

# Vijačna vzmet

Strojni elementi 1

Predloga za vaje

Pripravil: as.dr.Ivan Okorn

Ljubljana, 2016

**KAZALO:**

<b>1. Definicija naloge .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Preliminarna določitev dimenzij vzmeti.....</b>	<b>4</b>
2.1 Določitev zunanjšega premera vzmeti .....	4
2.2 Izbira premera žice .....	4
2.3 Karakteristika vzmeti .....	4
2.4 Število ovojev vzmeti.....	4
2.5 Dolžina vzmeti .....	5
<b>3. Vrednotenje vzmeti .....</b>	<b>7</b>
3.1 Vrednotenje vzmeti na statično nosilnost .....	7
3.2 Vrednotenje vzmeti na dinamično nosilnost.....	7
3.3 Kontrola tlačnih vijačnih vzmeti na uklon .....	8
<b>4. Literatura .....</b>	<b>9</b>
<b>5. Priloga.....</b>	<b>10</b>

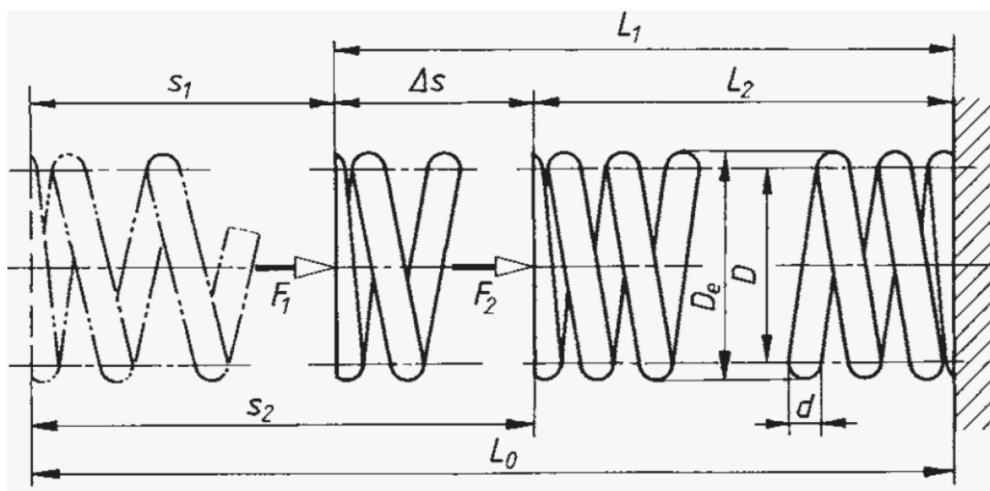
## 1. Definicija naloge

Vijačna vzmet za izvedbo povratnega giba je vgrajena v prostor premera  $D_v$  in dolžilne  $L_v = L_1$ . Pri montaži je prednapeta s silo  $F_1$ . Med obratovanjem je utripno obremenjena med silama  $F_1$  in  $F_2$  in se pri tem deformira za  $\Delta s$ .

Zahteve naloge:

1. Določite dimenzije vzmeti, da bo imela vzmet zahtevano karakteristiko in bo možna vgradnja v podani vgradni prostor! Dejanska togost lahko odstopa od predpisane za  $\pm 3\%$ .
2. Izvedite trdnostno kontrolo vzmeti!
3. Narišite delavniško risbo vzmeti!

Skica vzmeti:



Slika 1: Dimenzije vijačne torzijske vzmeti

Podatki:

Grupa	$D_v$ [mm]	$L_v$ [mm]	$F_1$ [N]	$F_2$ [N]	$\Delta s$ [mm]
<b>1</b>	42	70	100	180	22
<b>2</b>	46	90	150	230	25
<b>3</b>	50	90	145	280	30
<b>4</b>	55	95	200	360	30
<b>5</b>	60	100	100	240	50
<b>6</b>	60	110	300	470	32
<b>7</b>	40	60	120	250	15
<b>8</b>	65	90	300	420	25
<b>9</b>	70	150	300	550	55
<b>0</b>	32	75	130	180	14

