

**ЕКСПЛОАТАЦИОННИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ОБРАБОТЕНИ ЧРЕЗ СВОБОДНО НАТИСКОВО ДОРНОВАНЕ БРОНЗОВИ ЛАГЕРНИ ВТУЛКИ**

**Тихомир Василев, Димитър Георгиев**

**Abstract:** The article examined issues concerning the influence of finishing processes on the performance of bronze bearing bushings. Made a study of climate coefficient of friction of different firmness mandrel burnishing compared to machining by turning

**Key words:** copper alloy, bronze bushes, burnishing, sliding bearing, coefficient of friction;

*Въведение*

Триенето, като основен експлоатационен параметър при плъзгащите лагери зависи от много фактори присъщи както на отделните лагеруващи тела, така и на тяхното взаимно разположение.

Параметрите на качеството на контактуващите повърхнини, имат съществено влияние върху параметрите на контакт. Това особено силно се отнася до поведението на бронзовите лагерни втулки в условието на триене при плъзгане.

Точността на формата и размерите на лагерните втулки са свързани пряко с условието за осигуряване на течно триене и от там достигането на минимален коефициент на триене, и оптимизация на условията на контакт [3,5].

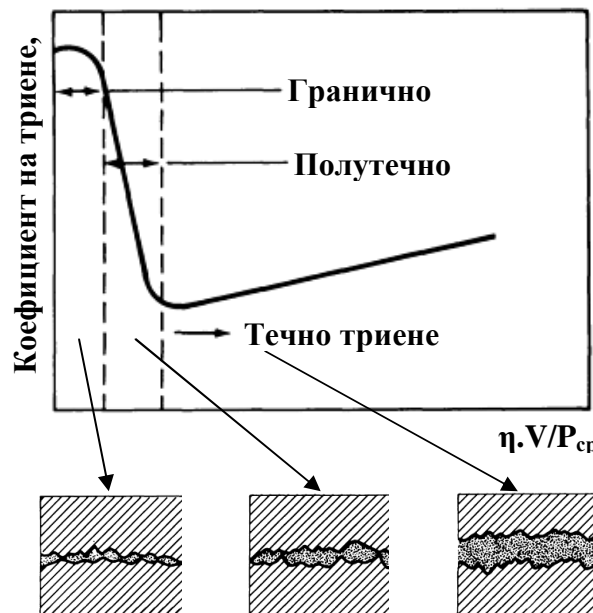
Големината и посоката на микрограпавините по контактната повърхност също съществено влияят върху условията на триене [1].

Доказани са технологичните възможности на дорноването, като довършваща обработка на бронзови лагерни втулки, за значително подобрене на всички параметри на качество на техните контактни повърхнини.

След дорноване се наблюдава съществено подобряване на точността на формата и размерите на бронзовите лагерни втулки, но най-характерен ефект дорноването дава върху параметрите на оставащата след него грапавост. Посоката на грапавините се ориентира успоредно на остта на втулката и съответно перпендикулярно на посоката на относителното експлоатационно движение на вала спрямо втулката. Това създава

допълнителни ефекти на задържане на масло по контактните повърхнини и подобрява параметрите на контакт, осигурявайки течно триене в много широк диапазон от експлоатационни условия.

Режимните параметри (периферна скорост, натоварване и качества на мазилното вещество) също оказват голямо влияние върху триенето между лагеруващата двойка. На фиг. 1, може да се наблюдава влиянието на тези параметри върху коефициента на триене.



**Фиг. 1.** Изменение на коефициента на триене в зависимост от експлоатационните параметри на триене, за различните типове на контакт между триещите се тела [3, 4];

С увеличаване на периферната скорост  $V$ , m/s и понижаване на средното повърхностно налягане  $P_{cp}$ , МРа, имаме намаляване на коефициента на триене до известна минимална стойност и последващото му плавно покачване [3,4]. Средното повърхностно налягане  $P_{cp}$  се влияе от геометричните параметри на лагерната втулка и от приложеното външно натоварване. Динамичният вискозитет  $\eta$  се влияе, както от природата на използваното смазващо вещество така и от неговата работна температура.

