

## ANALIZA NOSIVOSTI MATICE SA ZAVARENIM PODIZAČEM

### Load analysis of nut with welded lifter

Ivan Grgić<sup>1</sup>, Dubravko Šotola<sup>1</sup>, Željko Ivandić<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu

**Ključne riječi:** Matica, nosivost, zavaren podizač

#### Sažetak

Konstrukcijska izvedba ručne dizalice sadrži podizač tereta zavaren na maticu koja se pomjera po navojnom vretenu. Za predviđenu nosivost proračunom zavarenog spoja utvrđuje se da li su sva naprezanja u dopuštenim granicama te se određuje potrebna debljina zavara. Proračun je proveden za dvije različite konstrukcijske izvedbe pri jednakoj vrijednosti opterećenja, te je provedena numerička analiza. Na temelju toga utvrđeno je koje konstrukcijsko rješenje matice sa zavarenim podizačem bolje zadovoljava zadano opterećenje.

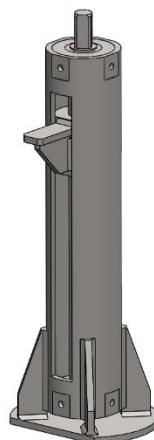
**Key words:** Load, nut, welded lifter

#### Abstract

The constructional design of the hand crane includes a load lifter welded to a nut which movement depends of threaded spindle. For predicted load capacity, the welded joint calculation determines whether all stresses within the permissible limits and the required weld thickness is determined. The calculation was carried out for two different designs with the same loading and for all cases a numerical analysis was performed. Based on this, the better constructional design of the nut with a welded lifter is proposed.

#### 1. Uvod:

Konstrukcijska izvedba ručne dizalice za dizanje tereta sastoji se od kućišta koje je izrađeno od precizne čelične cijevi bez šava (HRN C.B5.230), podizača koji je zavaren za maticu, zapornog kola, trapeznog vretena i ručice. Na slici 1. je prikazan sklop dizalice bez ručice i zapornog kola.



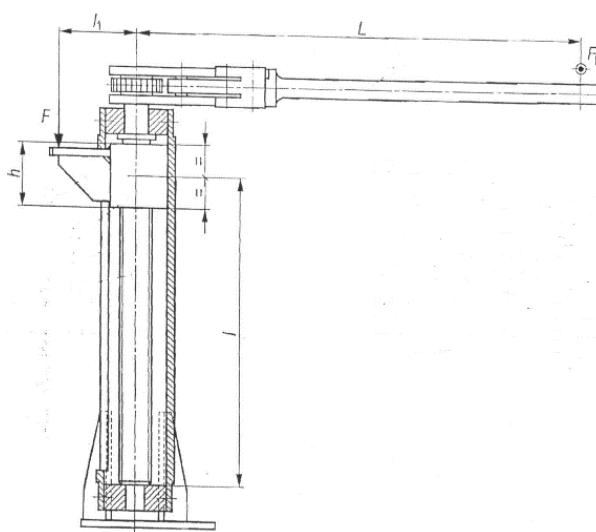
Slika 1 Sklop ručne dizalice

Proračun ručne dizalice, prema slici 2. [1], obuhvaća proračun vretena, provjeru površinskog tlaka u matici, potreban krak ručice sa zapornim kolom, iskoristivost ručne dizalice te provjeru naprezanja u zavarenom spoju podizača s maticom za zadane uvjete prikazane u tablici 1.

