
Yksipuoleisten hitsien mitoittaminen standardin EN 1993-1-8:2005 mukaan

Yhteyshenkilö: Teemu Tiainen
Teräsrakenneyhdistys ry
Eteläranta 10, 00130 Helsinki
teemu.tiainen@terasrakenneyhdistys.fi

Menetelmän kuvaus:

Normikortissa esitetään yksipuoleisen hitsin mitoittaminen, kun hitsin juureen aiheutuu taivutuksen aiheuttama vetojännitys.

Teräsrakenneyhdistys ry:n Normitoimikunta on käsitellyt tämän Teräsnormikortin 22.11.2018 kokouksessa ja todennut sen täyttävän standardin SFS-EN 1993 ja niihin liittyvien Suomen kansallisten liitteiden vaatimukset.

Teräsnormikortin käyttäjällä on vastuu kortin ohjeiden käytöstä.

Tämä Teräsnormikortti on voimassa toistaiseksi.

Helsingissä elokuun 22. päivänä 2019

TERÄSRAKENNEYHDISTYS r.y.



Aki Vuolio
Hallituksen puheenjohtaja



Janne Tähtikunnas
Toimitusjohtaja

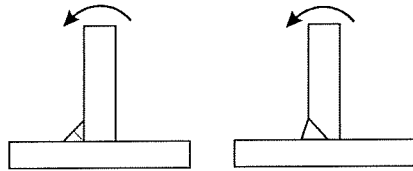
1. TAUSTA.....	3
2. KESTÄVYYDEN LASKENTA.....	4
LÄHDELUETTELO	14

1. TAUSTA

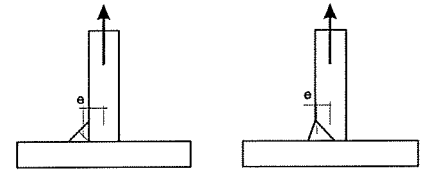
Standardin EN1993-1-8:2005 kohta 4.12 esittää standardin periaatteet epäkeskisesti kuormitettujen yksipuoleisten pienahitsien ja yksipuoleisten osittain läpihitsattujen päittäishitsien suhteen

Standardin EN 1993-1-8 kohta 4.12:

- (1) Paikallista epäkeskisyyttä vältetään, jos mahdollista.
- (2) Paikallinen epäkeskisyys (vaikuttavan voiman vaikutusviivan suhteen) otetaan huomioon seuraavissa tapauksissa:
 - Kun hitsin pituusakselin suhteen vaikuttava taivutusmomentti aiheuttaa vetoa hitsin juureen, ks. kuva 4.9(a);
 - Kun hitsin pituusakselia vastaan kohtisuorassa suunnassa vaikuttava vetovoima aiheuttaa taivutusmomentin, josta aiheutuu vetoa hitsin juureen, ks. kuva 4.9(b).
- (3) Paikallista epäkeskisyyttä ei tarvitse ottaa huomioon, jos yksittäinen hitsi on osa rakenneputken ympäri hitsattua yhtenäistä hitsiä.



(a) Taivutusmomentti aiheuttaa vetoa hitsin juureen.



(b) Vetovoima aiheuttaa vetoa hitsin juureen.

Yksipuoleiset pienahitsit ja yksipuoleiset osittain läpihitsatut hitsit siirtävät tehokkaasti pituussuuntaisia leikkausvoimia. Nämä hitsit siirtävät kuitenkin heikosti poikittaisessa suunnassa vaikuttavia taivutusmomenteja. Yksipuoleiset pienahitsit ja yksipuoleiset osittain läpihitsatut hitsit tuovat liitokseen epäkeskisyyttä, josta aiheutuu taivutusmomenttia aksiaalisille voimille. Tämä sekundaarinen vaikutus pienentää oleellisesti hitsin kuormituskestävyyttä.

Yksipuoleisia pienahitsejä ja yksipuoleisia osittain läpihitsattuja hitsejä tulee käyttää vain liitettävien levyjen välisten pituussuuntaisten leikkausvoimien siirtämiseen seuraavin poikkeuksin:

