

SAT-1.202-1-RR-03

## **A Research about Roughness of Sliding Friction Surfaces of Couples Working in a Field with Modifiers of Friction**

Kangalov Plamen, Desislava Beleva

### **Изследване на грапавостите на триещи се при плъзгане повърхности на двоици работещи в среда с модификатори на триенето**

Пламен Кангалов, Десислава Белева

**Abstract:** The wear of sliding friction surfaces in the machinery and equipment is influenced by great variety of factors. A significant importance for their durability is combination of the materials of friction couples and roughness of the sliding surfaces. The dynamics of alteration of the roughness is one of the most important characteristics of the processes of activation and wear as well as durability of friction surfaces.

**Key words:** wear, roughness, sliding friction, friction surfaces

#### **Въведение**

Върху износването на триещите се при плъзгане повърхности в машините и съоръженията оказват влияние твърде много фактори. От голямо значение за тяхната трайност са съчетаването на материалите на триещите се двоици и грапавостта на триещите се при плъзгане повърхности. Динамиката на изменение грапавостта на триещите се при плъзгане повърхности е една от важните характеристики на протичащите при сработване и износване процеси и има съществено значение за износоустойчивостта на триещите се двоици [4].

След сработването и настъпването на стационарния процес на износване при постоянен режим на триене се получава равновесна грапавост на контактиращите повърхности [4]. Изходната технологическа грапавост е оптимална, ако с минимално износване при сработване се достига равновесната грапавост.

Процесът на сработване и износване протича в сложна съвкупност от физико-химически явления в повърхностния слой на триещите се двоици, довеждащи до получаването на определена износоустойчивост [3]. Износоустойчивостта на триещата се двоица зависи от параметрите на режима и условията на триене, фазовия и химически състав на материала, параметрите на субмикроструктурата и тяхното изменение при триенето и износването.

Повишаване трайността на детайлите и възлите изисква основно изучаване на твърде много фактори оказващи влияние върху износоустойчивостта на работните повърхности. Микротвърдостта на триещите се при плъзгане повърхности е една от важните характеристики, имаща съществено значение за износоустойчивостта на триещите се двоици от новата и ремонтирана автотракторна и земеделска техника [5].

Целта на изследването е на базата на разработената методика, да се изследва изменението на грапавостта на триещи се при плъзгане повърхности на двоици от стомана СТ45 И БО30 работещи в среда с модификатори на триенето. При сработване с базово масло SAE 30 и масло SAE 30 с добавка на комплексен полиестер [2].

#### **ИЗЛОЖЕНИЕ**

В последните години за сработване на ремонтираните агрегати от земеделската техника започнаха да се използват металоорганични добавки към маслата, които действат като модификатори на триенето. Най-често се прилагат органични съединения на пластичните метали: мед, калай, молибден и др., както и някои полимери - тетрафлуоретилен, епоксидни и фенолформалдехидни смоли [1].

Модификаторите на триене наред с противозадирното си действие адсорбционно пластицират и химически модифицират металната повърхност, като създават защитен слой върху

триещите се повърхности. Тези слоеве предотвратяват задирането, играят ролята на "твърда смазка" като способстват да се шлифова и полира металната повърхност. На несработените повърхности, там където се развиват високи локални налягания и температури те пластифицират метала като ускоряват износването и заглаждането на микронеравностите. По този начин модификаторите на триене спомагат за по-бързо сработване с минимално износване, при което ресурсът на ремонтираните двигатели и земеделски агрегати се увеличава. Успоредно с износването на върховете се запълват вдлъбнатините на грапавата повърхност с мек пластичен метал (напр. мед или калай), което ускорява сработването. Този факт намалява съществено времето и понижава износването, като с това увеличава ресурсът на ремонтираните двигатели [3].

Синтетичните естерни масла притежават отлични свойства като превъзхождат минералните масла по много показатели: смазочна способност, вискозитетно-температурни свойства, нискотемпературни характеристики, ниска изпаряемост, предизвикват по-малко отлагания, по-икономични са и са биоразградими [2].