Tablica 1 Konstrukcijski zahtjevi ručne dizalice

Konstrukcijski zahtjevi	Izvedba
Teret koji se podiže $F$ , kN	30
Vrsta opterećenja	istosmjerne dinamičko
Materijal vretena	Č0361
Materijal matice	Č0461
Ručna sila $F_R$ , N	250
Visina matice $h$ , mm	65
Visina $l$ , mm	350

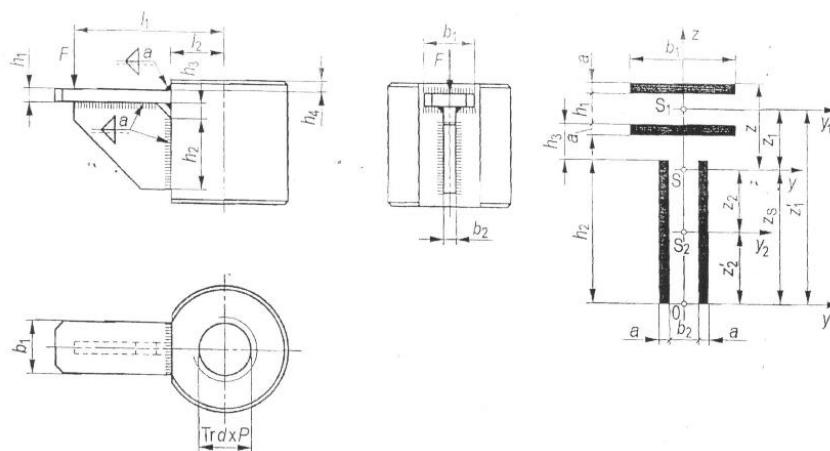
Budući da se rad bazira isključivo na analizi nosivosti matice sa zavarenim podizačem za različito postavljenje izvedbe zavara, ovdje se neće ići u detaljnu razradu procesa konstruiranja već će se izvršiti proračun uz zadane uvjete, izraditi numerička analiza za svaki i na temelju rješenja predložiti najbolju izvedbu matice sa zavarenim podizačem.



Slika 2 Parametri dizalice

## 2. Matica sa zavarenim podizačem

Na temelju skice, slika 3., vrši se proračun zavarenog spoja podizača s maticom



Slika 3 Skica za proračun zavarenog spoja podizača s maticom [1]

U zavarenim šavovima naprezanja se u pravilu računaju kao i kod čeličnih konstrukcija [2]. Za slučaj zavarenog šava podizača s maticom, potrebno je odrediti vrijednosti smičnog (1), savojnog (2) i reduciranih naprezanja (3) [1].

$$\tau_z = \frac{F}{A_z} \quad (1)$$

gdje je:

$\tau_z$  ... smično naprezanje u zavaru, [MPa];

$A_z$  ... ploština ukupne površine zavara (prema slici 3.) [mm<sup>2</sup>];

F ... opterećenje [N].

$$\sigma_{sz} = \frac{M_s}{I_y} \times z \quad (2)$$

gdje je:

$\sigma_{sz}$  ... savojno naprezanje u zavaru, [MPa];

$M_s$  ... moment savijanja (prema slici 3.) [Nmm];

$I_y$  ... moment tromosti odgovarajućih površina zavara (prema slici 3.) [mm<sup>4</sup>];

$z$  ... udaljenost sloja izloženog najvećem vlačnom naprezanju (prema slici 3.). [mm]

$$\sigma_{red\ z} = \sqrt{\sigma_{sz}^2 + 3 \times \tau_z^2} \leq \sigma_{z\ dop} \quad (3)$$

gdje je:

$\sigma_{red\ z}$  ... reducirano naprezanje u zavaru, [MPa];

$\sigma_{z\ dop}$  ... dopušteno naprezanje u zavaru, [MPa].

Nakon uvrštavanja konkretnih vrijednosti može se provjeriti debljina zavara  $a$  na temelju (1.4). Ukoliko je  $\sigma_{red\ z} > \sigma_{z\ dop}$  potrebno je povećati debljinu zavara i ponavljati provjeru sve dok ne bude zadovoljen uvjet  $\sigma_{red\ z} \leq \sigma_{z\ dop}$ . Prema proračunu ručne dizalice [1] uočljivo je da izvedba podizača ovisi o promjeru vretena i o teretu kojim je opterećen.