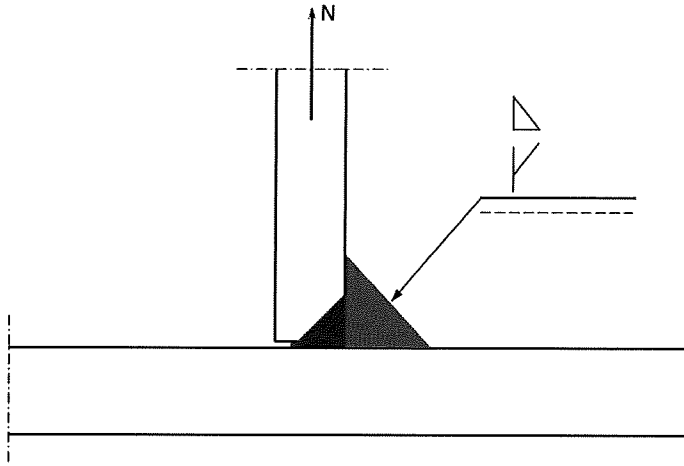
1. putkien välisissä kiinnityksissä käytettävät hitsit (SHS, RHS, CHS)
2. hitsattujen koteloprofiilien (WB, WQ ja vastaavat) välisissä kiinnityksissä käytettävät hitsit edellyttäen, että hitsien voidaan osoittaa olevan riittäviä kestämään hitsin epäkeskisyydestä aiheutuvat sekundaarimomentit ja voimat
3. pituussuuntaiset hitsit, joita käytetään hitsattujen profiilien (WI, WB, WQ tai vastaava) uumien ja laippojen välisiin kiinnityksiin. Poikittaiset voimat otetaan huomioon.

Kaksipuoleisia hitsejä tulee käyttää, mikäli mahdollista, kun kiinnitetään levyjä, uumia tai laippoja, jotka siirtävät poikittaisessa suunnassa aksiaalisia voimia ja/tai taivutusmomenteja hitsatuissa liitoksissa. Kun ei ole mahdollista käyttää kaksipuoleisia hitsejä, kuten esimerkiksi tilanteissa, joissa hitsiä ei päästä hitaamaan, voidaan poikkeuksellisesti käyttää yksipuoleisia hitsejä edellyttäen, että hitsien voidaan osoittaa olevan riittäviä liitoksen epäkeskisyyden vuoksi syntyville sekundaarisille voimille ja momenteille.

2. KESTÄVYYDEN LASKENTA

Yksipuoleisten hitsien kestävyys lasketaan käyttäen apuna T-liitosta, jossa levyt kiinnitetään osittain läpihitsatulla hitsillä ja sitä vahvistavalla pienahitsillä kuten kuvassa 2.1 esitetään.

Tämä esimerkki esittää peruseriaatteet, jotka soveltuvat myös pelkälle yksipuoleiselle pienahitsille ja pelkälle yksipuoleiselle osittain läpihitsatulle hitsille.



Kuva 2.1 Yksipuoleinen hitsattu T- liitos; osittain läpihitsattu hitsi ja vahvistava pienahitsi.

Standardin EN 1993-1-8: 2005 kohta 2.5(1) esittää noudatettavan sovellusohjeen: “Liitokset suunnitellaan todelliseen sisäisten voimien ja momenttien jakaumaan perustuen”. Tähän sisältyvät itse kiinnityksen asettelusta aiheutuvat sekundaariset voimat ja momentit.

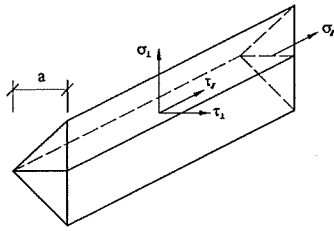
2.1 Hitsin mitoituskestävyyden laskenta komponenttimenetelmällä

Hitsin poikkisuuntaan syntyvän momentin vuoksi hitsin mitoituskestävyyden laskentaan soveltuu standardin EN 1993-1-8:2005 menetelmistä vain kohdassa 4.5.3.2 esitetty komponenttimenetelmä, joka ottaa yksityiskohtaisesti huomioon hitsin jännityskomponenttien yhdistelmän.

Standardin EN1993-1-8: 2005 kohdassa 4.5.3.2 esitetään kaksi mitoitusehtoa, joiden tulee toteutua ja, jotka kuvaavat kestävyyslaskennan todentamisena yhdistetyn von Misesin jännityksen suhteen ja todentamisena kohtisuoran normaalijännityksen suhteen. Nämä mitoitusehdot esitetään yhtälössä (2.1). Kuvassa 2.2 esitetään hitsin laskentapinnalla vaikuttavat jännityskomponentit, toisin sanoen normaalijännitys, leikkausjännitys ja pituussuuntainen leikkausjännitys.

