

## 5. 7. ПРОРАЧУН ЕЛЕКТРИЧНИХ ГРЕЈАЧА ( ГРЕЈНЕ СПИРАЛЕ )

Прорачун грејних тела се најчешће обавља методом специфичног **оптерећења**, и то за жичани грејач израђен у облику грејне спирале.

За прорачун грејног елемента потребно је познавати

следеће податке:

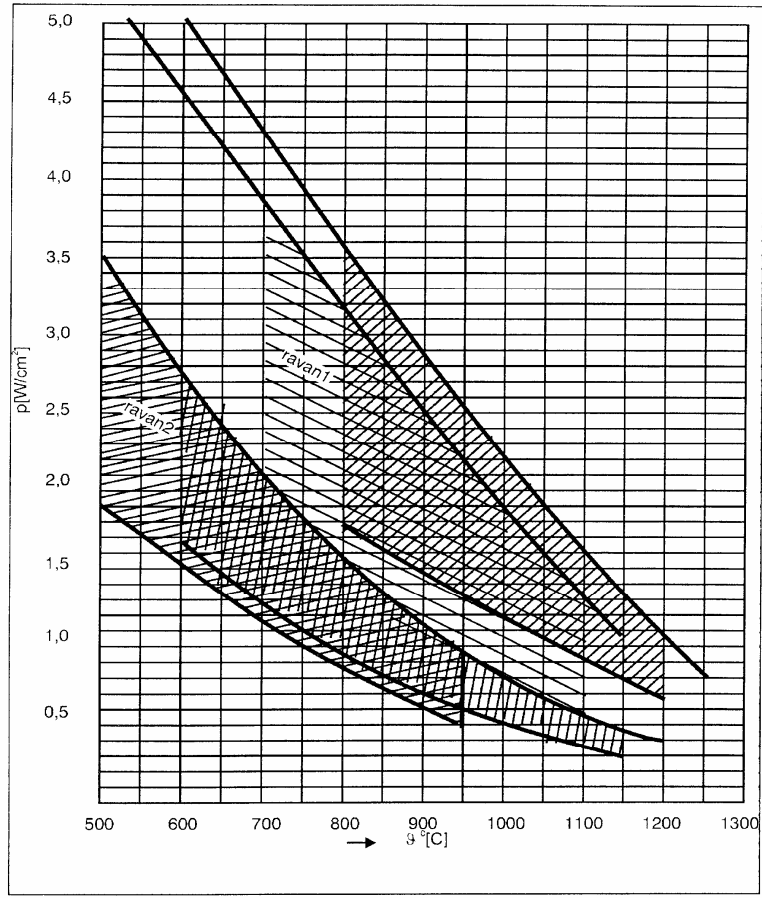
- снагу грејача (kW),
  - радни напон (V),
  - радну температуру ( $^{\circ}\text{C}$ ),
  - радне услове ( ношење грејача, радна атмосфера, хлађење) ,
- и смештајни простор.

На основу радних елемената врши се избор електроотпорне легуре, као и вредност допушеног специфичног површинског оптерећења  $\rho$  (W/mm<sup>2</sup>) , а која се односи на број дозвољених инсталисаних вати по јединици површине грејног резистора.