## 2.1. Provjera naprezanja i debljine zavara u zavarenom spoju podizača s maticom

Izmjere potrebne za provjeru naprezanja u zavarenom spoju i debljine zavara podizača s maticom određene su prema slici 3., te vrijede za konstrukcijsku izvedbu 1 iz tablice 1 i glase  $l_1 = 86\text{mm}$ ,  $l_2 = 30\text{mm}$ ,  $h_2 = 40\text{mm}$ ,  $h_1 = h_3 = b_2 = 8\text{mm}$ ,  $h_4 = 6\text{mm}$ ,  $b_1 = 30\text{mm}$ ,  $a = 5\text{mm}$  za usvojeni promjer vretena  $d = 36\text{mm}$  određen dimenzioniranjem vretena.

Za kutni zavar prikazan na slici 3. potrebno je odrediti vrijednost površine zavara prema (4) za jednadžbu (1):

$$A_z = A_{z1} + A_{z2} = 2 \times a \times (b_1 + h_2) \quad (4)$$

gdje je:

$A_z$  ... ploština ukupne površine zavara, [mm<sup>2</sup>];

$A_{z1}, A_{z2}$  ... Ploštine površine zavara (prema slici 3.) [mm<sup>2</sup>];

$a, b_1, h_2$  ... izmjere (prema slici 3.) [mm].

Izraz (2) zahtijeva vrijednost momenta tromosti površine zavara prema (5) te udaljenost sloja izloženog najvećem vlačnom naprezanju prema (8)

$$I_y = (I_{y1} + A_{z1} \times z_1^2) + (I_{y2} + A_{z2} \times z_2^2) \quad (5)$$

$$I_{y1} = \frac{a \times b}{6} \times (4 \times a^2 + 6 \times a \times h_1 + 3 \times h_1^2) \quad (6)$$

$$I_{y2} = \frac{a \times h_2^3}{6} \quad (7)$$

$$z = z_1 + \frac{h_1}{2} + a \quad (8)$$

gdje je:

$I_y, I_{y1}, I_{y2}$  ... momenti tromosti odgovarajućih površina zavara (prema slici 3.), [mm<sup>4</sup>];

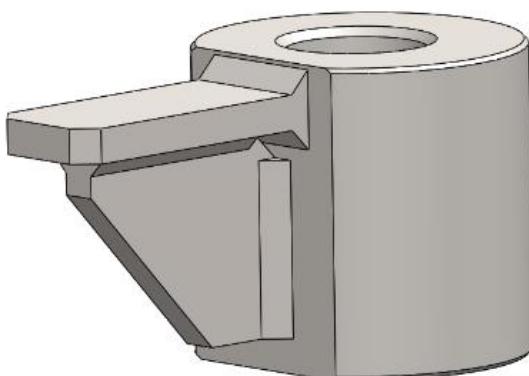
$z_1, z_2$  ... udaljenosti težišta površina zavara od koordinatnih osi (prema slici 3.) [mm].

Prema (1), (2) i (3) reducirano naprezanje u zavaru iznosi  $\sigma_{red\ z} = 203,4 \text{ MPa}$ .

Obzirom na navedene izraze i uz uvjet kako je  $\sigma_{z\ dop} = 300 \text{ MPa}$  proračunom je dokazano da su naprezanja u dopuštenim granicama, te je predviđena debljina zavara  $a = 5\text{mm}$  zadovoljavajuća.

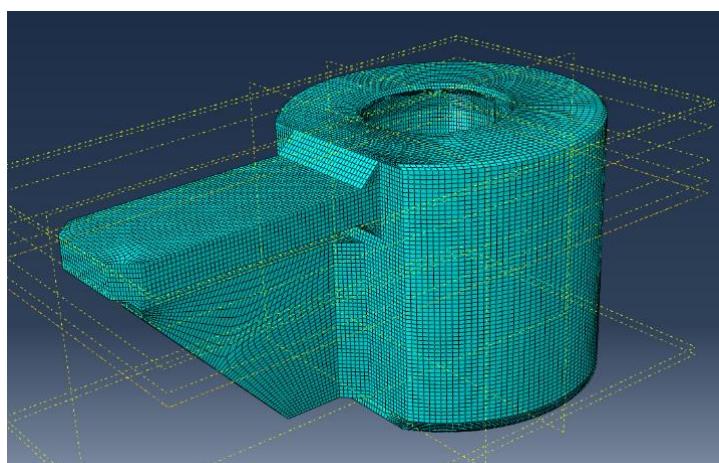
### 3. 3D oblikovanje i numerička analiza matice sa zavarenim podizačem

Oblikovanje matice sa zavarenim podizačem provedeno je u programu SolidWorks, slika 4, na temelju proračuna.