## 2. Preliminarna določitev dimenzij vzmeti

### 2.1 Določitev zunanlega premera vzmeti

Zunanji premer  $D_e$  določimo na podlagi premera vgradnega prostora  $D_v$ .

$$D_e \cong D_v - \Delta D_e \quad (1)$$

Pri obremenjevanju tlačne vijačne torzijske vzmeti se zunanji premer nekoliko poveča. Izračun spremembe premera je podan v viru [2]. Za podatke v nalogi bomo upoštevali  $\Delta D_e \cong 1\text{mm}$ .

### 2.2 Izbira premera žice

Na podlagi največje obremenitve  $F_{\max} = F_2$  in vgradnih omejitev ocenimo premer žice  $d$  po enačbi (vir[1]):

$$d \approx k_1 \cdot \sqrt[3]{F_{\max} \cdot D_e} \quad (2)$$

$k_1 \approx 0,16$  (odvisno od premera žice in vrste žice, podrobna razlaga je podana v [1])

Izberemo standardni premer žice po tabeli 1 v prilogi.

### 2.3 Karakteristika vzmeti

Karakteristika vzmeti je krivulja, ki podaja odvisnost med silo in deformacijo vzmeti. Vijačna torzijska vzmet ima linearno karakteristiko. Za podane zahteve jo določimo togost vzmeti  $c$  po enačbi

$$c = \frac{\Delta F}{\Delta s} = \frac{F_2 - F_1}{s_2 - s_1} \quad (3)$$

V literaturi srečamo tudi oznako za togost  $R$ , deformacije pa označimo z  $s$  ali  $f$ .

Na togost vijačne vzmeti vpliva žice  $d$ , srednji premer vzmeti  $D$ , število efektivnih ovojev  $n$  in material vzmeti. Togost ni odvisna od koraka vzmeti.

$$c = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot n} \quad (4)$$

$G$  strižni modul, za vzmetno jeklo upoštevamo  $G = 81500\text{ MPa}$

### 2.4 Število ovojev vzmeti

Pri znani togosti, premeru vzmeti in premeru žice določimo število efektivnih ovojev vzmeti. Le efektivni ovoji prispevajo k deformaciji vzmeti.

$$n = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot c} \quad (5)$$

Vzmet ima na začetku in koncu še neefektivne ovoje, ki ne prispevajo k deformaciji. Skupno število ovojev  $n_t$  tako običajno znaša

$$n_t = n + 2 \quad (6)$$

za hladno oblikovane vzmeti in

$$n_t = n + 1,5 \quad (7)$$

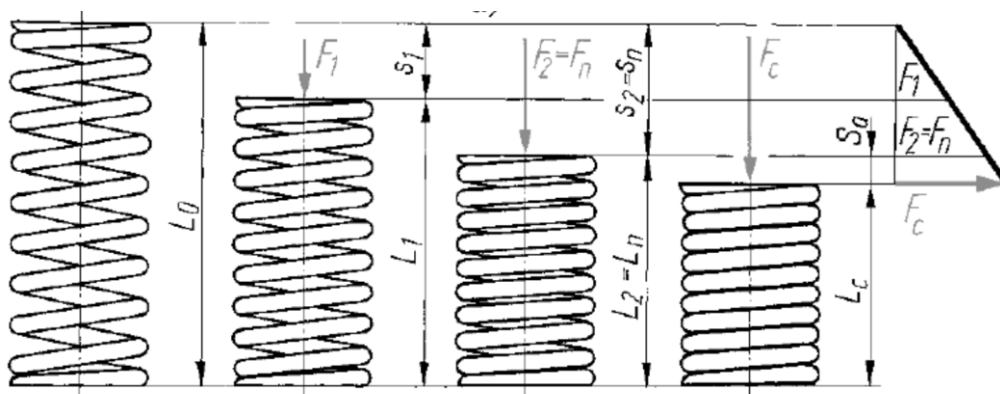
za vroče oblikovane vzmeti.