Hitsin laskentapoikkipinnalla vaikuttavat voimat ja momentit muunnetaan jännityksen peruskomponenteiksi kuten kuvassa 2.2 on esitetty kahden mitoitusehdon perusteella tapahtuvaa kestävyyslaskennan todentamista varten.

$$\sigma_w = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \text{ ja } \sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 f_u}{\gamma_{M2}} \quad (2.1)$$



Kuva 2.2 Hitsin laskentapoikkipinnalla vaikuttavat jännitykset

Yhtälössä (2.1) ja kuvassa 2.2 käytettyjen merkintöjen selitykset:

- a pienahitsin a-mitta
- σ_{\perp} laskentapintaa vastaan kohtisuora normaalijännitys
- σ_{\parallel} hitsin akselin suuntainen normaalijännitys (arvoksi otetaan aina 0)
- τ_{\perp} hitsin akselia vastaan kohtisuora leikkausjännitys (laskentapinnan tasossa)
- τ_{\parallel} hitsin akselin suuntainen leikkausjännitys (laskentapinnan tasossa)
- f_u heikomman liitettävän osan vetomurtolujuuden nimellisarvo
- β_w standardin EN 1993-1-8 taulukon 4.1 mukainen korrelaatiokerroin, jonka arvo on 0,9 lujuusluokan S355 teräkselle
- γ_{M2} hitsin aineosavarmuusluku
- σ_w hitsin jännitys

2.2 Hitsin kriittisen laskentapoikkipinnan tunnistaminen

Yksipuoleisen hitsin kestävyuden laskennan ensimmäinen vaihe on tunnistaa mitan "a" omaava kriittinen laskentapoikkipinta. Pienahitsin tapauksessa tämä on taso, jonka leveys hitsin läpi on pienin.

Suunnittelija esittää vaadittavan hitsin paksuuden suunnitteluasiakirjoissa kuten esim. piirustuksissa. Valmistaja voi hyödyntää syvää tunkeumaa vaadittavan hitsin paksuuden saavuttamiseen. Syvää tunkeumaa tuottavan hitsausprosessin käyttöä varten suunnittelija voi edellyttää toteutuseritelmässä standardin EN 1090-2 kohdan 12.4.4 (ja taulukon A2 kohdan 12.4.4) mukaisten työkokeiden suorittamista.

Pienahitsille, jonka kyljen pituus on z_2 , kriittinen laskentapoikkipinta on 45 asteen kulmassa ja leveys on $a = \frac{z_2}{\sqrt{2}}$.

Osittain läpihitsatulle päittäishitsille, jonka hitsautumissyvyys on z_1 , kriittinen laskentapinta on 0 asteen kulmassa and leveys $a = z_1$.

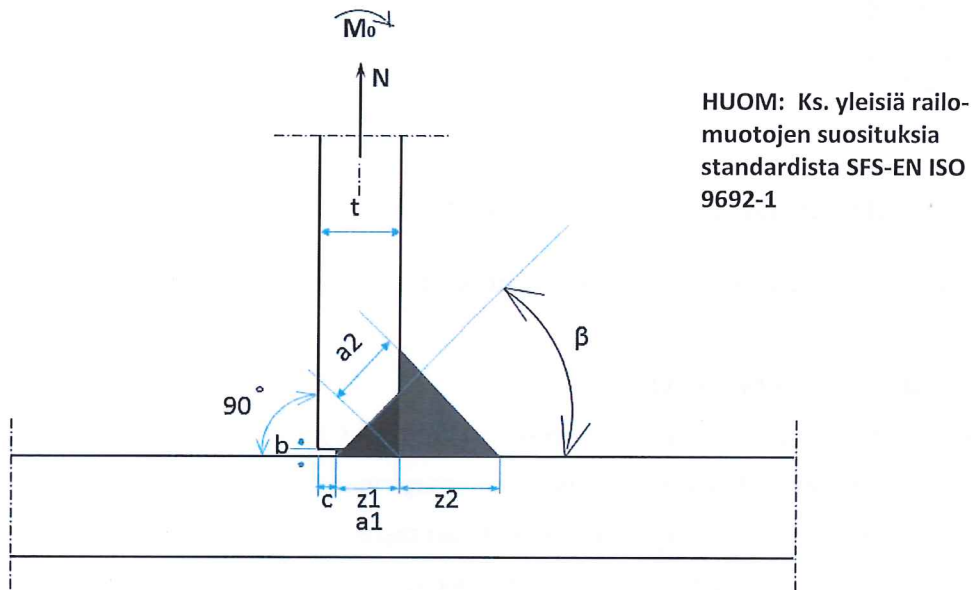
Osittain läpihitsatulle päittäishitsille, jonka hitsautumissyvyys on z_1 ja jota on vahvistettu pienahitsillä, jonka kyljen pituus on z_2 , kriittiseen laskentapoikkipintaan vaikuttaa z_1 :n z_2 :n suhde. z_1 ja z_2 esitetään kuvassa 2.3.

Jos $z_2 > z_1$, kuten kuvassa 2.3, niin laskentapoikkipinta on 45 asteen kulmassa ja leveys $a = z_1\sqrt{2} + \frac{(z_2-z_1)}{\sqrt{2}}$.