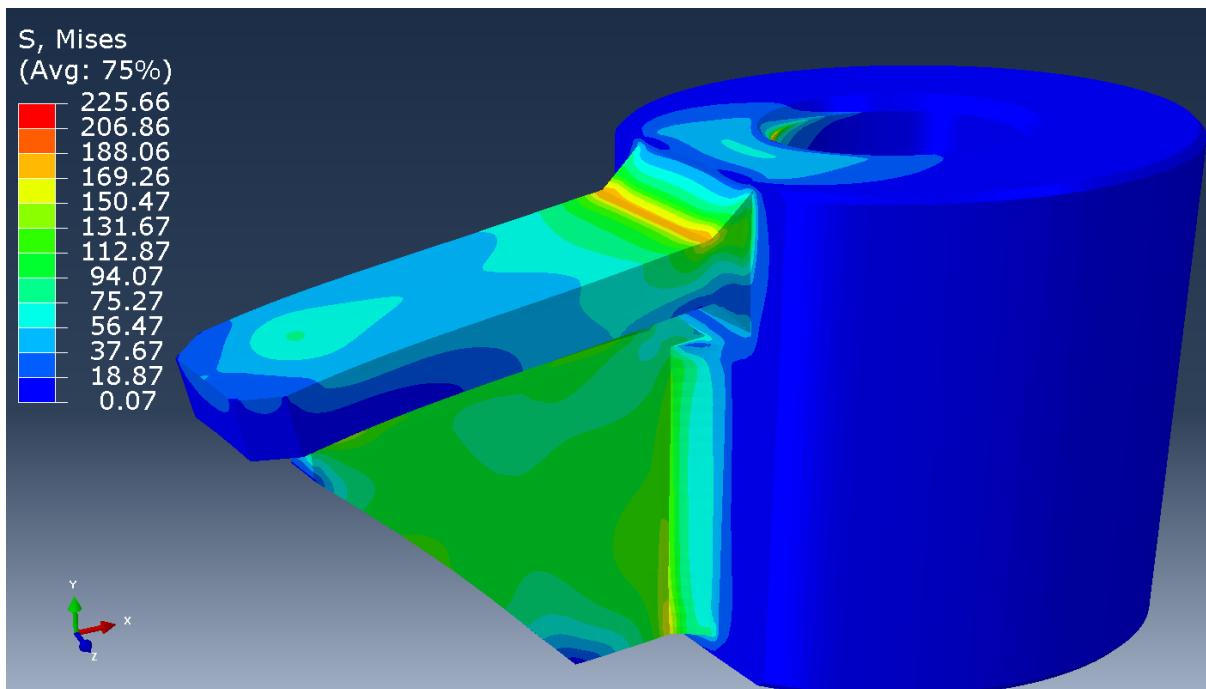
Slika 4 Matica sa zavarenim podizačem prema [1].

3D model je unesen u programski paket Abaqus gdje je provedena numerička analiza nosivosti za zadanu koncentriranu silu  $F$  na udaljenosti  $l_1$  prema slici 3. Definiran je materijal sa sljedećim karakteristikama gustoća  $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$ , modul elastičnosti  $E = 210 \text{ GPa}$ , Poissonov omjer  $\nu = 0,3$ , te uklještenja i opterećenja kako slijedi, koncentrirana sila  $F = 30\text{kN}$  na udaljenosti od simetrale provrta  $l_1 = 86\text{mm}$ , provrt s navojem kao uklještenje/nepomični oslonac. Izrađena je strukturirana mreža konačnih elemenata kvadratnog geometrijskog reda, slika 5., koja sadrži 221542 elementa.