Pri dinamično obremenjenih vzmeteh celotno število ovojev zaokrožimo na pol ovoja. Zaradi izbire standarnih premerov žice in zaokroževanja števila ovojev, dejanska togost odstopa od predpisane togosti. V nadaljnih izračunih moramo upoštevati dejansko togost.

Konce vzmeti ki služijo za prenos sile je potrebno oblikovati tako, da se obremenitev kolikor je mogoče porazdeli po celotnem obodu čelne strani vzmeti. Navadno se to doseže z zmanjšanjem vzpona na končnem ovoju žice. Dovolj veliko naležno ploskev pravokotno na os vzmeti dosežemo z brušenjem koncev žice do  $d/4$ . Pri vzmeteh iz žice tanjšje od  $d=1$  mm se konci ne brusijo.

## 2.5 Dolžina vzmeti

Vzmet izdelamo na dolžino  $L_0$ . Pri prednapetju s silo  $F_1$  se stisne za  $s_1$ , vzmet pri tem zapolni vgradni prostor dolžine  $L_1$ . Med obratovanjem se dodatno deformira za  $\Delta s = s_2 - s_1$ . Obremenitve, deformacije in dolžine vzmeti so podane na sliki 2. Sila  $F_2$  je enaka  $F_n$  v mejnem primeru, ko je vzmet stisnjena na minimalno dolžino  $L_n$ . V našem primeru je  $F_2 < F_n$ .



Slika 2: Dolžine tlačne vijačne vzmeti (Vir [2])

Ko poznamo debelino žice in število ovojev vzmeti lahko izračunamo minimalno dolžino vzmeti

$$L_n = L_c + S_a \quad (8)$$

Dolžina vzmeti, ko ovoji nasedejo (blokirana dolžina)

$$L_c = k_n \cdot d_{\max} \quad (9)$$

$d_{\max}$  največji premer žice (imenski premer povečan za zgornji odstopek debeline žice)

$k_n$  koeficient izdelave ovojev vzmeti

$k_n = n_t$  hladno oblikovane vzmeti s pobrušenimi končnimi ovoji

$k_n = n_t + 1,5$  hladno oblikovane vzmeti z neobdelanimi končnimi ovoji

$k_n = n_t - 0,3$  vroče oblikovane vzmeti s pobrušenimi končnimi ovoji

$k_n = n_t + 1,1$  vroče oblikovane vzmeti z neobdelanimi končnimi ovoji

Minimalna razdalja med stisnjenimi ovoji  $S_a$  za dinamično obremenjene vzmeti znaša

$$S_a = 1,5 \cdot n \cdot \left[ 0,0015 \cdot \left( \frac{D^2}{d} \right) + 0,1 \cdot d \right] \quad (10)$$

za hladno oblikovane vzmeti in

$$S_a = 0,04 \cdot n \cdot (D + d) \quad (11)$$

za vroče oblikovane vzmeti.

Vzmet, montirana v gradnem prostor dolžine  $L_v = L_1$ , se bo lahko deformirala za  $\Delta s$ , če je izpolnjen pogoj

$$L_v \geq L_n + \Delta s \quad (12)$$

Če je pogoj izpolnjen, določimo dolžino neobremenjene vzmeti

$$L_0 = L_1 + s_1 = L_1 + \frac{F_1}{c} \quad (13)$$

Na osnovi števila ovojev in dolžine neobremenjene vzmeti določimo korak med ovoji.

### 3. Vrednotenje vzmeti

Žica je obremenjena na torzijo. Imensko torzijsko napetost določimo po enačbi

$$\tau = \frac{M_t}{W_p} = \frac{F \cdot \frac{D}{2}}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}} = \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} \quad (14)$$

#### 3.1 Vrednotenje vzmeti na statično nosilnost

Kontroliramo napetost pri blokirani dolžini oz. nasedlih ovojih.

$$\tau_c = \frac{8 \cdot F_c \cdot D}{\pi \cdot d^3} \quad (15)$$

$$\tau_c \leq \tau_{cdop} = 0,65 \cdot R_m$$

Natezne trdnosti  $R_m$  so podane v tabeli 1 priloge. Statično nosilnost je potrebno preveriti tudi pri dinamično obremenjenih vzmeteh.