За основни входни параметри на модела за изследване на процеса на сработване и износване на триещите се при плъзгане повърхности бяха приети: параметри на натоварването на триещата се двоица, материалите на триещите се повърхности, среда на триене и износване, схемите и продължителността на опитите при изпитването, оценка на процеса на сработване и износване на триещите се при плъзгане повърхности. За основни изходни параметри на модела за изследване бяха приети: вектора на параметрите на износването, (износване на триещата се двоица, износване на ролката и сектора), вектора на параметрите на момента на триене в края на натоварването на двоицата, момента на триене в края на изпитването, момент на сработване време за сработване и установено износване, вектора на параметрите на твърдостта (макро и микротвърдост на ролката, средна микротвърдост на сектора, микротвърдост на входа и изхода на сектора), вектора на параметрите на грапавостта на триещите се повърхности (средна грапавост на ролката, средна грапавост на сектора, грапавост на входа и изхода на сектора и изменението на грапавостта по дължина). За физическия модел на триещото се съединение "вал-лагер" е приета двоицата "ролка-сектор" със съответните параметри на физическо и геометрично подобие. Параметрите на образците за изпитване са избрани със структурни характеристики, определени въз основа на статистическо изследване на подлежащите на възстановяване детайли от автотракторната и земеделска техника [4].

За основни входни параметри на модела за изследване на процеса на сработване на триещите се повърхности при плъзгане (фиг.1) са приети видът на модификатора на триенето и неговата концентрация в маслото, а за изходни векторите на параметрите на износването, момента на триене, твърдостта и грапавостта на триещите се повърхности [5].



**Фиг.1** Модел за изследване процеса на сработване на триещи се повърхности при плъзгане:  
*Вм, Км са вид на модификатора, концентрация на модификатора.*  
*Ji, Mi, Hμ, Rz - вектори на параметрите на износването, моментите на триене, твърдостта и грапавостта на триещата се повърхност.*

На изследване са подложени двойки образци от СТ45, закалена при нагряване с ТВЧ и антифрикционна сплав от оловен бронз БО30. Опитите са проведени, на машина СМЦ-2 по схемата ролка-сектор в условията на точно мазане. Едната серия опити са проведени с базово масло SAE 30, а другата с добавка на 2 % КПЕ (комплексен полиестер) към базовото масло. Температурата на маслото в малко - обемната камера за триене и износване в процеса на сработването се намира в диапазона 30 ... 40 °С. Тази температура съответства на режимите при

студено прогонване и пускане на ремонтираните автотракторните двигатели, когато се получава значително износване. С всяка двойка образци са провеждани по 6 опита с обща продължителност 14 часа. Първите два опита са с продължителност по 1 час, вторите два опита по 2 часа и последните два по 4 часа [5].

При комплектоването на ролките и секторите в двойки е извършван селективен подбор на образците по твърдост, грапавост и отклонения на размерите за постигане на по-добра възпроизводимост на експерименталните резултати. Ролките след закаляване и отпускане са с твърдост  $55 \pm 2$  HRC и  $HV_5 = 6100 \pm 400$  МПа, а антифрикционния слой на секторите е –  $HV_5 = 490 \pm 50$  МПа. Макротвърдостта на триещите се повърхности е определена по метода на Викерс с твърдомер ТП-1, при натоварване 5 kg, а микротвърдостта – с прибор ПМТ-3 при натоварване 100 g за ролката и 50 g за сектора. Предварителните измервания на твърдостта на закалените повърхности на ролката са извършени по метода на Роквел и твърдомер ТР [5].

Ролките имат диаметър на триещата се повърхност 50 mm с грапавост по  $Ra = 0,55 \dots 0,65 \mu\text{m}$ , ширина 12 mm. Секторите са с ширина 10 mm, с триеща се повърхност от  $2 \text{ cm}^2$  и начална грапавост по  $Ra = 0,9 \dots 1,1 \mu\text{m}$ .