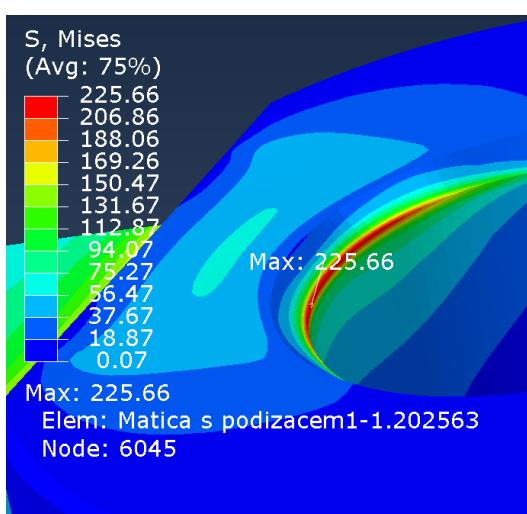
Slika 5 Mreža konačnih elemenata.

Na slici 6., prikazan je rezultat numeričke analize metodom konačnih elemenata sa raspodjelom naprezanja. Kako granica tečenja za Č 0461 iznosi 260 MPa, vidljivo je da su naprezanja u dozvoljenim granicama odnosno ne dolazi do plastičnih deformacija materijala.

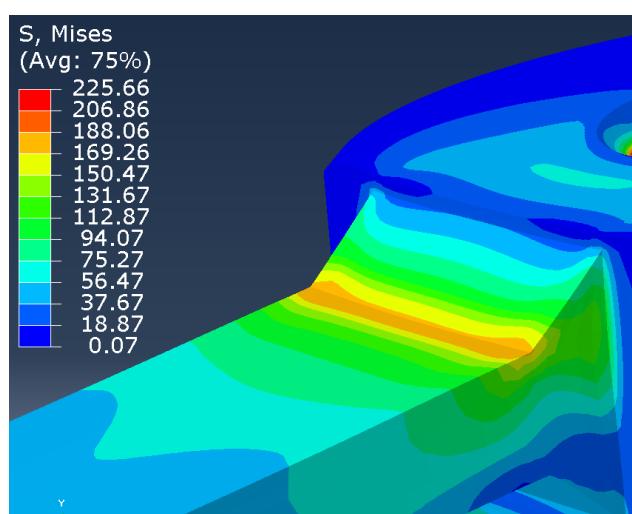


Slika 6 Raspodjela naprezanja matice sa zavarenim podizačem.

Proračunom je utvrđeno kako maksimalno naprezanje u zavaru iznosi 203,4 MPa. Na slici 8., prikazano je mjesto najvećeg naprezanja u zavaru i iznosi 206,86 MPa čime je u odnosu na proračun odstupanje zanemarivo, što dokazuje korelaciju numeričke analize s proračunom. Maksimalno naprezanje, slika 7., iznosa 225,66 MPa utvrđeno je unutar provrta s navojem na gornjem dijelu matice.

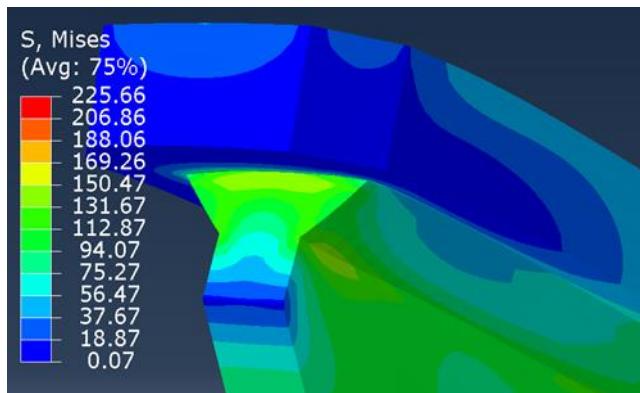


Slika 7 Maksimalno naprezanje u matici.

