است و جزء تولیدکننده های روغن موتور استاندارد نانویی در ایران و موردتأیید ستاد توسعه فناوری نانو و دارای گواهی نانومقیاس است. محصولات اولکا نانو طی دو سال پیاپی به عنوان برترین محصول صادراتی ایران و رتبه اول صادرات محصولات نانویی خودرو شناخته شده و به بیش از ۱۵ کشور دنیا صادرات کالا یا دانش فنی داشته است. این شرکت با دارا بودن دو واحد تولیدی مجزا در غرب و مرکز کشور و یک واحد تولید روانکارهای تخصصی و ویژه بیشترین ظرفیت تولید محصولات نانویی کشور را دارد و هم اکنون تأمین نیاز برخی سازمان های داخلی برای روانکارهای فناوری نوین و پیشرفته هوایی و نظامی در دستور کار این شرکت است.

مزایای فناوری اولکا نانو:

- کاهش ضریب اصطکاک تا ۸۰٪؛
- افزایش توان و شتاب خودرو؛
- افزایش طول سرویس دهی روغن موتور؛
- کاهش حرارت پنهان موتور؛

- کاهش مصرف سوخت؛
- کاهش گازهای آلاینده خروجی موتور.

## شرکت فناوران مهر رضوی

شرکت فناوران مهر رضوی نانوذرات الماس مکمل روغن موتور تولیدی خود را به چند شرکت تولیدکننده روغن موتور به عنوان نمونه اولیه ارائه داده است. نانوذرات الماس به عنوان روانکار روغن موتور به افزایش بازده آن کمک می‌کند. بهره‌گیری از نانوذرات الماس در روغن‌های موتور، مواردی چون افزایش طول عمر موتور، افزایش طول عمر روغن موتور و ترمیم قطعات آسیب دیده موتور، کاهش اصطکاک تا ۸۰ درصد و کاهش مصرف سوخت تا ۸ درصد را در پی خواهد داشت.

برخی محصولات دیگر:

- نانوذرات الماس خاکستری با خلوص بیش از ۹۸٪؛
- نانوذرات الماس مشکی؛
- مکمل روغن موتور نانو با خاصیت فوق روانکاری؛

## کمپانی Shenzhen jingangyuan

شرکت چینی است که کار تولید و فروش نانوالماس و محصولات مرتبط با آن را انجام می‌دهد. طبق ادعای شرکت سازنده این افزودنی تغییرات زیر را در روانکار ایجاد می‌کند:

افزایش طول عمر موتور ماشین حدود ۲ تا ۳ برابر، صرفه جویی سوخت از ۵ تا ۸ درصد، کاهش ضریب اصطکاک تا ۸۰ درصد، ایجاد لایه نانوالماس روی سطح و ترمیم خودکار سطح، ایجاد آب بندی بسیار قوی و افزایش توان موتور در هنگام استارت در اثر آب بندی، افزایش طول عمر روغن موتور تا ۳۰،۰۰۰ کیلومتر، کاهش صدای موتور، کاهش گازهای آلاینده تولیدی و کاهش هزینه تعمیرات تا حد زیاد.

مقدار مصرف این محصول، ۱۰ تا ۲۰ گرم در برابر ۱۰۰۰ کیلوگرم روغن موتور است. مقدار افزودنی به شرایط کار موتور بستگی دارد.

## شرکت Fenom

شرکت روسی Fenom تولیدکننده افزودنی روغن موتور حاوی نانوالماس با نام اختصاری FN 949 است. خصوصیتی که برای این افزودنی ادعا شده است عبارت‌اند از تأثیرات زیستی بالا (کاهش ضریب اصطکاک)، جلوگیری از اکسید شدن روغن، بهبود خواص دمایی روغن، پایداری بالای نانوالماس در روغن موتور و جلوگیری از ساییدگی سطح. ساخت نانوالماس از طریق انفجار قوی مخلوط قابل انفجار کربن صورت می‌گیرد. اندازه نانوالماس به دست آمده ۴-۶ نانومتر بوده و سطح ویژه آن ۳۵۰ تا ۴۰۰ مترمربع به ازای یک گرم نانوالماس است [۷].



### نتیجه‌گیری

در این گزارش، خواص منحصر به فرد نانوالماس و اثرات استفاده از افزودنی حاوی نانوالماس بر بهبود عملکرد روانکارها مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به تأثیر چشمگیر مصرف این افزودنی در بهبود عملکرد روانکارها، کاهش اصطکاک، خوردگی و... اهمیت این محصول در رابطه با مقوله‌های بحث‌برانگیزی چون کاهش مصرف سوخت و انرژی، بهبود راندمان و کاهش هزینه‌های تولید و همچنین مباحث کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، امری کاملاً مشخص و انکارناپذیر است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد با مصرف افزودنی نانوالماس در روغن موتور می‌توان علیرغم صرف هزینه اولیه بسیار کم، در هزینه‌های جاری مربوط به سوخت و روغن، تعمیرات و نگهداری و تعویض قطعات موتور خودرو صرفه جویی کرد.

### مراجع

- ۱ Myshkin N, Kovalev A. Adhesion and surface forces in polymer tribology—A review. *Friction* 6(2): 143–155 (2018).
- ۲ Peng D X, Kang Y, Chen C H, Chen S K, Shu F C. The tribological behavior of modified diamond nanoparticles in liquid paraffin. *Ind Lubr Tribol* 61(4): 213–219 (2019).
- ۳ Ghaednia H, Hossain M S, Jackson R L. Tribological Performance of Silver Nanoparticle–Enhanced Polyethylene Glycol Lubricants. *Tribol Trans* 59(4): 585–592 (2016).
- ۴ Braceras I, Ibáñez I, Dominguez-Meister S, Velasco X, Brizuela M, Garmendia I. Electro-tribological properties of diamond like carbon coatings. *Friction* 8(2): 451–461 (2020).
- ۵ Hisakado T, Tsukizoe T, Yoshikawa H. Lubrication Mechanism of Solid Lubricants in Oils. *J Lubricat Technol* 105(2): 245–252 (2015).
- ۶ Padgurskas J, Rukuiza R, Prosyčevs I, Kreivaitis R. Tribological properties of lubricant additives of Fe, Cu and Co nanoparticles. *Tribol Int* 60: 224–232 (2019).
- ۷ Standard Method of Sampling Petroleum and Petroleum Products”, ASTM Designation 270 – 65.