

## ЯКОСТНО ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА ВЪНШНАТА ГРИВНА НА ЦЕНТРОБЕЖНИТЕ САЧМЕНИ СЪЕДИНИТЕЛИ

**Венелин Тасев**

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, nrbmo94@gmail.com

**РЕЗЮМЕ** Външната гривна на центробежните сачмени съединители е най-натоварена в якостно отношение елемент. Освен това тя участва непосредствено в топлообмена при преходните процеси. Нейната маса е определяща за общия инерционен момент на центробежните сачмени съединители и оказва влияние върху параметрите на пусковия процес. Изведени са зависимости за якостно пресмятане на външната гривна при всички натоварвания и влияние то ѝ върху параметрите на центробежните сачмени съединители.

### MANTLE DESIGN OF CENTRIFUGAL BALL JOINTS

Venelin Tasev

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, nrbmo94@gmail.com

**ABSTRACT.** The mantle of centrifugal ball joints is the most loaded item. It participates directly in heat transfer in transitional processes. Its mass is decisive for the total moment of inertia of the centrifugal ball joints and influences the parameters of the starting process. Dependencies are derived for the strength calculation of the mantle at all loads and its influence on the parameters of centrifugal ball joints.

### Въведение

Центробежните сачмени съединители (ЦСС) са фрикционни механизми, които се управляват от центробежните сили действащи на свободно насипан сачмен пълнеж, които се притиска към външната гривна на ЦСС (виж фиг.1). При условията на работа на ЦСС, създадените центробежни сили (N) достигат стойности до десетки, даже стотици килоニュтона. Фрикционният контакт се осъществява между отделните сачми и вътрешната повърхност на гривната, като в зависимост от условията на контактуване контактното налягане ( $p_0$ ) достига стойности до 1-2 GPa.

В пусковите процеси в ЦСС се отделя топлина, чиято стойност се определя от мощността на задвижващия двигател и динамиката на пусковия процес. Сравнително малките размери на ЦСС създават условия за получаване на топлинни потоци със стойности до 2-4 MW/m<sup>2</sup>. Те предизвикват интензивно загряване, като създават значителни термични напрежения. Гривната трябва да има значителна износостойчивост тъй като се явява основния елемент, който определя ресурса на ЦСС. В статията се посочва методика за пресмятането, като е отчетен опита в конструирането и експлоатацията на ЦСС за различни условия и мощности.

### Изложение

#### Оразмеряване на опън

Центробежните сили на сачмения пълнеж създават опънови напрежения във външната гривна, които могат да се определят по уравнението на Лаплас (Кисъв 1979):

$$\sigma_0 = \frac{p_0 R_a}{\delta}, \text{ Pa}; \quad (1)$$

където:  $p_0$  - е налягането, което е създадено в гривната от центробежните сили, Pa;

$R_a$  - активния радиус, m;

$\delta$  - дебелината на гривната, m;

Налягането  $p_0$  се определя по зависимостта (Тасев 2010):

$$p_0 = \omega^2 \rho \psi R_a^2 \left[ \frac{1}{3} (1 - K_2^3) - \frac{3K_1}{2\pi} (1 - K_2^2) \right], \text{ Pa}; \quad (2)$$

където:

$\omega$  - ъгловата скорост, rad/s;

$\rho$  - плътността сачмата, kg/m<sup>3</sup>;

$\psi$  - коефициент на запълване на сачмения пълнеж – 0,5÷0,55;

$R_k$  - активния радиус на ризата, m;