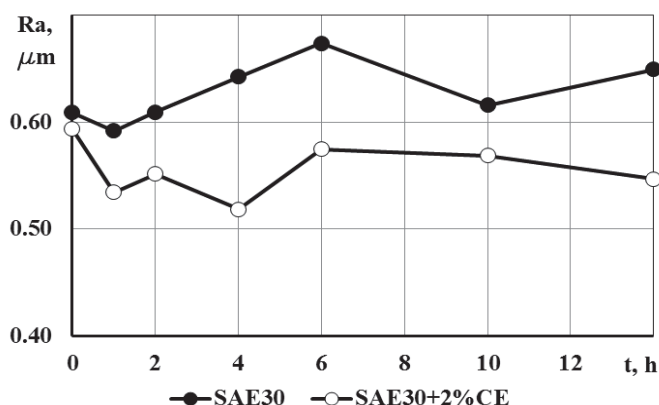
В процеса на сработване и износване на образците се измерваха и записваха продължителността на изпитване за всеки опит, температурата на маслото, честотата на въртене и сумарните обороти на ролката, преди и след всеки опит се измерваше грапавостта на триещите се повърхности на ролката и сектора [4].

Сработването и износването на образците е извършено при постоянно натоварване от 100 daN и постоянна честота на въртене  $540 \text{ min}^{-1}$ , вследствие на което налягането в триещата се двойка е 5 МПа, скоростта на плъзгане – 1,40 m/s и триботехническа характеристика  $PV = 7,05 \text{ МПа.m/s}$ . Натоварването на триещата двойка е извършено безстепенно със скорост 1 МПа/min и е измерено с точност 1 daN [5].

Въз основа на получените и статистически обработени резултати от проведеното изследване са построени графически зависимости на динамиката на изменение на грапавостта на триещи се при плъзгане повърхности на двойки работещи в среда с модификатори на триене.

Изменение на грапавостта при сработване с модификатори на триене.

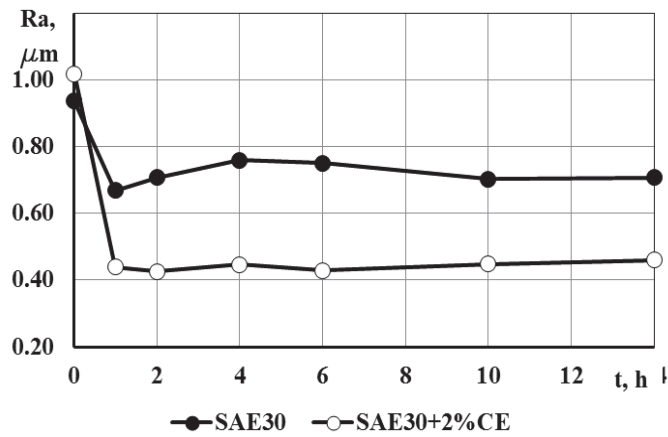
От фиг.2 се вижда, че данните при триене на плъзгане с модификатори на триенето показват намаляващи стойности на грапавостта.



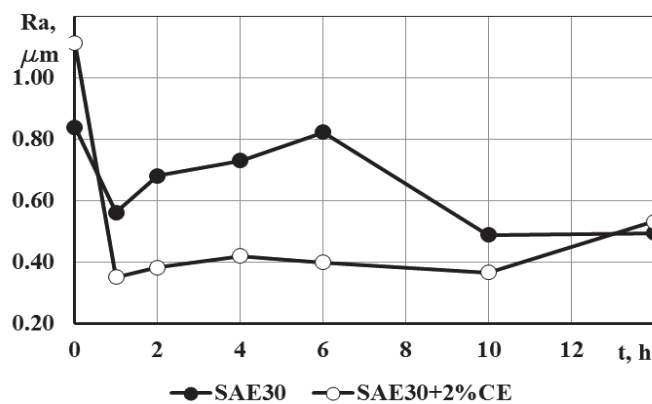
Фиг.2 Изменение грапавостта на ролката при триене на плъзгане в масло SAE30 и масло SAE30 с модификатор на триенето

При двата вида масло се наблюдава намаляваща грапавост (фиг.3) и при двете масла като при маслото с модификатор стойностите са по-ниски.