#### 3.2 Vrednotenje vzmeti na dinamično nosilnost

Imenska torzijska napetost v žici pri minimalni osni sili

$$\tau_{t1} = \frac{8 \cdot F_1 \cdot D}{\pi \cdot d^3} \quad (16)$$

Imenska torzijska napetost v žici pri maksimalni sili

$$\tau_{t2} = \frac{8 \cdot F_2 \cdot D}{\pi \cdot d^3} \quad (17)$$

Torzijska napetost ni enakomerno porazdeljena po obodu žice. Večja je na notranjem premeru vzmeti  $D_i$ . Koncentracijo napetosti zaradi ukrivljenosti žice upoštevamo s korekturnim faktorjem napetost  $k$ .

$$\tau_{k1} = k \cdot \tau_{t1} \quad (18)$$

$$\tau_{k2} = k \cdot \tau_{t2} \quad (19)$$

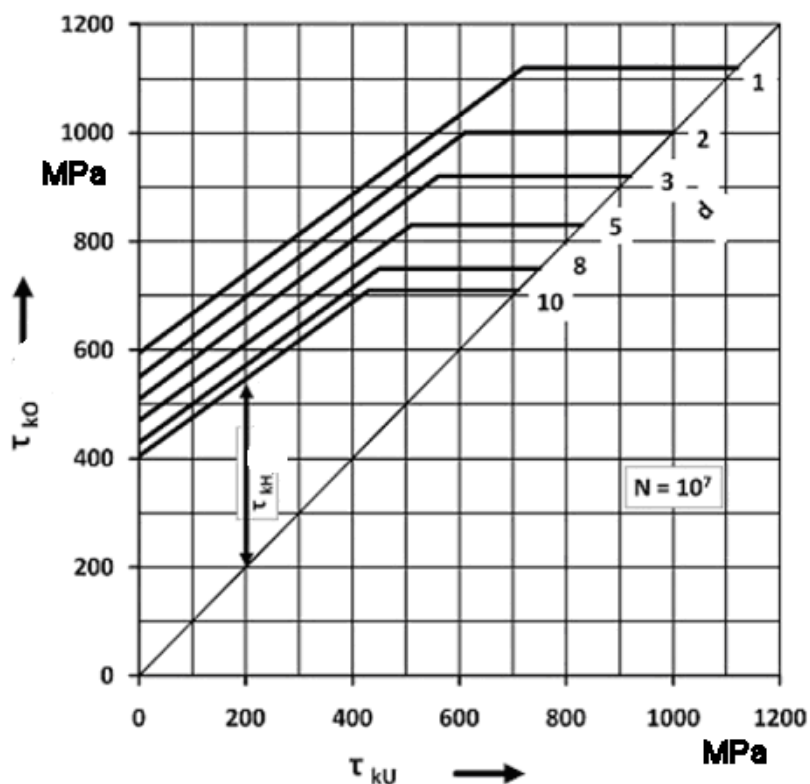
$$k = \frac{w+0,5}{w-0,75} = \frac{\frac{D}{d}+0,5}{\frac{D}{d}-0,75} \quad (20)$$