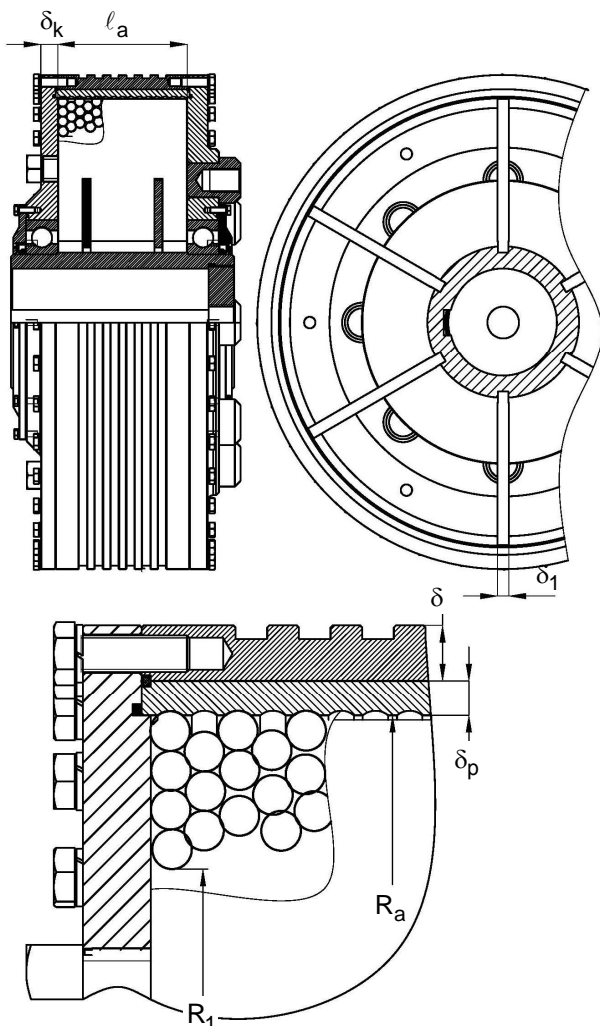
$K_2 = \frac{R_1}{R_a}$  - коефициентът;

$R_1$  - е радиусът на свободната повърхност на сачмения пълнеж, m;

$$K_1 = \frac{b}{R_a}, \text{ където } b \text{ е дебелината на лопатката, m.}$$

От зависимост 1 и 2 получаваме необходимата дебелина на външната гривна:

$$\delta = \frac{\omega^2 \rho \psi R_a^3}{\sigma_{\text{доп}}} \left[ \frac{1}{3} (1 - K_2^3) - \frac{3K_1}{2\pi} (1 - K_2^2) \right], \text{ m;} \quad (3)$$



Фиг. 1

За да отговори на противоречивите изисквания на различните натоварвания външната гривна се прави двуслойна – от две гривни. Външната (кожух) която приема опъновите натоварвания и вътрешна (риза) (виж фиг. 1), която е закалена и издържа на високите контактни напрежения и термични натоварвания. Двете гривни са набити пресово така, че да може да се предава въртящия момент.

Получената по зависимост 3 дебелина втулката определя размера на „кожуха“. Якоствните качества на „ризата“ се пренебрегват, от една страна за повишаване на сигурността, а от друга – да може да се поеме натоварването в случай на разрушаване на „ризата“.

За материал на ризата се избира мека конструктивна стомана от типа на Ст 20, като допустимото напрежение  $\sigma_{\text{доп}} \leq 80 \text{ MPa}$ .

При определяне на дебелината  $\delta$  винаги трябва да се има предвид и размера на отворите за болтовете на капациите.

### Термично оразмеряване

В периода на ускоряване на работната машина в ЦСС се отделя значително количество топлина, което се определя от относителното преместване на сачмения пълнеж спрямо външната гривна. Максималното количество топлина  $Q_{\text{max}}$  се отделя в момента когато двигателят е достигнал номиналната си скорост, а работната машина все още не е потеглила. В този момент цялата мощност на двигателя се превръща в топлина, която загрева ЦСС.

$$Q_{\text{max}} = M_c \omega_n, \text{ W;} \quad (4)$$

където:  $M_c$  е моментът развиван от ЦСС, Nm;

Топлинният поток  $q$  през гривната се определя от отделената топлинна мощност  $Q$ , повърхността на гривната  $S$  и коефициента на потокоразпределение на топлината  $\alpha_{\text{тп}}$  между повърхността и сачмения пълнеж:

$$q = \alpha_{\text{тп}} \frac{Q}{S}, \text{ W / m}^2; \quad (5)$$

$$q_{\text{max}} = \alpha_{\text{тп}} \frac{M_c \omega_n}{2\pi R_a l_a}, \text{ W / m}^2; \quad (6)$$

Напрежението  $\sigma_T$ , което създава този поток в „ризата“ на ЦСС се определя по израза (Тасев 1987):

$$\sigma_T = \frac{q_{\text{max}}}{2} \delta_p \frac{E\alpha}{\lambda} \frac{1}{1-\mu}, \text{ Pa;} \quad (7)$$

където:  $\delta_p$  - дебелината на ризата, m;

$E$  - модул на еластичност, Pa.