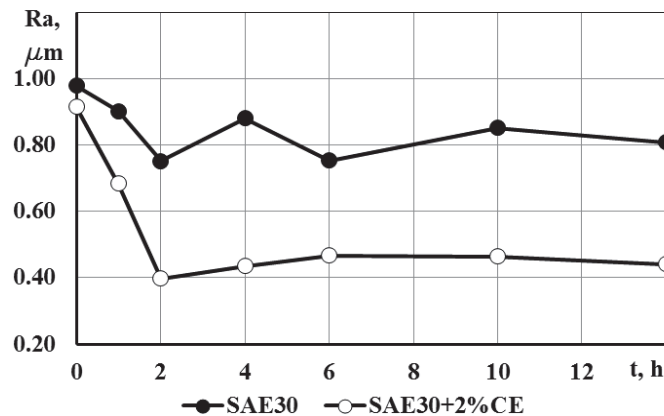
От фиг.4 се вижда, че грапавостта на входа на сектора в началното състояние при масло с модификатор е по-висока като в първият час пада рязко и става равномерна и в края на изпитването е съпоставима с тази с масло SAE30.



Фиг.3 Изменение грапавостта на сектора при триене на плъзгане в масло SAE30 и масло SAE30 с модификатор на триенето



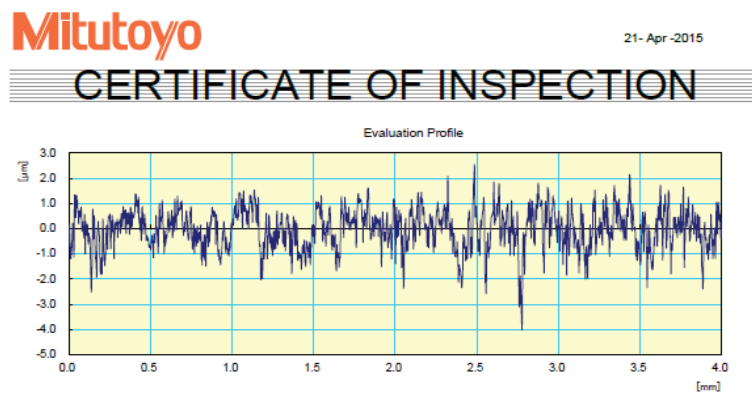
Фиг.4 Изменение грапавостта на входа на сектора при триене на плъзгане в масло SAE30 и масло SAE30 с модификатор на триенето



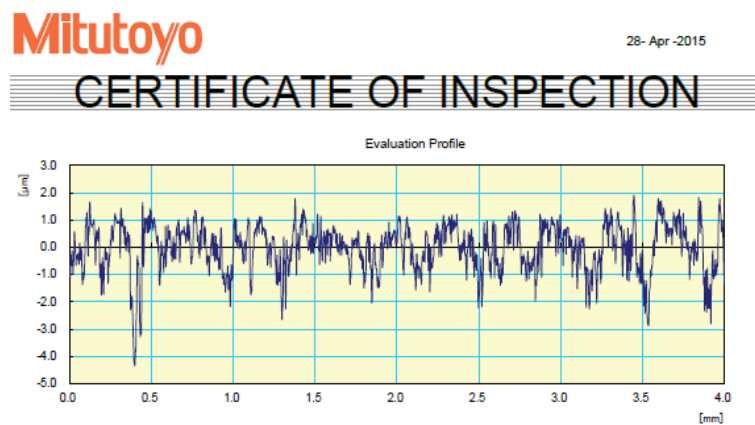
Фиг.5 Изменение грапавостта на изхода на сектора при триене на плъзгане в масло SAE30 и масло SAE30 с модификатор на триенето

Вижда се, че при използване на модификатори на триене сработването (фиг.5) завършва за по-кратко време - за около 2 часа, като изходната технологична грапавост намалява, след което настъпва равновесната грапавост на триещите се повърхности.

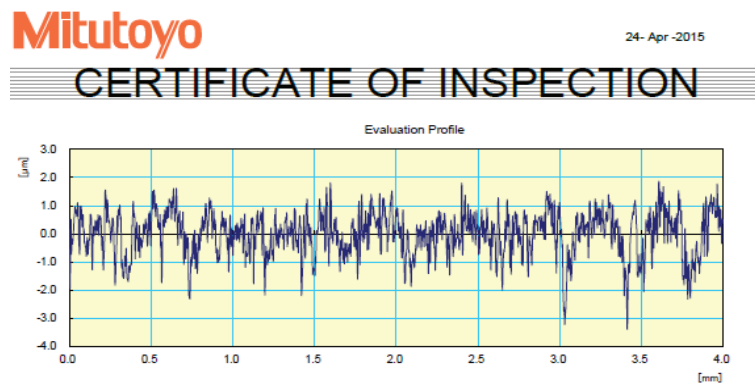
На фиг.6, 7, 8 и 9 са представени профилограмите на ролката преди изпитването и след изпитването при триене на плъзгане в масло SAE30 без и с модификатор на триенето.