Dimenzije vzmeti so ustrezne, če sta izpolnjena pogoja

$$\tau_{k2} \leq \tau_{kO} \quad (21)$$

$$\tau_{kh} = \tau_{k2} - \tau_{k1} \leq \tau_{kH} \quad (22)$$

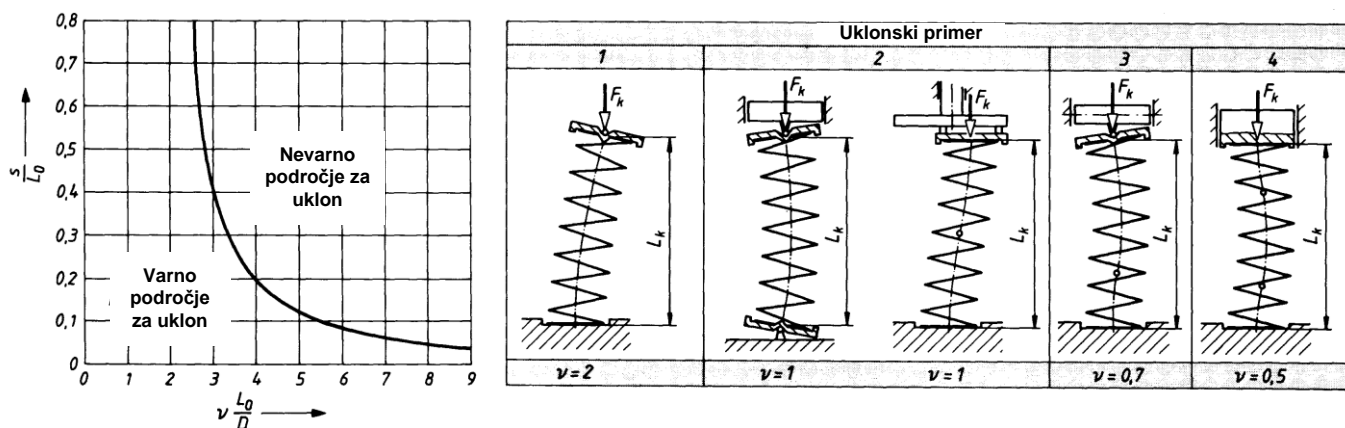
Dopustne vrednosti  $\tau_{kO}$  in  $\tau_{kU}$  določimo iz diagrama na sliki 3. Upoštevamo  $\tau_{kU} = \tau_{kI}$  in premer žice vzmeti.



Slika 3: Trajna dinamične trdnosti vzmeti iz žice vrste DH

### 3.3 Kontrola tlačnih vijačnih vzmeti na uklon

Pri dolgih tlačnih vijačnih vzmeteh lahko prihaja do uklona le teh, zato so pri njih potrebna vodila. Kontrolo na uklon izvedemo s pomočjo diagrama na sliki 4. Če leži točka s koordinatama  $(s/L_0, \nu \cdot L/D)$  pod narisano krivuljo ni nevarnosti uklona.



Slika 4: Kontrola vzmeti na uklon



#### 4. Literatura

- [1] Matek, W., Muhs, D., Wittel, H., Becker, M., Voßiek, J.: Rollof/Matek: Maschinenelemente, Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft/GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2013.
- [2] Decker: Maschinenelemente - Funktion, Gestaltung und Berechnung, Carl Hanser Verlag, München, 2011
- [3] Niemman, G., Winter, H., Hohn, B.-R.: Maschinenelemente, Band 1, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2005.
- [4] Haberhauer, H., Bodenstein, F.: Maschinenelemente-Gestaltung, Berechnung, Anwendung, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2001.
- [5] Steinhilper, W., Sauer, B.: Konstruktionselemente des Maschinenbaus 1, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2012

## 5. Priloga

Tabela 1: Standardni premeri žic iz vzmetnega jekla in natezne trdnosti po DIN EN 10270