$\alpha$  - коефициент на линейно разширение,  $1/K^\circ$

$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} 1/K^\circ$

$\mu$  - коефициент на Пуансон;

$\lambda$  - коефициент на топлопроводимост,  $W/mK^\circ$

Необходимата дебелина на ризата се получава:

$$\delta_p = \frac{2\sigma_{\text{доп}}}{q_{\text{max}}} \delta_p \frac{\lambda}{E\alpha} \frac{1}{1-\mu}, \text{ m;} \quad (8)$$

За материал на ризата се използват високолегирани стомани за които  $\sigma_{\text{доп}} \approx 120 \text{ MPa}$ .

### Оразмеряване по контактното натоварване

Дискретният контакт на сачмите с ризата, при сравнително високите натискови сили и относително малката площ на контактуване създават значителни контактни напрежения. За да се осигури работоспособност на конструкцията ризата се термообработва и в нея се изработват жлебове с радиус близък до този на сачмите. По този начин се създава необходимата устойчивост и намалява в

приемлива стойност контактното налягане, което съгласно теорията на Херу е равно на

$$p_k = \frac{1.5}{\pi n_o n_b} \sqrt[3]{N_c \frac{E^2 \Sigma \rho^2}{9}}, \text{ Pa}; \quad (9)$$

където:  $n_o$  и  $n_b$  са таблични величини;  
 $\Sigma \rho$  - кривините в контакта, 1/m;  
 $N_c$  - силата, която действа върху една сачма, N;

Изследванията на автора са показали, че контактното налягане може да се определи по формулата:

$$p_k = 0.3(\beta - 1)^{0.184} \sqrt[3]{(R_a \omega E)^2 \rho \psi (1 - K_2^3)}, \text{ Pa}; \quad (10)$$

където:  $\beta$  е отношението между радиусът на жлеба  $r_{ж}$  и радиусът на сачмата  $r_c = \frac{r_{ж}}{r_c} \approx 1.01 \div 1.001$

## Заклучение

Контактното налягане има голямо значение за ресурса и работоспособността на ЦСС. Неговата стойност зависи много от вида на използваната стомана и нейната термообработка. За условията на ЦСС ризата може да се изработва от високолегирана стомана от типа на 40X, 45, 40XH, 45 ХН ШХ15 и други подобни.

Термообработката също е от голяма значение. Нетермообработени стомана са практически неработоспособни. Лабораторните изследвания и натрупания опит в експлоа-

тацията на ЦСС е показал, че минималната твърдост, по която „ризата“ става работоспособна е 35÷40 HRC.

Колкото контактното налягане е по-голямо толкова по-твърдо закалена трябва да е ризата. Точна зависимост между контактното налягане и твърдостта на термообработката не е изведена. Стойността на контактното налягане не трябва да бъде  $p_k = 500-1000 \text{ MPa}$ , като на високите стойности съответства по-висока твърдост на термообработката. При конструирането трябва се има предвид:

1. Термообработка на твърдост по-висока от 50 HRC за условията на ЦСС не се допуска, тъй като има опасност от разрушаване на ризата.
2. По-високата твърдост на термообработката изисква специализирани машини за обработка на ризата.
3. По-високата твърдост на термообработката намалява размерите на ЦСС и удължава експлоатационния срок.

## Литература

- Кисъв И.Д. 1979. *Наръчник на инженера – част 2 С.*, Техника
- Тасев В.Л. 1990. *Възможности за приложение на центробежните сачмени съединители с водещ шестлопатен ротор в задвижванията на минно добивния отрасъл.* Дисертационен труд, ВМГИ,
- Тасев В.Л. 2010. *Напрежения във външната гривна на ЦСС Варна, ТУ-Варна Механика на машините г.19 к.2*
- Тасев В.Л. 1987. *Нов начин за определяне момента на ЦСС С.*, *Годишник ВМГИ*