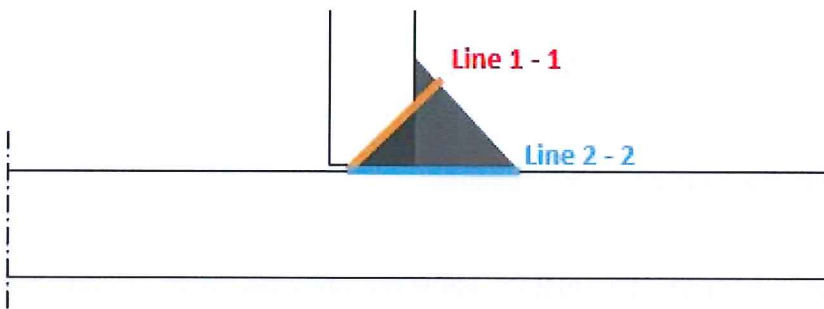
Jos $z_2 = z_1$, niin laskentapoikkipinta on 45 asteen kulmassa ja leveys $a = z_1\sqrt{2}$.

Jos $z_2 < z_1$, niin laskentapoikkipinta on kulmassa $\beta = \text{atan}\left(\frac{z_2}{z_1}\right)$ ja leveys $a = \sqrt{z_2^2 + z_1^2}$.

On myös järkevää todentaa jännitystila kuvan 2.4 mukaisella linjalla 2-2. Vaikuttavista voimista ja syntyvistä sekundaarimomenteista riippuen kriittinen linja voi olla myös muussa kulmassa.



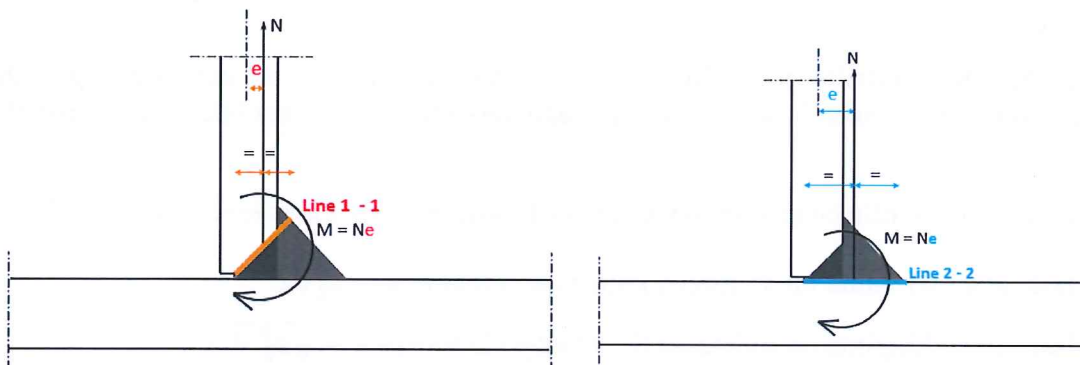
Kuva. 3 Hitsin mittamerkinnot



Kuva 2.4 Kriittinen laskentapoikkipinta: osittain läpihitsattu hitsi, jota vahvistaa pienahitsi (linja 1-1) ja toinen kriittinen murtolinja 2-2.

2.3 Vaikuttavista voimista aiheutuvien sekundaarimomenttien laskeminen

Oletettu murtolinja vaikuttaa voiman epäkeskisyyteen ja sitä kautta syntyvän lisäsekundaarimomentin suuruuteen. Epäkeskisyys määritetään aina kohtisuorasti aksiaalisen voiman vaikutussuorasta oletetun murtolinjan keskipisteeseen kuvan 2.5 mukaisesti.



Kuva 2.5 Epäkeskisyys lisäsekundaarimomentin laskemista varten

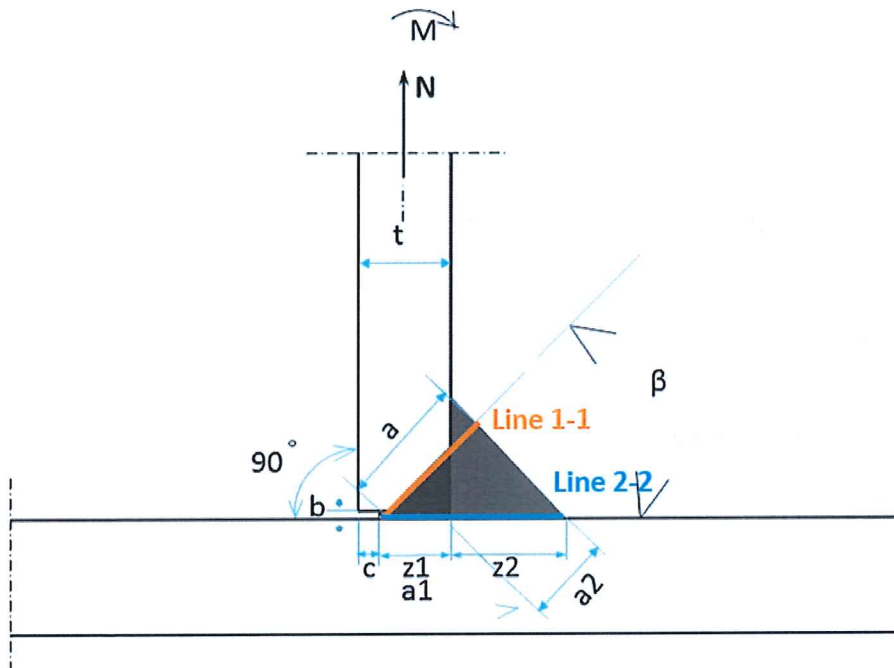
Kuorman epäkeskisyydestä aiheutuva lisäsekundaarimomentti vaihtelee siten tarkasteltavan murtolinjan mukaan. Suunnitteluprosessin tulee tunnistaa kriittinen murtolinja, joka on tyypillisesti hitsi kriittinen laskentapoikkipinta.