Drahtdurchmesser $d$	Zugfestigkeit $R_m$ für Drahtsorten					
	Nennmaß	SL N/mm <sup>2</sup>	SM N/mm <sup>2</sup>	DM N/mm <sup>2</sup>	SH N/mm <sup>2</sup>	DH N/mm <sup>2</sup>
0,50			2200 ... 2470	2200 ... 2470	2480 ... 2740	2480 ... 2740
0,53			2180 ... 2450	2180 ... 2450	2460 ... 2720	2460 ... 2720
0,56			2170 ... 2430	2170 ... 2430	2440 ... 2700	2440 ... 2700
0,60			2140 ... 2400	2140 ... 2400	2410 ... 2670	2410 ... 2670
0,63			2130 ... 2380	2130 ... 2380	2390 ... 2650	2390 ... 2650
0,65			2120 ... 2370	2120 ... 2370	2380 ... 2640	2380 ... 2640
0,70			2090 ... 2350	2090 ... 2350	2360 ... 2610	2360 ... 2610
0,75			2070 ... 2320	2070 ... 2320	2330 ... 2580	2330 ... 2580
0,80			2050 ... 2300	2050 ... 2300	2310 ... 2560	2310 ... 2560
0,85			2030 ... 2280	2030 ... 2280	2290 ... 2530	2290 ... 2530
0,90			2010 ... 2260	2010 ... 2260	2270 ... 2510	2270 ... 2510
0,95			2000 ... 2240	2000 ... 2240	2250 ... 2490	2250 ... 2490
1,00	1720 ... 1970		1980 ... 2220	1980 ... 2220	2330 ... 2470	2230 ... 2470
1,05	1710 ... 1950		1960 ... 2200	1960 ... 2200	2210 ... 2450	2210 ... 2450
1,10	1690 ... 1940		1950 ... 2190	1950 ... 2190	2200 ... 2430	2200 ... 2430
1,20	1670 ... 1910		1920 ... 2160	1920 ... 2160	2170 ... 2400	2170 ... 2400
1,25	1660 ... 1900		1910 ... 2140	1910 ... 2140	2150 ... 2380	2150 ... 2380
1,30	1640 ... 1890		1900 ... 2130	1900 ... 2130	2140 ... 2370	2140 ... 2370
1,40	1620 ... 1860		1870 ... 2100	1870 ... 2100	2110 ... 2340	2110 ... 2340
1,50	1600 ... 1840		1850 ... 2080	1850 ... 2080	2090 ... 2310	2090 ... 2310
1,60	1590 ... 1820		1830 ... 2050	1830 ... 2050	2060 ... 2290	2060 ... 2290
1,70	1570 ... 1800		1810 ... 2030	1810 ... 2030	2040 ... 2260	2040 ... 2260
1,80	1550 ... 1780		1790 ... 2010	1790 ... 2010	2020 ... 2240	2020 ... 2240
1,90	1540 ... 1760		1770 ... 1990	1770 ... 1990	2000 ... 2220	2000 ... 2220
2,00	1520 ... 1750		1760 ... 1970	1760 ... 1970	1980 ... 2200	1980 ... 2200
2,10	1510 ... 1730		1740 ... 1960	1740 ... 1960	1970 ... 2180	1970 ... 2180
2,25	1490 ... 1710		1720 ... 1930	1720 ... 1930	1940 ... 2150	1940 ... 2150
2,40	1470 ... 1690		1700 ... 1910	1700 ... 1910	1920 ... 2130	1920 ... 2130
2,50	1460 ... 1680		1690 ... 1890	1690 ... 1890	1900 ... 2110	1900 ... 2110
2,60	1450 ... 1660		1670 ... 1880	1670 ... 1880	1890 ... 2100	1890 ... 2100
2,80	1420 ... 1640		1650 ... 1850	1650 ... 1850	1860 ... 2070	1860 ... 2070
3,00	1410 ... 1620		1630 ... 1830	1630 ... 1830	1840 ... 2040	1840 ... 2040
3,20	1390 ... 1600		1610 ... 1810	1610 ... 1810	1820 ... 2020	1820 ... 2020
3,40	1370 ... 1580		1590 ... 1780	1590 ... 1780	1790 ... 1990	1790 ... 1990
3,60	1350 ... 1560		1570 ... 1760	1570 ... 1760	1770 ... 1970	1770 ... 1970
3,80	1340 ... 1540		1550 ... 1740	1550 ... 1740	1750 ... 1950	1750 ... 1950