*Методика на експеримента*

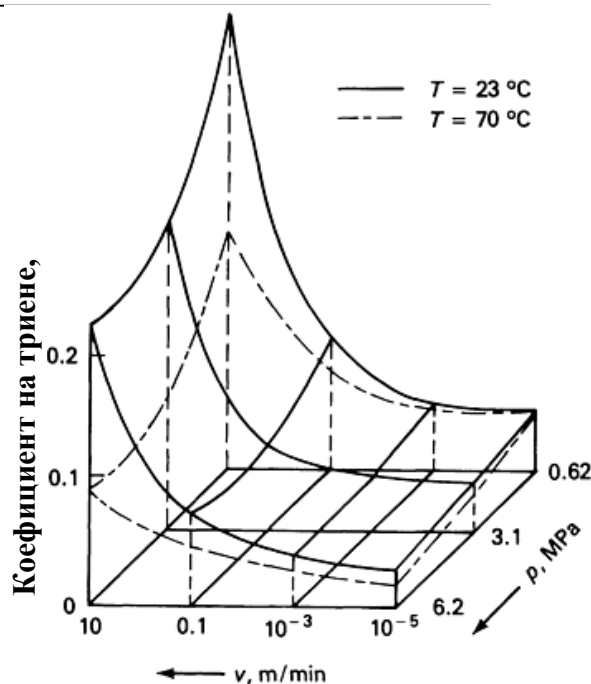
Цел на настоящото изследване е да се изследва влиянието на параметрите на процеса дорноване върху коефициента на триене по време на експлоатация на 6 броя експериментални образци в условията на триеща двойка (бронзова лагерна втулка и вал). Втулките са изработени от бронзова тръба с марка на материала CuSn5Pb5Zn5, обработени по различни довършващи процеси като получените след обработка качествени характеристики са показани в табл.1.

**Табл.1**

Обр	Довършваща обработка	Стегнатост $i$ , mm	Получ. грапавост $Ra$ , $\mu m$
1	струговане	0	0,92
2	дорноване	0,10	1,1
3	дорноване	0,35	0,6
4	дорноване	0,45	0,40
5	дорноване	0,75	0,40
6	дорноване	1,00	0,37

На фиг.2 е показана характеристична зависимост на коефициента на триене в зависимост от средното лагерно налягане  $P$ , МРа и относителната скорост  $V$ , m/min на влизаци в контакт триещи се повърхнини.

Цел на настоящото експериментално изследване е да се измери коефициента на триене в зависимост от параметрите, показани на фиг.2, за повърхнините, обработени с различни довършващи обработки, посочени в табл.1.



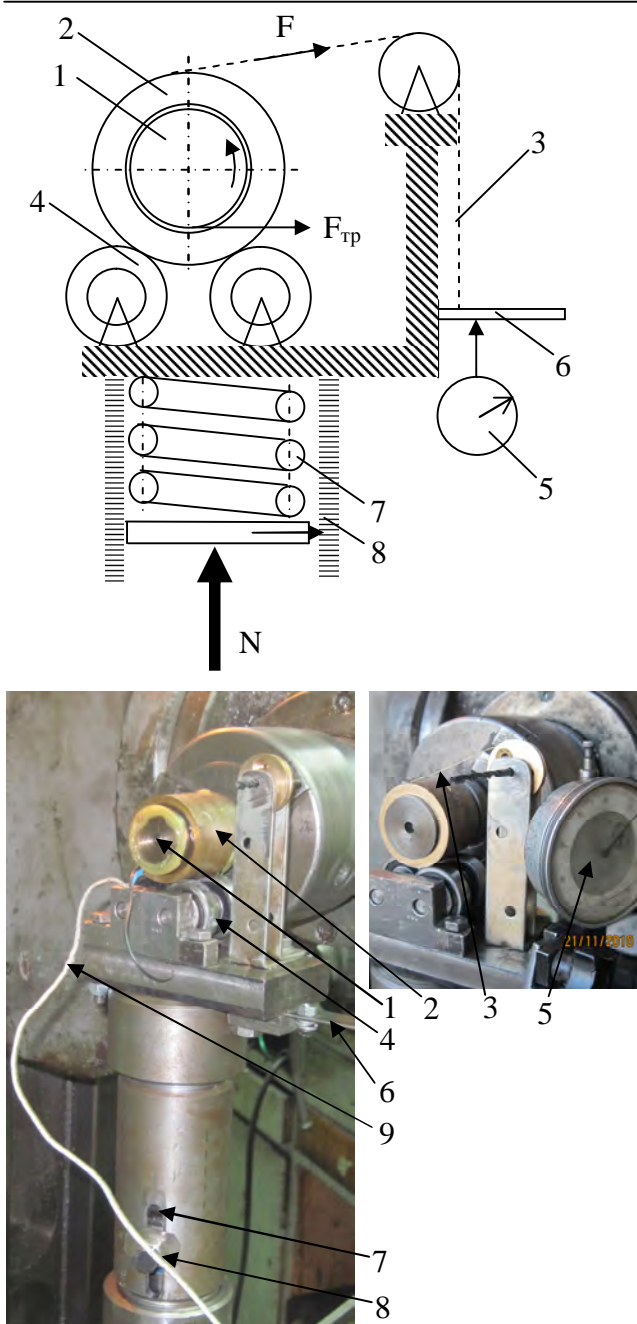
**Фиг. 2.** Изменение на коефициента на триене в зависимост от натоварването  $P$  и периферната скорост  $V$ , при различни температури [3]