2.4 Hitsin kestävyuden todentaminen suoraan mitoitusehtojen perusteella

2.4.1 Esimerkki 1: Osittain läpihitsattu päittäishitsi ($a_1=7$) + pienahitsi ($a_2=5,7$)

Tämä esimerkki kuvaa hitsin kestävyuden todentamisen suoraan mitoitusehtojen perusteella laskemalla suurimmat jännitykset ja vertaamalla niitä laskettuihin raja-arvoihin.

Esimerkkilaskelmassa käytetyt muuttujat esitetään kuvassa 2.6.



Kuva 2.6 Esimerkkilaskelmissa käytetyt muuttujat

Aineominaisuudet:

Teräslaji: S355, EN 10025-2
 $f_y = 355 \text{ N/mm}^2, f_u = 510 \text{ MPa}$
 $t = 10 \text{ mm}$

Hitsin ominaisuudet:

Hitsiaine on vähintään yhtä lujaa kuin perusaine.

Hitsin mitat:

Osittain läpihitsattu päittäishitsi $z_1 = 7 \text{ mm}$

Vahvistava pienahitsi $z_2 = 8 \text{ mm}$

Levyn keskilinjalla vaikuttavat ulkoiset kuormat:

$N = 1\,000 \text{ N/mm}$

$M_0 = 500 \text{ Nmm/mm}$

Linja 1 - 1

Linjan pituus (hitsin laskentapoikkipinta):

$$L_{1-1} = z_1\sqrt{2} + \frac{(z_2 - z_1)}{\sqrt{2}} = \frac{(z_1 + z_2)}{\sqrt{2}} = 10,6 \text{ mm}$$

Vaikuttavan kuorman epäkeskisyyss:

$$e_{1-1} = t - z_1 + \frac{(z_1 + z_2)}{2\sqrt{2}\sqrt{2}} - \frac{t}{2} = \frac{t}{2} - z_1 + \frac{1}{4}(z_1 + z_2) = 1,75 \text{ mm}$$

Lisäsekundaarimomentti:

$$M_1 = N e_{1-1} = 1\,750 \text{ Nmm/mm}$$

Vaikuttava momentti yhteensä linjalla 1-1:

$$M = M_0 + M_1 = 2\,250 \text{ Nmm/mm}$$

Jännitykset vaikuttavasta ulkoisesta voimasta, N

$$\sigma_{\perp,1} = \frac{N}{\sqrt{2} L_{1-1}} = 66,7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{N}{\sqrt{2} L_{1-1}} = 66,7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = 0 \text{ MPa}$$

Suurin kohtisuora jännitys vaikuttavasta kokonaismomentista linjalla 1-1 (kimmoinen jakauma):

$$\sigma_{\perp,2} = 6 \cdot M / (L_{1-1})^2 = 120,1 \text{ MPa}$$

Suurin kohtisuora jännitys yhteensä hitsissä linjalla 1-1 (hitsin laskentapoikkipinta):

$$\sigma_{\perp} = \sigma_{\perp,1} + \sigma_{\perp,2} = 186,8 \text{ MPa}$$

Mitoitusehto 1, Linja1 - 1:

$$\beta_w = 0,9, \gamma_{M2} = 1,25$$

$$\sigma_w = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sigma_w = 219,6 \text{ MPa} \leq 453,3 \text{ MPa. Hyväksikäyttöaste} = 0,49 \quad \Rightarrow \text{ok}$$

Mitoitusehto 2, Linja 1-1:

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$\sigma_{\perp} = 186,8 \text{ MPa} \leq 367,2 \text{ MPa. Hyväksikäyttöaste} = 0,51 \Rightarrow \text{ok}$$