Препоръчана за публикуване от катедра  
 „Механизация на мините“, МЕМФ

## ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОСНОВНИТЕ ГЕОМЕТРИЧНИ РАЗМЕРИ НА ЦЕНТРОБЕЖНИТЕ САЧМЕНИ СЪЕДИНИТЕЛИ С ВОДЕЩ ШЕСТЛОПАТЕН РОТОР

**Венелин Тасев**

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, nrbmo94@gmail.com

**РЕЗЮМЕ** В статията се разглеждат възможностите за определяне основните геометрични размери на центробежните сачмени съединители в зависимост от изходните параметри на съединителя, неговата маса и тегло, условия на протичане на пусковия процес, нагряване на отделните елементи, якостни качества на използваните материали. Изведени са зависимости удобни за конструиране на центробежните сачмени съединители.

### DETERMINATION OF FUNDAMENTAL GEOMETRICAL DIMENSIONS OF CENTRIFUGAL BALL JOINTS WITH SIX PADDLE LEADING ROTOR

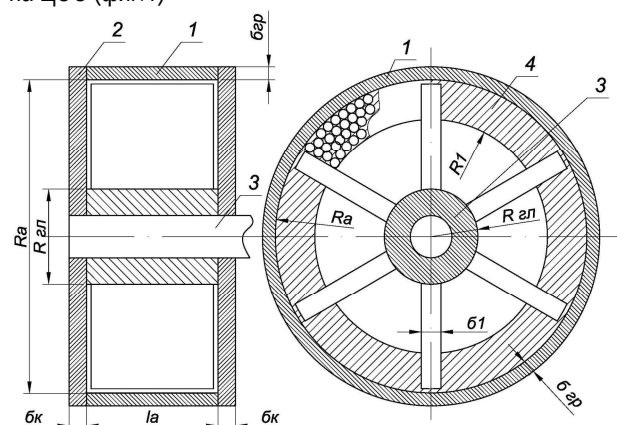
Venelin Tasev

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, nrbmo94@gmail.com

**ABSTRACT.** The article discusses the possibilities for calculating the basic geometric dimensions of the centrifugal ball joints depending on output parameters of the clutch, its mass and weight, terms and conditions of the starting process, heating of the components, strength of used materials. Relationships derived are suitable for designing centrifugal ball joints.

### Въведение

Центробежните сачмени съединители (ЦСС) са фрикционни механизми със свободно насипан сачмен пълнеж и водещ шестлопатен ротор. Фрикционните сили се формират на границата на контакта на сачмите с вътрешните повърхнини на ЦСС. Тези повърхнини са вътрешната цилиндрична повърхност на ЦСС и частта от страничните капаци покрити със сачми. Тези повърхнини се наричат активни, а техните размери основни геометрични размери на ЦСС (фиг.1)



Фиг. 2

Основни геометрични размери на центробежните сачмени съединители (ЦСС) са неговият активен радиус  $R_a$  и активната ширина  $l_a$ . Активният радиус е този, вътрешната цилиндрична повърхност. Активна ширина е широчината на цилиндричната повърхност. Това са размерите,

които определят размера на изходния въртящ момент и от които зависи напрегнатото и топлинно състояние на ЦСС.

Правилно конструиран и оразмерен съединител трябва да отговаря на редица изисквания, като – сигурност, дълготрайност, малогабаритност, ниска цена, стабилни характеристики и др.

За оразмеряването на ЦСС са необходими следните изходни данни:

1. Изходен въртящ момент –  $M_c$ , Nm
2. Номинална честота на въртене –  $\omega_n$ , rad/s;
3. Време за ускоряване на работната машина –  $t_n$ , s
4. Брой на включенията та машината –  $n_b$ .

При определяне на основните геометрични размери се използват следните коефициенти:

$$k_1 = \frac{b_a}{R_a}, \text{ където } b_a \text{ - дебелината на лопатката;}$$

$$k_2 = \frac{R_1}{R_a}, \text{ където } R_1 \text{ е радиусът на свободната повърхност на сачмения пълнеж (фиг.1);}$$

$$k_5 = \frac{l_a}{R_a},$$

$$\beta = \frac{r_{жк}}{r_c}, \text{ където } r_{жк} \text{ е радиусът на жлеба, в който се движат сачмите, } m;$$

$$r_c \text{ - радиусът на сачмите, } m;$$