

## ОТНОСНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ТОВАРВАНЕТО В ОПОРНИ РОЛКИ НА ВЪРТЯЩИ СЕ ПЕЩИ

Христо Христов, Светлозар Стоянов, Стефан Тенев

**Abstract:** The axial fixing is a part of most important conditions for good work of the rotary furnace. Because an irregular wearing of the tapered rollers, or some misalignment during the mounting there is an overload, which could be very dangerous for furnace function. This is a reason to measure and control the forces on the rollers. An example of indirect measurement of the load on the tapered roller of a rotary furnace is shown in this paper.

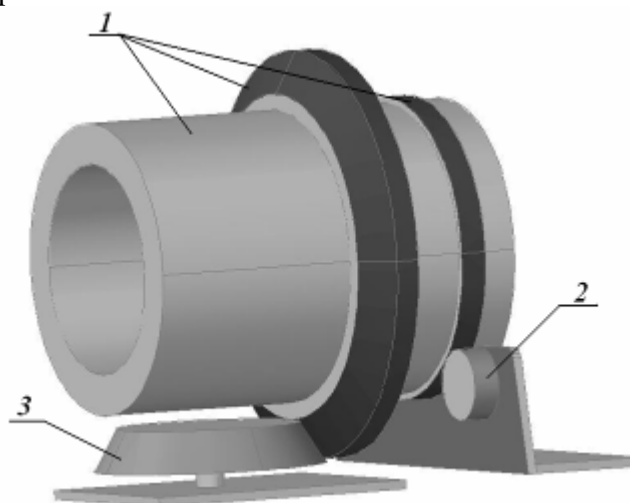
**Key words:** Rotary furnace, Tapered rollers, Force measurement

### 1. Въведение

Въртящите се пещи са агрегати за високотемпературна термична обработка на различни материали в непрекъснат технологичен процес. В тях могат да се осъществяват процеси сушене, инсинерация, смесване, нагряване, пържене, охлаждане, овлажняване, калцинация, редукция, синтероване, топене, газификация, дехидратация и реакции между газова и твърда фаза. При температури над 1250 К и частици с едрина под 30 mm въртящите се пещи се оказват най-доброто и често единственото решение за осъществяване на редица процеси. В зависимост от предназначението им, температурата на газовете в тях може да бъде по-висока от 1820 К, както е при обработката на клинкера в циментовото производство, а горната граница на този параметър достига 2270 К. Спецификата на технологичните процеси и размерите на въртящите се пещи предизвикват много големи натоварвания в опорните ролки, осигуряващи, както надлъжното (аксиално) фиксиране, така и въртеливото движение. Независимо от наличието на огнеупорни тухли при износване на облицовката, основната конструкция се нагрява различно и са възможни отклонения от геометричната ос. При това има опасност от съществено локално увеличаване на натоварването в ролките.

### 2. Определяне на натоварването в аксиалната ролка

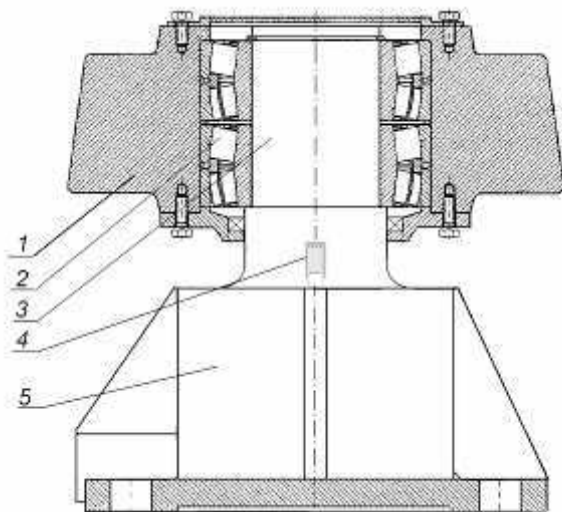
На фиг 1 е показана част от общ вид на част от въртяща се пещ с опорни ролки, където са въведени следните означения: 1 – въртяща се пещ с опорни пръстени; 2 – радиална опорна ролка; 3 – аксиална опорна ролка.



Фиг. 1 Общ вид

Един от показателите за правилната работа на въртящи се пещи е тяхното осово фиксиране. Понякога и поради неравномерно износване на опорните ролки или неточности в монтажа се получават натоварвания, надхвърлящи предвидените в техническата документация. С цел системно контролиране на работния процес, управление и планиране на ремонтно възстановителните дейности, се налага текущо измерване на натоварването в опорните ролки. В настоящата работа се изследва определяне на силите в ролката, фиксираща надлъжно въртящата се пещ (аксиална ролка).