Line 2-2

Linjan pituus:

$$L_{2-2} = z_2 + z_1 = 15,0 \text{ mm}$$

Vaikuttavan kuorman epäkeskisyyys:

$$e_{2-2} = t - z_1 + \frac{(z_1 + z_2)}{2} - \frac{t}{2} = \frac{t}{2} + \frac{(z_2 - z_1)}{2} = 5,50 \text{ mm}$$

Lisäsekundaarimomentti:

$$M_1 = N e_{2-2} = 5\,500 \text{ Nmm/mm}$$

Vaikuttava momentti yhteensä linjalla 2-2:

$$M = M_0 + M_1 = 6\,000 \text{ Nmm/mm}$$

Jännitykset vaikuttavasta ulkoisesta voimasta, N

$$\sigma_{\perp,1} = \frac{N}{L_{2-2}} = 66,7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = 0 \text{ MPa}$$

Suurin kohtisuora jännitys kokonaismomentista linjalla 2-2 (kimmoinen jakauma):

$$\sigma_{\perp,2} = 6 \cdot M / (L_{2-2})^2 = 160,0 \text{ MPa}$$

Suurin kohtisuora jännitys hitsissä yhteensä linjalla 2-2:

$$\sigma_{\perp} = \sigma_{\perp,1} + \sigma_{\perp,2} = 226,7 \text{ MPa}$$

Mitoitusehto 1, Linja2-2:

$$\beta_w = 0,9, \gamma_{M2} = 1,25$$

$$\sigma_w = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sigma_w = 226,7 \text{ MPa} \leq 453,3 \text{ MPa. Hyväksikäyttöaste} = 0,50 \Rightarrow \text{ok}$$

Mitoitusehto 2, Linja 2-2:

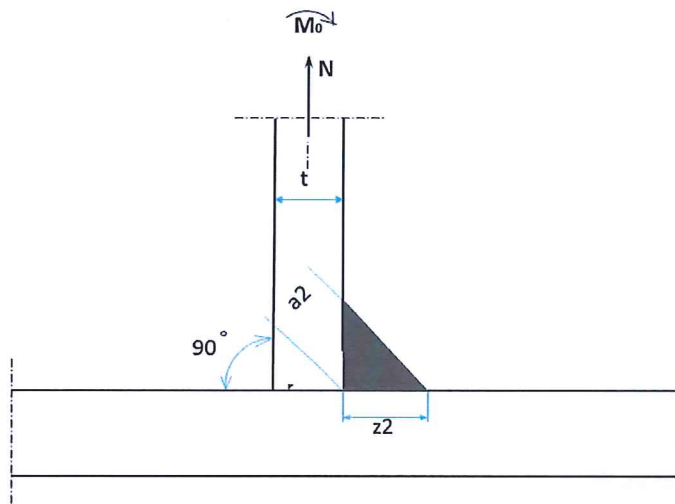
$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$\sigma_{\perp} = 226,7 \text{ MPa} \leq 367,2 \text{ MPa. Hyväksikäyttöaste} = 0,62 \Rightarrow \text{ok}$$

2.4.2 Esimerkki 2: Pienahitsi ($a_2=12,7$)

Tämä esimerkki kuvaa hitsin kestävyuden todentamisen suoraan mitoitussehtojen perusteella laskemalla suurimmat jännitykset ja vertaamalla niitä laskettuihin raja-arvoihin.

Esimerkkilaskelmassa käytetyt muuttujat esitetään kuvassa 2.7.



Kuva 2.7 Esimerkkilaskelmassa käytetyt muuttujat

Aineominaisuudet:

Teräslaji: S355, EN 10025-2
 $f_y = 355 \text{ N/mm}^2, f_u = 510 \text{ MPa}$
 $t = 10 \text{ mm}$

Hitsin ominaisuudet:

Hitsiaine on vähintään yhtä lujaa kuin perusaine.

Hitsin mitat:

Pienahitsit $z = z_2 = 18,0 \text{ mm}$

Vaikuttava ulkoinen kuorma levyn keskijonalla:

$N = 1\,000 \text{ N/mm}$
 $M_0 = 500 \text{ Nmm/mm}$

Linja 1 - 1

Linjan pituus (hitsin laskentapoikkipinta):

$$L_{1-1} = \frac{z}{\sqrt{2}} = 12,7 \text{ mm}$$

Vaikuttavan kuorman epäkeskisyyden:

$$e_{1-1} = t + \frac{z}{2\sqrt{2}\sqrt{2}} - \frac{t}{2} = \frac{t}{2} + \frac{z}{4} = 9,5 \text{ mm}$$