За експериментална установка, с помоща на която определяме коефициента на триене е избрана и осъществена следната, показана на фиг.3 схема.

Валът 1 е монтиран в патронника на универсална фреза, чрез която се предава въртеливо движение с различна скорост на въртене. Той е разположен в изследваната бронзова втулка 2, на която с помоща на пружина 7 и скала за отчитане на преместването 8 се прилага сила с известна стойност. Втулката има възможност да се завърта по оста на вала благодарение на поставените под нея 3бр ролкови лагери 4, разположени шахматно. Тангенциално на лагерната втулка е закрепена метална нишка 3, която е твърдо свързана с пружинна пластина 6, като деформацията в нея се отчита от индикаторен часовник 5.

След развъртане на вала, силата на триене създадена между него и лагерната втулка се стреми да я завърти в същата посока, а закрепената за втулката нишка се измества и деформира пружинната пластина до определена степен.

Пружината за създаване на натоварването и пластината за отчитане на въртящия момент са тарирани независимо от експеримента с теглилки и хидравлична преса.



**Фиг. 3.** Експериментална установка за определяне на коефициента на триене

Ако приемем, че  $D$  и  $d$  са съответно външния и вътрешния диаметър на втулката за определяне на коефициента на триене имаме следните уравнения:

$$F_{\text{тр}} \cdot \frac{d}{2} = F \cdot \frac{D}{2} \quad (1)$$

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N \quad (2)$$

от където следва:

$$\mu = \frac{F \cdot D}{N \cdot d}$$

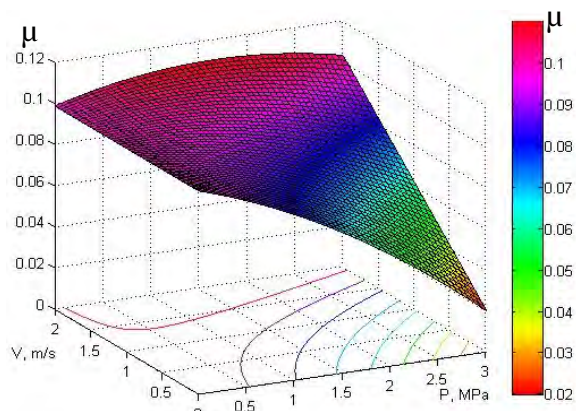
Проведени са 6 броя експериментални изследвания на бронзови втулки обработени,

чрез различни довършващи технологични процеси и изменящи се режимни параметри. Плановете на експериментите са от типа на ротатабелните, с два фактора: периферна скорост на вала  $V$ , m/s и средно лагерно налягане  $P$ , МПа. Параметъра на оптимизация предтавлява коефициента на триене  $\mu$ .

*Експериментални резултати*

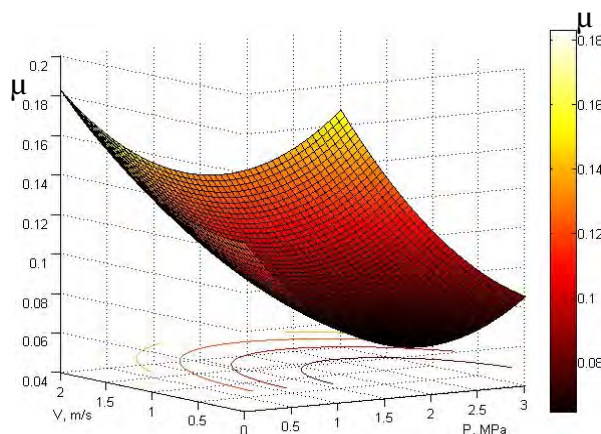
При осъществяването на експериментите е използвана литиева грес за високо натоварване.

Показанията отчитани при определяне на коефициента на триене са измерени при температура от 130°C.