В някои конструкции директното измерване на силите в оста на опорната ролка е лесно осъществимо. Такъв пример е посочен на фиг. 2. Тук са въведени следните означения: 1 – опорна ролка; 2 – лагери; 3 – ос на ролката; 4 – тензопреобразувател; 5 – основа на ролката.

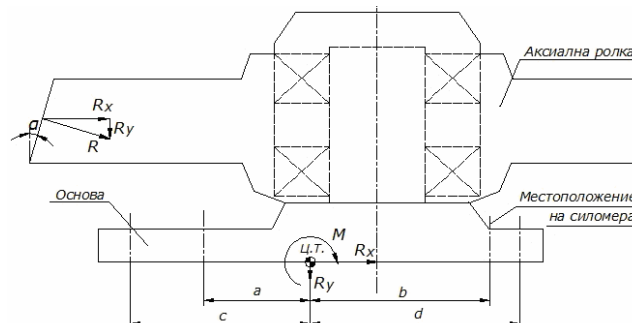


Фиг. 2 Схема на директно измерване

Характерно за този начин на определяне на силите е това, че тензопреобразувателите се поставят сравнително лесно и се вижда непосредствено тяхното състояние. Независимо, че се вземат мерки чрез изолационно покриване, наличието на по-агресивна среда, възможен контакт с мазилно вещество от лагерните възли и други случайни фактори влияят негативно на качеството на получаваните резултати и тяхната достоверност.

Съществуват конструкции на опорни ролки, в които се налагат съществени конструктивни промени ако желаем да осъществим тензометриране директно върху оста на ролката. В настоящата работа е показан вариант за непряко определяне на натоварването в опорните ролки, а за целта е конструиран силомер. На фиг. 3 е показано схематично изображение на такава аксиална ролка. Означена с  $R$  е силата, с която опорният пръстен на пещта натоварва ролката по направление нормално на нейната допирна повърхност. Определено място за монтаж на силомера, като е съобразно с конкретните геометрични размери на основата. При това е необходимо да бъде определена зависимостта между силата  $R$ ,

разположението на фундаменталните болтове и силта в мястото на монтаж на силомера. Трябва да се отбележи, че в позициите на разстояния  $a$ ,  $c$ ,  $d$  са разположени по два фундаментални болта с еднакви размери.



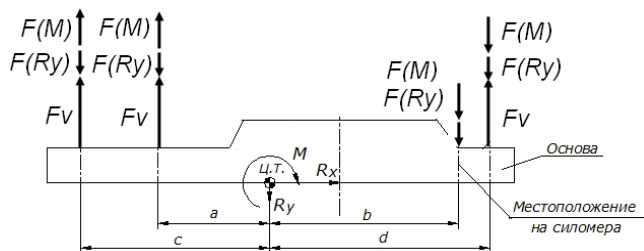
Фиг. 3. Схематично изображение на изследваната аксиална ролка

На базата на конкретните размери на горепосочената ролка бяха определени хоризонталната  $R_x$  и вертикалната компонента  $R_y$  на силата  $R$ . Беше определено мястото на центъра, в който се транслират двете компоненти, а тяхното действие по периферията на ролката се заменя с момента  $M$ . В зависимостта за момента (1) числовата стойност е с метрична дименсия.

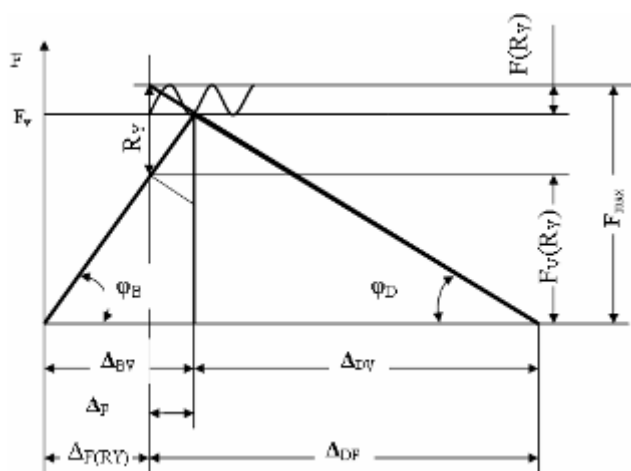
$$\begin{aligned} R_x &= R \cos \alpha \\ R_y &= R \sin \alpha \\ M &= 0,25 R \cos \alpha - 0,509 R \sin \alpha = 0,112 R \end{aligned} \quad (1)$$