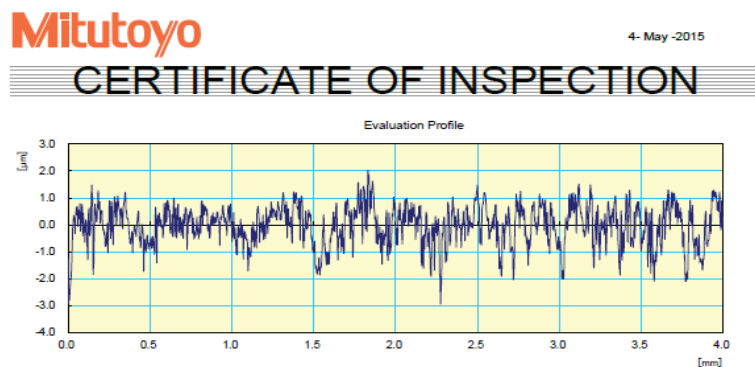
Фиг.6 Профилограма на ролката преди изпитването при триене на плъзгане в масло SAE30



Фиг.7 Профилограма на ролката в края на изпитването при триене на плъзгане в масло SAE30



Фиг.8 Профилограма на ролката преди изпитването при триене на плъзгане в масло SAE30 с модификатор на триенето



Фиг.9 Профилограма на ролката в края на изпитването при триене на плъзгане в масло SAE30 с модификатор на триенето

### ИЗВОДИ

1. По-малката грапавост на двоицата от триещите се повърхности в присъствие на модификатор свидетелства за по-добро качество на сработване на ролката и сегмента
2. Маслото с добавка на 2 % модификатор КПЕ намалява съществено времето за сработване на триещата се двоица (от 4 на 1 час) в сравнение с базовото масло SAE30.
3. Проведените изследвания за въздействието на органичния безпепелен модификатор комплексен полиестер върху смазочните свойства на моторното масло SAE30 на експерименталната уредба за триене СМЦ-2 потвърждават добрите резултати с този модификатор, получени с четирисъчмена машина за триене в Русенския университет “Ангел Кънчев“

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Николов, М., М. Димитров, Н. Господинова. Повишаване трайността на ремонтни автотранспортни двигатели чрез сработване с цинков олеат. Русе: Трудове на научната сесия, Русенски Университет, 2006.
- [2] Павлов, Д., Н. Господинова, С. Керекон. Синтез на комплексни естери на дикарбоксилни киселини с полиакриленгликоли, както и естери на неопентилполиоли с монокарбоксилни киселини. Русе: Научни трудове на Русенския Университет, том 53, серия 1.1, 2014.
- [3] Тончев Г., М. Николов, П. Кангалов Изследване микротвърдостта на наварени покрития в газови смеси при триене на плъзгане. сб. “Надеждност, 96”, част III, София: 1996, стр. 57...60.
- [4] Николов М., Г. Тончев, П. Кангалов Изследване на грапавостите на триещи се при плъзгане повърхности на двоици от различни материали. сб. “Юбилейна научна конференция Сливен’97” том 2, Сливен: 1998, стр. 90...95.
- [5] Николов М., П. Кангалов, Д. Белева, К. Дякова-Димитрова, Повишаване трайността на триещи се при плъзгане двоици чрез модификатори на триенето // Научни трудове на Русенския университет, том 54, серия 1.1, Русе, ПБ при РУ, 2015, стр. 206-209, ISSN:1311-3321.

### *За контакти:*

Проф. д-р инж. Пламен Ганчев Кангалов, катедра “РНММЛХТ”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.:082 888 701, e-mail: [kangalov@uni-ruse.bg](mailto:kangalov@uni-ruse.bg)

Инж. Десислава Белева, катедра „РНММЛХТ”, Русенски университет „Ангел Кънчев”, GSM: 0884/631 473, e-mail: [dbeleva@uni-ruse.bg](mailto:dbeleva@uni-ruse.bg)