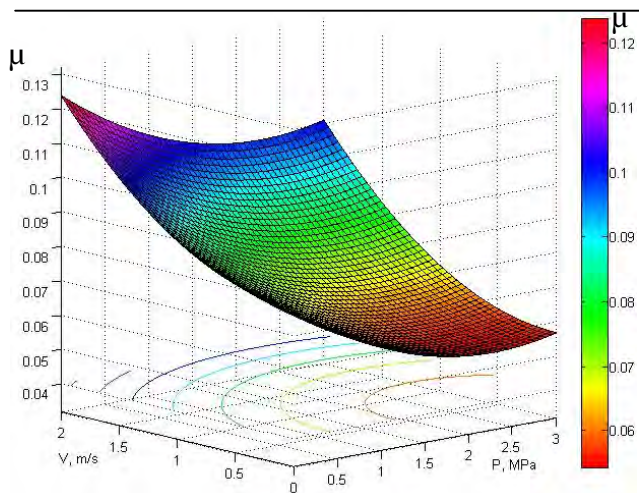
$$\mu = 0.0987 - 0.01434 \cdot P + 0.01383 \cdot P \cdot V - 0.003987 \cdot P^2$$

**Фиг. 4.** Изменение на коефициента на триене  $\mu$ , в зависимост от натоварването  $P$  и периферната скорост  $V$  за образец №1 (стругован);



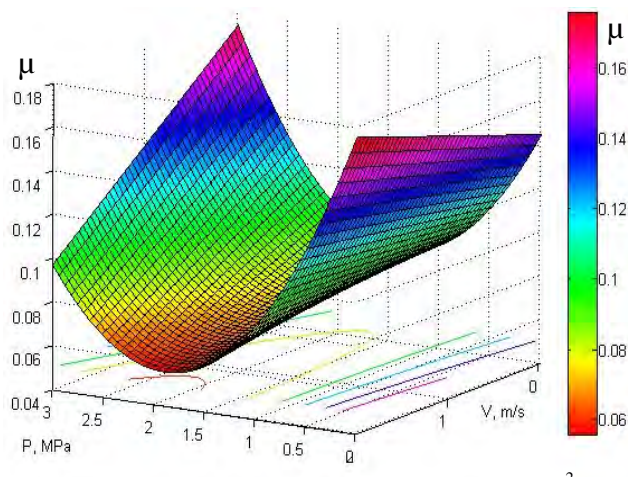
$$\mu = 0.1251 - 0.0639 \cdot P + 0.00277 \cdot P \cdot V + 0.01685 \cdot P^2 + 0.0145 \cdot V^2$$

**Фиг. 5.** Изменение на коефициента на триене  $\mu$ , в зависимост от натоварването  $P$  и периферната скорост  $V$  за образец №2 (дорнован  $i=0,1\text{ mm}$ );



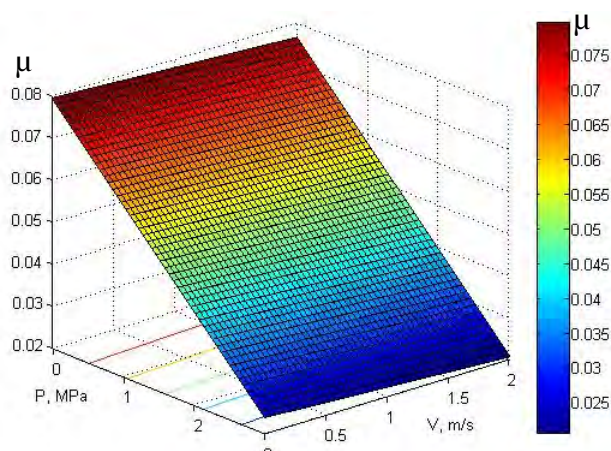
$$\mu = 0.0779 - 0.02074 \cdot P + 0.00455 \cdot P^2 + 0.01145 \cdot V^2$$

**Фиг. 6.** Изменение на коефициента на триене  $\mu$ , в зависимост от натоварването  $P$  и периферната скорост  $V$  за образец №3 (дорнован  $i=0,35\text{mm}$ );