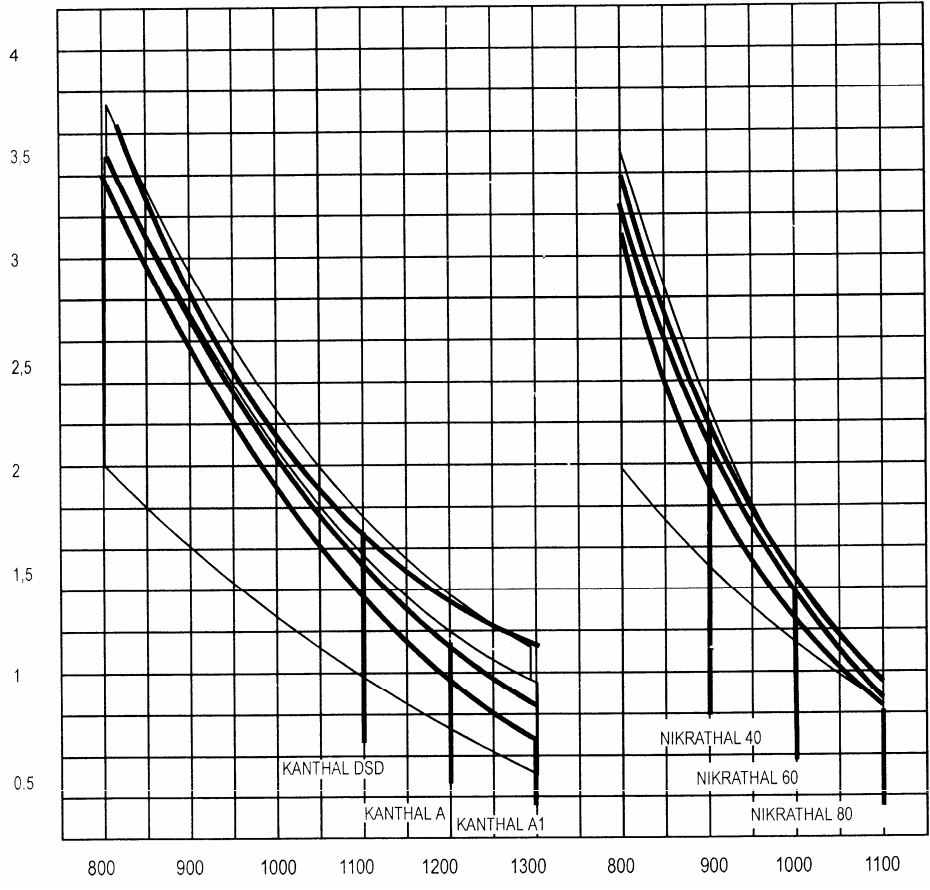
Усвајање датог параметра веома је значајно за животног века грејача, и његова вредност зависи од следећих елемената:

- врсте електроотпорне легуре,
- радне температуре,
- начина смештаја,
- ефикасности хлађења и радне атмосфере

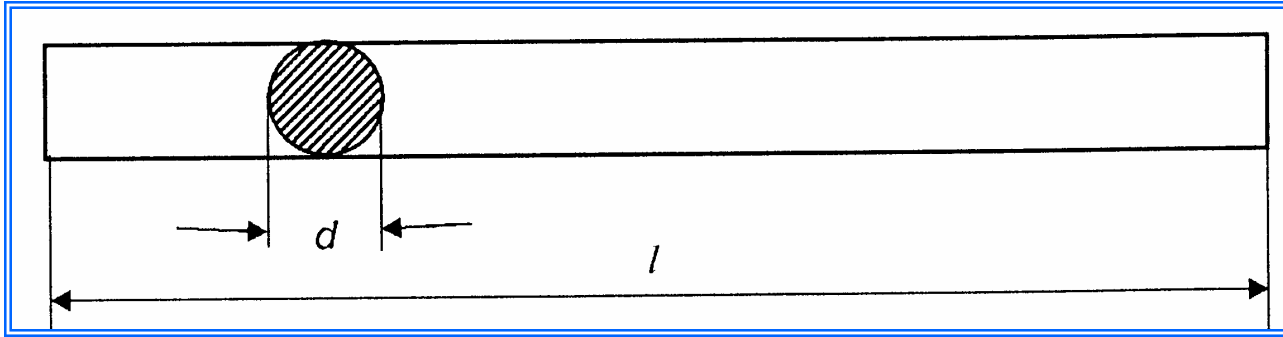
На слици 5. 12. дат је дијаграм за избор овог параметра код легура домаће производње, а на слици 5. 13. за легуре Кантал.



Слика 5. 12.- Ватно оптерећење легура равнал и равнин



Слика 5. 13. - Ватно оптерећење легура кантхал



Слика 5. 14.- Грејна жица

Предпоставимо да грејни елеменат снаге  $P$  (W) треба израдити од жице пречника  $d$  и дужине  $l$  Слика 5. 14. Најпре је потребно урадити прорачун грејне жице:

$$P = p \cdot S \qquad S = \frac{P}{p} = \pi \cdot d \cdot l \cdot 10^3$$

$$l = \frac{P}{\pi \cdot d \cdot p \cdot 10^3}$$

$$R = \rho\theta \cdot \frac{l}{s} = \rho\theta \frac{P}{\pi \cdot d \cdot p \cdot 10^3} \cdot \frac{4}{d^2 \cdot \pi}$$

$$R = \frac{U^2}{P} \qquad \frac{U^2}{P} = \frac{4P\rho\theta}{d^3\pi^2 p 10^3}$$