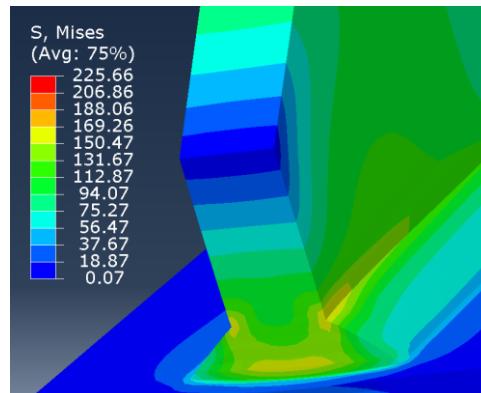


Slika 8 Maksimalno naprezanje u zavaru.

Budući da sila opterećuje gornju plohu podizača za očekivati je da će vrijednosti naprezanja u zavarima ispod podizača biti u još nižim vrijednostima u odnosu na dopuštenu, što je vidljivo na slici 9. i slici 10.

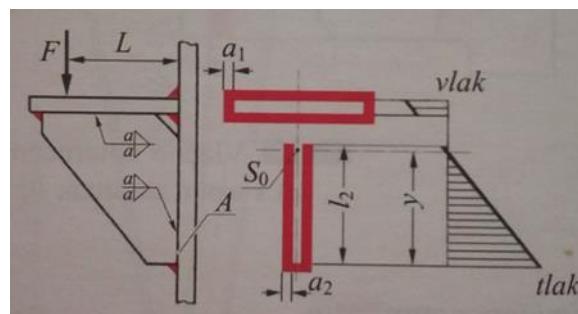


Slika 9 Naprezanja u zavaru ispod podizača.

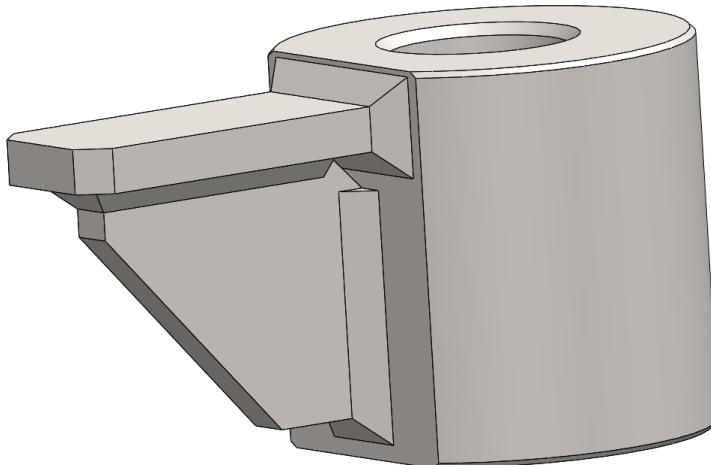


Slika 10 Naprezanja u zavaru u donjem dijelu.

Budući da je prema [2] predviđeno drugačije oblikovanje zavarenog spoja, prema slici 11. bit će izведен novi oblik zavara matice sa zavarenim podizačem, slika 12.