Lisäsekundaarimomentti:

$$M_1 = N e_{1-1} = 9\,500 \text{ Nmm/mm}$$

Kokonaismomentti linjalla 1-1:

$$M = M_0 + M_1 = 10\,000 \text{ Nmm/mm}$$

Jännitykset vaikuttavasta ulkoisesta voimasta, N

$$\sigma_{\perp,1} = \frac{N}{\sqrt{2} L_{1-1}} = 55,7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{N}{\sqrt{2} L_{1-1}} = 55,7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = 0 \text{ MPa}$$

Suurin kohtisuora jännitys kokonaismomentista linjalla 1-1 (kimmoinen jakauma):

$$\sigma_{\perp,2} = 6 \cdot M / (L_{1-1})^2 = 372,0 \text{ MPa}$$

Suurin kohtisuora jännitys hitsissä yhteensä linjalla 1-1 (hitsin laskentapoikkipinta):

$$\sigma_{\perp} = \sigma_{\perp,1} + \sigma_{\perp,2} = 427,7 \text{ MPa}$$

Mitoitusehto 1, Linja 1 - 1:

$$\beta_w = 0,9, \gamma_{M2} = 1,25$$

$$\sigma_w = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sigma_w = 438,5 \text{ MPa} \leq 453,3 \text{ MPa. Hyväksikäyttöaste} = 0,97 \quad \Rightarrow \text{ok}$$

Mitoitusehto 2, Linja 1 - 1:

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 f_u}{\gamma_{M2}}$$

$\sigma_{\perp} = 427,7 \text{ MPa} > 367,2 \text{ MPa}$. Hyväksikäyttöaste = 1,17 \Rightarrow **EI OK**

Linja 2 – 2

Linjan pituus:

$$L_{2-2} = z = 18,0 \text{ mm}$$

Vaikuttavan kuorman epäkeskisyyys:

$$e_{2-2} = t + \frac{z}{2} - \frac{t}{2} = \frac{t}{2} + \frac{z}{2} = 14,0 \text{ mm}$$

Lisäsekundaarimomentti:

$$M_1 = N e_{2-2} = 14\,000 \text{ Nmm/mm}$$

Vaikuttava kokonaismomentti linjalla 2-2:

$$M = M_0 + M_1 = 14\,500 \text{ Nmm/mm}$$

Jännitykset vaikuttavasta ulkoisesta voimasta, N

$$\sigma_{\perp,1} = \frac{N}{L_{2-2}} = 55,6 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = 0 \text{ MPa}$$

Suurin kohtisuora jännitys vaikuttavasta kokonaismomentista linjalla 2-2 (kimmoinen jakauma):

$$\sigma_{\perp,2} = 6 \cdot M / (L_{1-1})^2 = 268,5 \text{ MPa}$$

Suurin kohtisuora jännitys hitsissä yhteensä linjalla 2-2:

$$\sigma_{\perp} = \sigma_{\perp,1} + \sigma_{\perp,2} = 324,1 \text{ MPa}$$

Mitoitusehto 1, Linja 2 – 2:

$$\beta_w = 0,9, \gamma_{M2} = 1,25$$

$$\sigma_w = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sigma_w = 324,1 \text{ MPa} \leq 453,3 \text{ MPa}. \text{ Hyväksikäyttöaste} = 0,72 \quad \Rightarrow \text{ok}$$

Mitoitusehto 2, Linja 2 – 2:

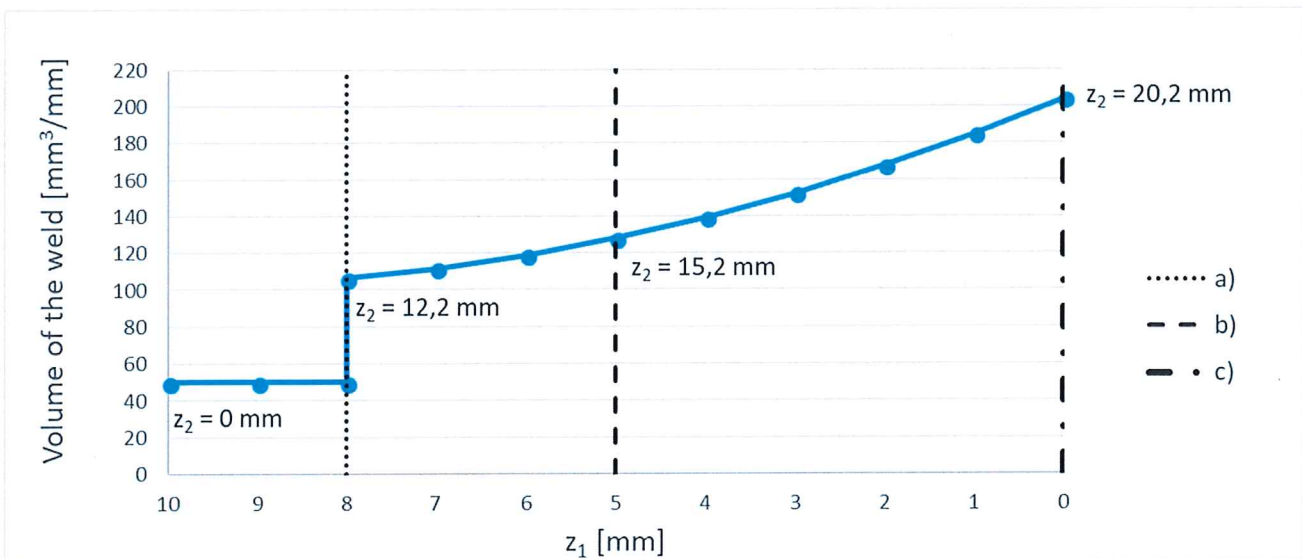
$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$\sigma_{\perp} = 324,1 \text{ MPa} \leq 367,2 \text{ MPa. Hyväksikäyttöaste} = 0,88 \quad \Rightarrow \text{ok}$$