Из датих израза следе формуле за израчунавање  
пречника и дужине жице:

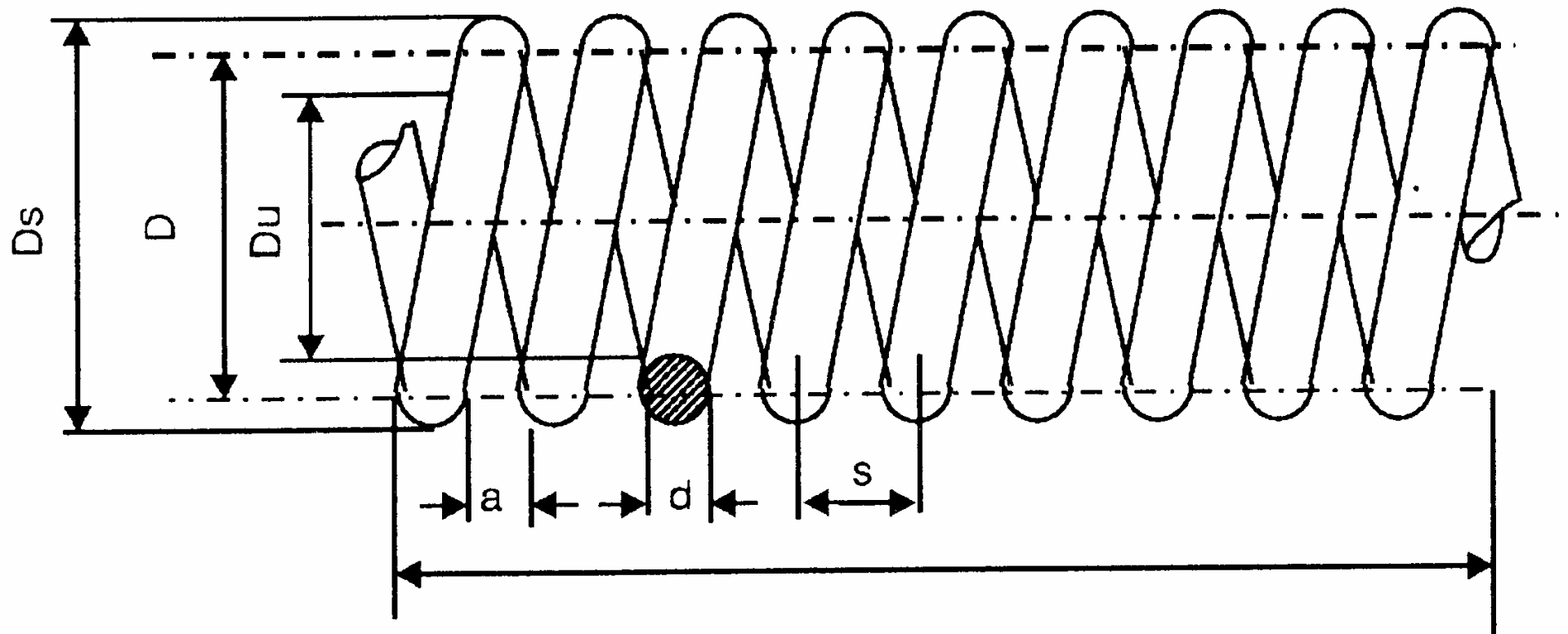
$$d = \sqrt{\frac{4\rho\theta P^2}{U^2\pi^2 P 10^3}} \text{ (mm)}$$

$$l = \sqrt{\frac{PU^2}{4\pi r^2 \rho\theta \cdot 10^3}} \text{ (m)}$$

У датим изразима  $P$  (W) је снага грејног елемента,  $U$  (V) – радни напон,  $\rho_0$  (W/mm<sup>2</sup>) - специфични електрични отпор на радној температури,  $P$  (W/mm<sup>2</sup>) специфично површинско оптерећење,  $l$  (m) дужина жице,  $d$  (mm) - пречник жице..

Прорачун грејне спирале обухвата налажење спољашњег, средњег и унутрашњег пречника спирале, дефинисање корака, броја навојака и дужине спирале (смотане и развучене).

Радионички цртеж грејне спирале дат је на слици 5. 15.



Слика 5. 15. Грејна спирала

За прорачун грејне спирале препоручује се конструкторима избор и међусобно усклађивање три параметра:  $k$ ,  $n$  и  $m$ .