При анализа е прието, че силата на затягане на фундаменталните болтове е достатъчно голяма, за да създаде сила на триене между основата на ролката и фундамента, която е по-голяма от хоризонталната компонента  $R_x$ . Последното е доказано в хода на експлоатация на конструкцията. При това обект на изследване остава влиянието на силата  $R_y$  и момента  $M$ . Известно е, че при създаване на резбово съединение стеблото на болта е натоварено на опън, а детайлите – на натиск със същата по големина сила – силата на затягане  $F_V$ . На фиг. 4 е показан характера на влиянието на силата  $R_y$  и момента  $M$  върху натоварването на фундаменталните болтове.

Натоварването със силата  $R_Y$  (фиг. 5) е осъществено след затягането на фундаменталните болтове, поради което само част него  $F(R_Y)$  ще донатовари основата на натиск, а тя се определя по зависимостта (2).



Фиг. 4. Влияние на външното натоварване



Фиг. 5. Допълнително натоварване на основата от силата  $R_Y$

$$F(R_Y) = R \frac{C_D}{C_B + C_D} \quad (2)$$

където:  $C_D$  - коравина на основата на ролката, а  $C_B$  - коравина на фундаменталния болт.

Моментът  $M$  поражда допълнителни усилия във фундаменталните болтове, които са пропорционални на разстоянията до моментния център. Отбелязваме с  $F_1, F_2, F_3$  и  $F_M$  силите в точки, намиращи се на разстояние съответно  $c, a, d, b$ . Зависимостта между момента  $M$  и горепосочените разстояния е показана в (3).

$$M = 2F_1 \cdot c + 2F_2 \cdot a + 2F_3 \cdot d + F_M \cdot b \quad (3)$$

Силите в отделните болтове за удобство са изразени чрез силата в мястото на измерване и те са:

$$F_1 = F_M \cdot \frac{c}{b}, \quad F_2 = F_M \cdot \frac{a}{b} \quad \text{и} \quad F_3 = F_M \cdot \frac{d}{b}.$$

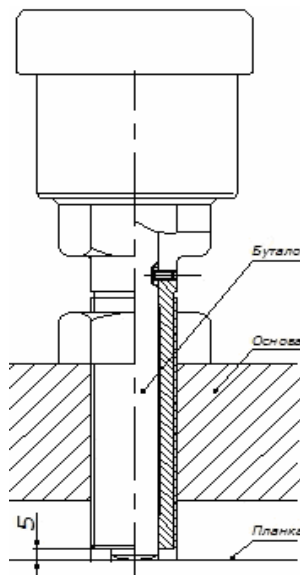
Замествайки в (3) с получените стойности, определяме силата  $F_M$  (4) в мястото на измерване, породена от момента.

$$F_M = \frac{M \cdot b}{2a^2 + 2c^2 + 2d^2 + b^2} \quad (4)$$

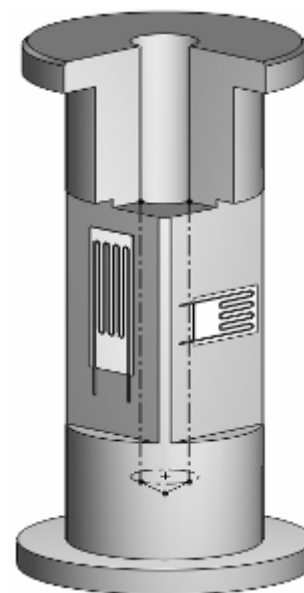
Общата сила в мястото на измерване добива вида (5)

$$F = F(R_Y) + F(M) = R_Y \frac{C_D}{C_D + C_B} + \frac{M \cdot b}{2a^2 + 2c^2 + 2d^2 + b^2} \quad (5)$$

Известни са различни видове силомери, представени от фирми производители. На базата на публикувани техни решения бе конструиран силомера, показан на фиг. 6, който включва корпус, чувствителен елемент и натоварващо бутало.