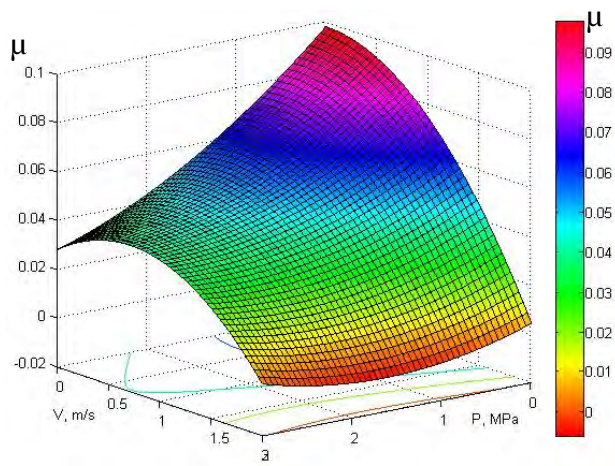
$$\mu = 0.1444 - 0.091 \cdot P + 0.0155 \cdot V - 0.018 \cdot P \cdot V + 0.0335 \cdot P^2$$

**Фиг. 8.** Изменение на коефициента на триене  $\mu$ , в зависимост от натоварването  $P$  и периферната скорост  $V$  за образец №5 (дорнован  $i=0,75\text{mm}$ );



$$\mu = 0.0796 - 0.0186 \cdot P - 0.00163 \cdot V$$

**Фиг. 7.** Изменение на коефициента на триене  $\mu$ , в зависимост от натоварването  $P$  и периферната скорост  $V$  за образец №4 (дорнован  $i=0,45\text{mm}$ );



$$\mu = 0.0975 - 0.035 \cdot P + 0.0111 \cdot P \cdot V + 0.00393 \cdot P^2 - 0.0233 \cdot V^2$$

**Фиг. 9.** Изменение на коефициента на триене  $\mu$ , в зависимост от натоварването  $P$  и периферната скорост  $V$  за образец №6 (дорнован  $i=1\text{mm}$ );

*Анализ на темата:*

Проведени са експериментални изследвания, при които за образците показани в табл.1, са променени натоварванията и относителните скорости, съответно изменящи се в границите:  
 -натоварването – от 0.5 до 3 МПа;  
 -относителната скорост – от 0.5 до 2 m/s;

Получените резултати са показани от фиг.4 до фиг.9 съответно: - фиг.4 за образец №1; фиг.5 за образец №2, фиг.6 за образец №3, фиг.7 за образец №4, фиг.8 за образец №5 и фиг.9 за образец №6,

Повишаването на средното повърхностно налягане  $P$  от 0 до 3 МРа, води до понижаване на коефициента на триене в целия интервал, при експериментални образци: №1 (стругован); №3 (дорнован,  $i=0.35$  mm); №4 (дорнован,  $i=0.45$  mm), докато при образци с номера: №2 (дорнован,  $i=0.1$  mm); №5 (дорнован,  $i=0.75$  mm); №6 (дорнован,  $i=1$  mm), имаме понижаване до определена минимална стойност и последващо покачване. За всички експериментални образци по-високото лагерно налягане води до по-нисък коефициент на триене.

Влиянието на периферната скорост на въртене на вала спрямо лагерната втулка, върху коефициента на триене е най-голямо при образец №6 (дорнован,  $i=1$  mm), като се изменя от 0.1 до 0.01 при минимално налягане близо до 0 МРа и от 0.03 до 0.01 при средно лагерно налягане 2МРа.

#### Заклучение:

*Резултатите от извършените изследвания показват, че прилагането на процеса дорноване, като довършваща технологична обработка на бронзови лагерни втулки, създава условия за повишаване на склонността към създаване на маслен слой, между триещите се повърхности, при по-ниско лагерно налягане.*

#### Литература:

- 1.Проскуряков, Ю. Г, Дорнование отверстий, Машгиз, 1961.
- 2.Тончев Й, MATLAB 6/7 преобраз-увания, изчисления, визуализация, Техника, София, 2005г.
- 3.ASM International Handbook Com-mittee, *Friction, Lubrication, and Wear Technology*, 1992, United States of America
- 4.Христов, Д, Пресмятане и конс-труиране на машинни елементи, Техника, София, 1972;
- 5.Neale, M. J., *The Tribology Handbook*, Second edition, ButterWorth Heinemann, 1995;

#### За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1  
Технически университет

проф.д.т.н.инж. Димитър Светлозаров  
Георгиев  
тел. 0899 90 50 07  
e-mail: dsgeorg@abv.bg

инж.Тихомир Василев,  
тел. 0896 61 20 93  
e-mail: t.vasilev@abv.bg

*Публикуваните в статията резултати са част от проведени изследвания по проект ПД-10/2010 г. „Експериментално изследване и моделиране на различни схеми на калибровачното дорноване при изработване на бронзови лагерни втулки”, финансиран целево от държавния бюджет*