Drahtdurchmesser $d$	Zugfestigkeit $R_m$ für Drahtsorten				
	Nennmaß	SL N/mm <sup>2</sup>	SM N/mm <sup>2</sup>	DM N/mm <sup>2</sup>	SH N/mm <sup>2</sup>
4,00	1320 ... 1520	1530 ... 1730	1530 ... 1730	1740 ... 1930	1740 ... 1930
4,25	1310 ... 1500	1510 ... 1700	1510 ... 1700	1710 ... 1900	1710 ... 1900
4,50	1290 ... 1490	1500 ... 1680	1500 ... 1680	1690 ... 1880	1690 ... 1880
4,75	1270 ... 1470	1480 ... 1670	1480 ... 1670	1680 ... 1860	1680 ... 1860
5,00	1260 ... 1450	1460 ... 1650	1460 ... 1650	1660 ... 1840	1660 ... 1840
5,30	1240 ... 1430	1440 ... 1630	1440 ... 1630	1640 ... 1820	1640 ... 1820
5,60	1230 ... 1420	1430 ... 1610	1430 ... 1610	1620 ... 1800	1620 ... 1800
6,00	1210 ... 1390	1400 ... 1580	1400 ... 1580	1590 ... 1770	1590 ... 1770
6,30	1190 ... 1380	1390 ... 1560	1390 ... 1560	1570 ... 1750	1570 ... 1750
6,50	1180 ... 1370	1380 ... 1550	1380 ... 1550	1560 ... 1740	1560 ... 1740
7,00	1160 ... 1340	1350 ... 1530	1350 ... 1530	1540 ... 1710	1540 ... 1710
7,50	1140 ... 1320	1330 ... 1500	1330 ... 1500	1510 ... 1680	1510 ... 1680
8,00	1120 ... 1300	1310 ... 1480	1310 ... 1490	1490 ... 1660	1490 ... 1660
8,50	1110 ... 1280	1290 ... 1460	1290 ... 1460	1470 ... 1630	1470 ... 1630
9,00	1090 ... 1260	1270 ... 1440	1270 ... 1440	1450 ... 1610	1450 ... 1610
9,50	1070 ... 1250	1260 ... 1420	1260 ... 1420	1430 ... 1590	1430 ... 1590
10,00	1060 ... 1230	1240 ... 1400	1240 ... 1400	1410 ... 1570	1410 ... 1570
10,50	—	1220 ... 1380	1220 ... 1380	1390 ... 1550	1390 ... 1550
11,00		1210 ... 1370	1210 ... 1370	1380 ... 1530	1380 ... 1530
12,00		1180 ... 1340	1180 ... 1340	1350 ... 1500	1350 ... 1500
12,50		1170 ... 1320	1170 ... 1320	1330 ... 1480	1330 ... 1480
13,00		1160 ... 1310	1160 ... 1310	1320 ... 1470	1320 ... 1470
14,00		1130 ... 1280	1130 ... 1280	1290 ... 1440	1290 ... 1440
15,00		1110 ... 1260	1110 ... 1260	1270 ... 1410	1270 ... 1410
16,00		1090 ... 1230	1090 ... 1230	1240 ... 1390	1240 ... 1390
17,00		1070 ... 1210	1070 ... 1210	1220 ... 1360	1220 ... 1360
18,00		1050 ... 1190	1050 ... 1190	1200 ... 1340	1200 ... 1340
19,00		1030 ... 1170	1030 ... 1170	1180 ... 1320	1180 ... 1320
20,00		1020 ... 1150	1020 ... 1150	1160 ... 1300	1160 ... 1300

Vrste žic iz nelegiranega vzmetnega jekla:

SL– za nizko statično in poredko dinamično obremenjene vzmeti,

SM – za srednje statično in nizko dinamično obremenjene vzmeti,

DM – za srednje dinamično obremenjene vzmeti,

SH – za visoko statično in nizko dinamično obremenjene vzmeti,

DH – za visoko statično in srednje dinamično obremenjene vzmeti,