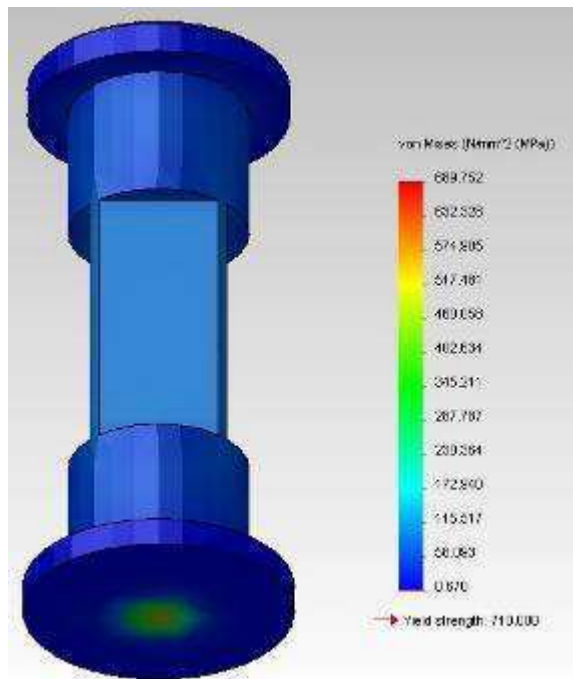
Фиг. 6. Силомер



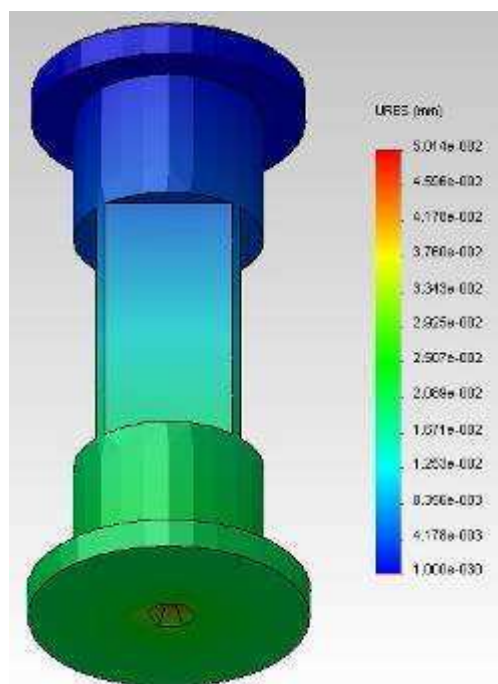
Фиг. 7. Чувствителен елемент

Изображение на чувствителния елемент е показано на фиг. 7. По стените му са залепени активни и компенсационни тензопреобразуватели. Размерите на чувствителния елемент се подбират в съответствие с големината на силата  $F$  така, че напреженията породени от нея да имат еластичен характер, а деформациите да са съобразени с тензопреобразувателите. Едно примерно решение бе намерено за определени

размери на ролката, при натоварване  $R=200000$  N, а с подбраните за чувствителния елемент размери по метода на крайните елементи бяха определени деформациите и напреженията илюстрирани съответно на фигури 8 и 9. Буталото на силомера е оразмерено от условието за якост срещу изкълчване.



Фиг. 8. Напрежения определени по МКЕ



Фиг. 9. Деформации на чувствителния елемент

### 3. Изводи:

1. Създаден е модел за индиректно определяне на осовото натоварване в опорни ролки на въртящи се пещи
2. Влиянието на околната среда е минимизирано в областта на измерване
3. Реална възможност за увеличаване ресурса на работа на тензопреобразувателя
4. Определено е усилието в чувствителния елемент, а буталото на силомера е проверено на изкълчване при външно натоварване  $R = 200000$  N
5. Теоретично изведените резултати се потвърдиха от модела получен по МКЕ
6. Посочените резултати подлежат на експериментална проверка.

### Литература:

1. Димчев Г., Захариев К. Машинни елементи ч. 1, Софттрейд, 2002.
2. Йосилевич Г. Б. Детали машин – Москва Машиностроение 1988 .
3. Орлов П.И., Основы конструирования, Справочно-методическое пособие кн. 2, Москва Машиностроение 1988.
4. 11 – 481 – 002 Паспорт на двуканално силоизмерително устройство за центровка на корабни валопроводи – ИК – Варна
5. www.hbm.de, Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH.
6. <http://esa.exportpages.bg/productdetail/1037438396-1.htm>, ESA Messtechnik GmbH
7. www.raco.de, RACO-Elektro-Maschinen GmbH
8. www.sensors.co.uk, Sensor Technology Ltd

### За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска” 1  
Технически университет -Варна

доц., д-р инж. Христо Христов,  
e-mail: [hristo.hristov@tu-varna.bg](mailto:hristo.hristov@tu-varna.bg)

гл.ас.инж. Светлозар Стоянов  
e-mail: [stoianov10@abv.bg](mailto:stoianov10@abv.bg)