Параметар  $k$  регулише однос спољашњег пречника спирале и пречника жице. Повољна вредност овог односа гарантује довољну механичку јачину спирале у **усијаном стању**:

$$k = \frac{D_s}{d} = 4 - 10$$

Усвајањем параметара  $k$  дефинишу се пречници спирале:

$$D_s = k \cdot d \quad D = D_s - d$$

$$D_u = D - d = D_s - 2d$$

Однос корака спирале  $s$ , и пречника  $d$ , даје други конструкциони параметар  $n$ .

$$n = \frac{s}{d} = 2 - 4.$$

Овај параметар регулише густину навојка спирале, односно **топлотно оптерећење**, а тиме и животног века грејача.

Усвајањем вредности броја  $n$ , одређен је **корак спирале**.

$$s = n \cdot d.$$

Размак између навојака спирале изражава се:

$$a = s - d = n \cdot d - d = d \cdot (n - 1)$$

На крају прорачуна контролише се параметар  $m$  чиме је проверава економичност израде грејача, односно оптимално искоришћење материјала. Овај број дефинише однос дужине жице према дужини добијене спирале:

$$m = \frac{l}{L}$$

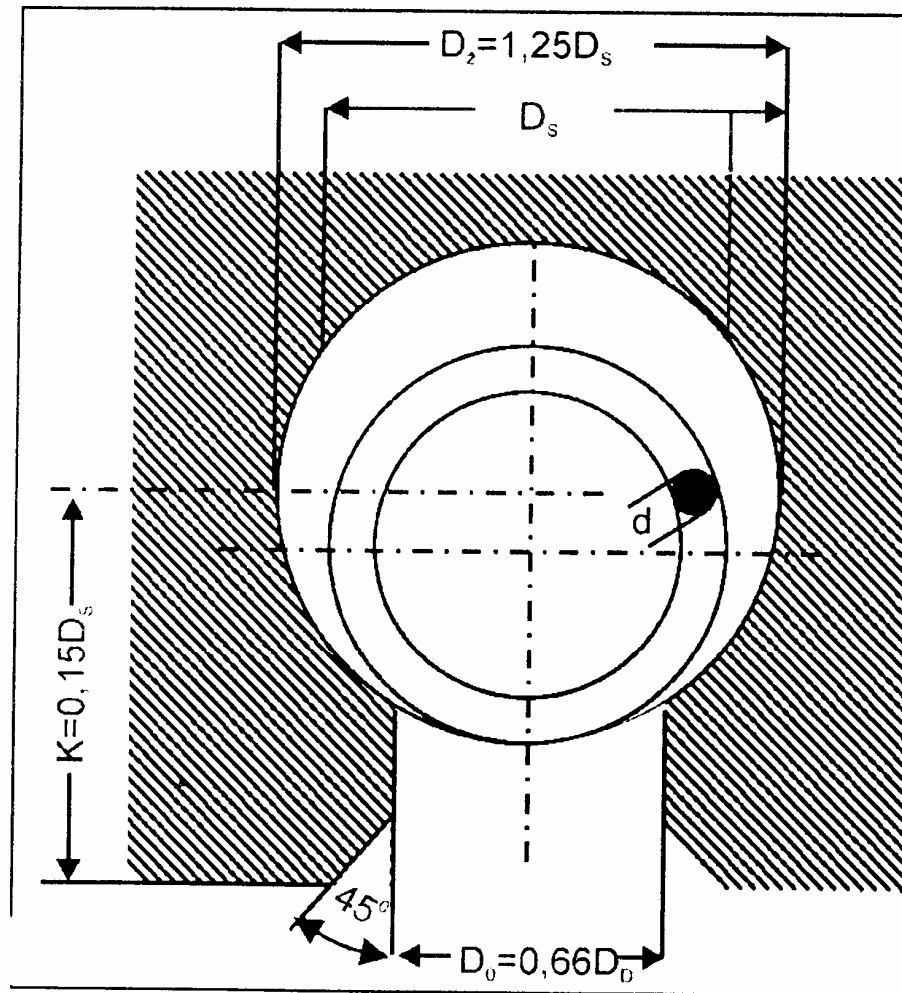
$$m = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{N \cdot s} \approx \pi \cdot \frac{D}{s} \approx \pi \cdot \frac{Ds}{s} = \pi \cdot \frac{k \cdot d}{n \cdot d} = \pi \cdot \frac{k}{n}$$

$$m = \pi \cdot \frac{4 - 10}{2 - 4} = \pi \cdot \frac{7}{3}$$

$$m = 7$$

Уколико вредност параметра  $m$  одступа у већем износу од 7,  
то значи да спирала не би била економично направљена и  
њен прорачун се мора поновити са измењеним  
улазним параметрима.