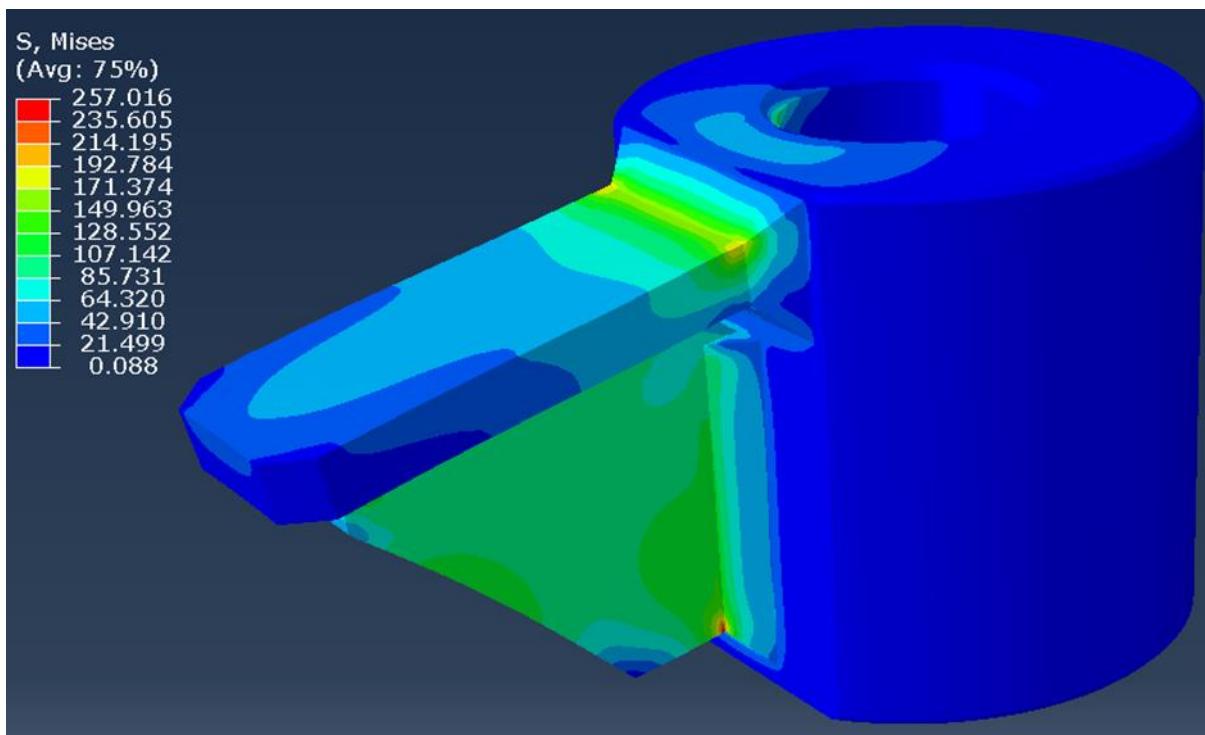
Slika 11 Izvedba zavarenog spoja prema literaturi [2].



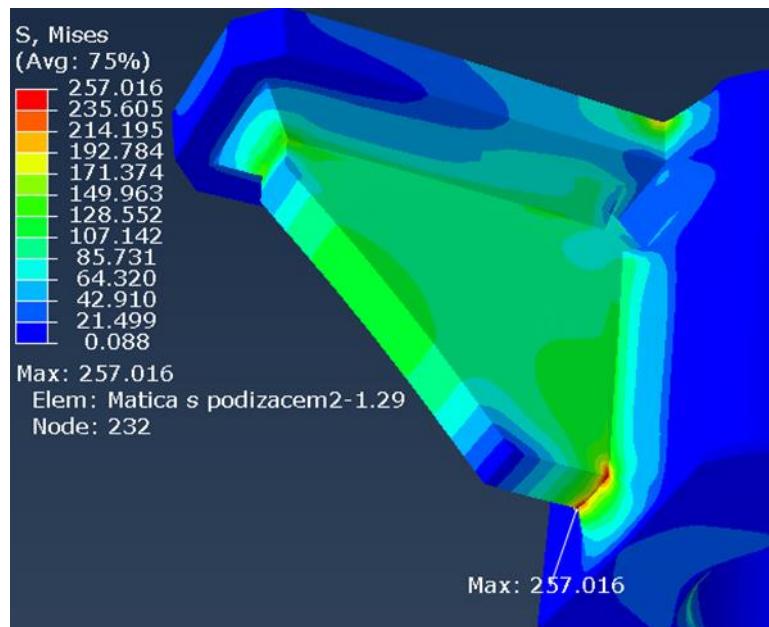
Slika 12 Izvedba zavara matice sa zavarenim podizačem prema [2].

Zbog izvedbe zavara, u donjem dijelu podizača učinjena je iznimka u promjeni visine matice s prethodnih 65mm na 70mm kako bi predviđena vrijednost zavara bila također 5 mm, a ne manje. Ova promjena visine matice ne utječe na rezultate.