Веома је чест начин смештаја грејне спирале у жљебу,  
као што је приказано на слици 5. 16.



Жице мањих пресека мотају се специјалним моталицама или пак прилагођеним стубним бушилицама, а већих пречника (преко 1 мм ) на струговима.

Мотање се изводи на одређеним алатима, и то навој уз навој.

Жице мањих пречника се мотају у хладном, а већих (преко 4 мм) у топлом стању. Формирање корака спирале се врши развлачењем у хладном или пак топлом поступку (700 - 750 °C).

Ако је радна температура грејача нижа од  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ , онда се настављање жице може изводити калајним лемом. За радне температуре до  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  примењују се поступци тврдог лемљења са лемовима на бази сребра.

При температурама већим од  $500^{\circ}\text{C}$  настављање се врши поступцима пламеног или електричног заваривања.

Електролучно варење може да буде са угљеном или металном електродом, једносмерном или наизменичном струјом.

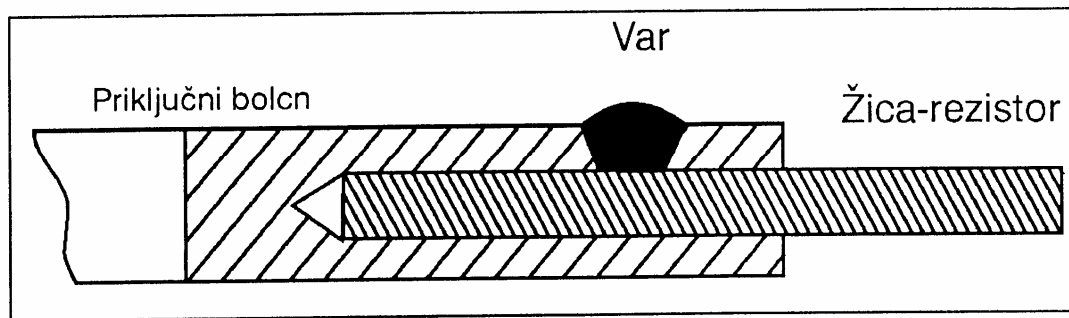
Најквалитетније је електрично варење електроотпорних легура помоћу волфрамове електроде у заштитној атмосфери аргона.

После варења препоручује се одгревање заварених места пламеном на 800°C.

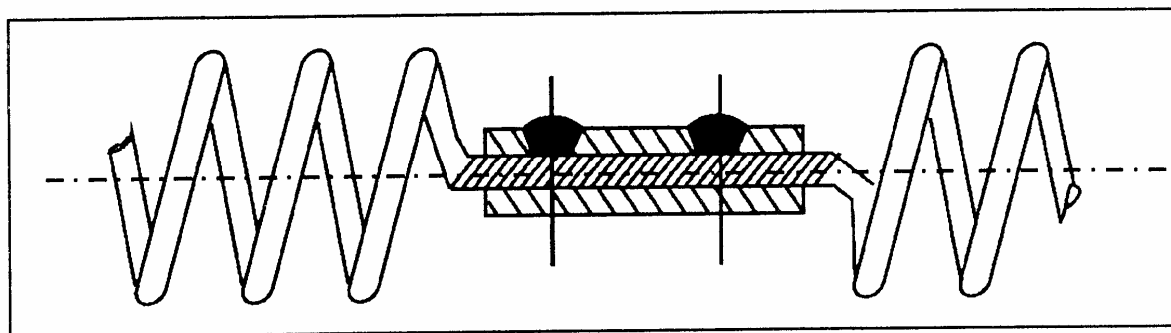
Изводни крајеви жица пречника мањих од 1мм квалитетно се изводе међусобним упредањем 3 - 4 жице. Други поступак се заснива на коришћењу **флексибилних прикључних плетеница**.

За веће пресеке се користе посебни прикључни елементи као на слици 5. 17.





На слици 5. 17. приказано је састављање грејне жице.



Слика 5. 18. Наставак грејача