Na slici 13. prikazan je rezultat numeričke analize za prethodno spomenutu izvedbu zavarenog spoja matice sa zavarenim podizačem, te je za razliku od prethodnog slučaja prikazanog na slici 4. odnosno slici 6. uočeno da su vrijednosti naprezanja porasla. Utvrđeno je kako maksimalno naprezanje iznosi 257 MPa što je gotovo jednako granici tečenja materijala. Na slici 14. prikazano je mjesto maksimalnog naprezanja.

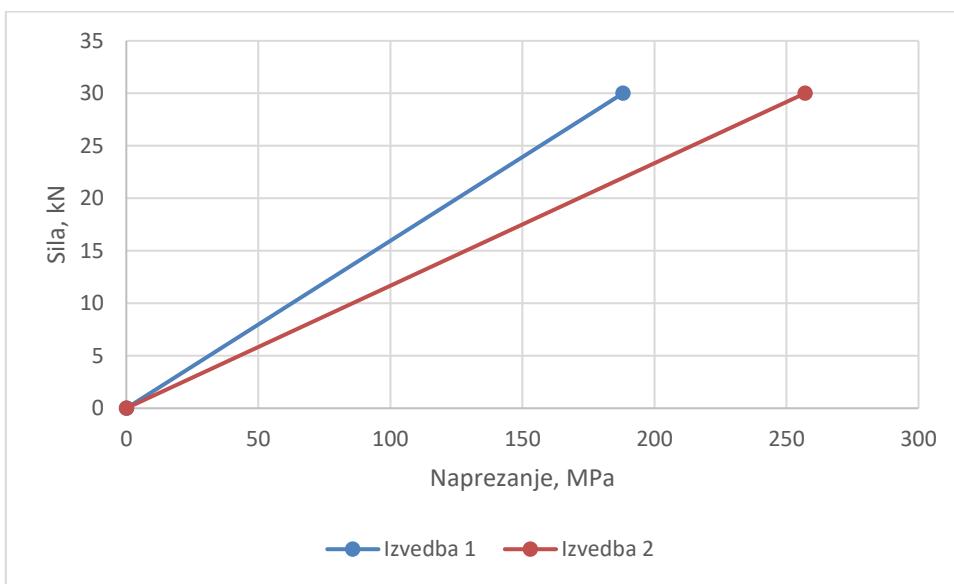


Slika 13 Raspodjela naprezanja maticе sa zavarenim podizačem.



Slika 14 Maksimalno naprezanje u zavaru.

Na dijagramu prikazanom na slici 15. prikazana je usporedba dvije izvedbe oblikovanja zavara maticе sa zavarenim podizačem, tj. pokazna je promjena naprezanja u zavrenim spojevima za slučaj postavljenе sile od 30 kN. Uočljivo je da će izvedba 1. koja je u ovom radu predstavljena slikom 4. moći podnijeti veće opterećenje u odnosu na izvedbu 2. predstavljenu slikom 12.



Slika 15 Usporedba izvedbi matice sa zavarenim podizačem.

#### 4. Zaključak

U ovome radu prikazana je numerička analiza dvije izvedbe zavarenih spojeva matice sa zavarenim podizačem. Analiza je provedena za slučaj opterećenja silom iznosa 30kN. Utvrđeno je da izvedba prema [1] podnosi veća opterećenja dok izvedba prema [2] koja sadrži veću količinu nanesenog zavara dolazi u granično područje naprezanja ako se uzme u obzir granica tečenja materijala. Kako je uzeto u obzir da je debljina zavara 5 mm, preporučuje se ispitati nosivost za slučaj da je debljina zavara manjeg iznosa.

#### 5. Literatura

- [1] Kljajin, M. (2004): Elementi strojeva I, Podloge za vježbe „Ručna dizalica“, Strojarski fakultet Slavonski Brod, Sveučilište J.J Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod.
- [2] Decker K-H.(2006): Elementi strojeva, Tehnička knjiga Zagreb, Treće izmijenjeno i dopunjeno izdanje, str str. 35-37.