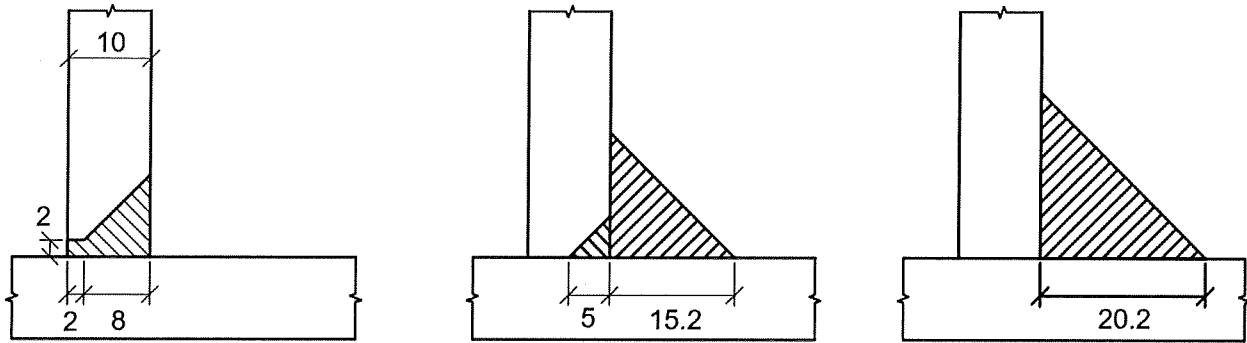
HUOM. Tämä hitsi voi siirtää vain 85% vaikuttavista kuormista (ks. mitoitusehto 2, Linja 1 – 1).

2.4.3 Keskustelua

Seuraavat kuvat kuvaavat yksipuoleisen hitsin muuttujien vaihtelun vaikutusta hitsin tilavuuteen, kun hitsin kestävyys vastaa kiinnitettävän levyn plastista laskentakestävyyttä, mutta esimerkin yksinkertaistamiseksi hitsin epäkeskisyyttä jätetään ottamatta huomioon. Kuva 2.8 esittää hitsityypin vaikutuksen hitsin tilavuuteen. Oikea puoli esittää puhdasta yksipuoleista pienahitsiä ($z_1 = 0 \text{ mm}$) ja vasen puoli täysin läpihitsattua päittäishitsiä ($z_2 = 0 \text{ mm}$). Hitsin koko on valittu siten, että hitsin laskentakestävyys on yhtä suuri kuin kiinnitettävän 10 mm paksun levyn plastinen laskentakestävyys, mutta hitsin epäkeskisyyttä jätetään ottamatta huomioon esimerkin yksinkertaistamiseksi. Kuvan 2.8 epäjatkuvuuskohta johtuu osittain läpihitsatun päittäishitsin muuttumisesta läpihitsatuksi päittäishitsiksi.



Kuva 2.8 Hitsin tilavuus muuttujien z_1 ja z_2 erilaisilla arvoilla. Epäkeskisyyttä ei oteta huomioon. Hitsin kestävyys on yhtä suuri kuin levyn plastinen kestävyys $F_{w,Rd} = t f_y / \gamma_{M0}$. Myötölujuus on 420 MPa ja vetomurtolujuus on 520 MPa. Levyn paksuus on 10 mm. Linjoja a, b ja c vastaavat hitsit esitetään kuvassa 2.9.



Kuva 2.9 Hitsien kestävyudet ovat yhtä suuret kuin levyn plastinen kestävyys $t f_y / \gamma_{M0}$. Epäkeskisyyttä ei oteta huomioon. Myötölujuus on 420 MPa ja vetomurtolujuus on 520 MPa. Levyn paksuus on 10 mm. Hitsien a (vasemmalla), b (keskellä) ja c (oikealla) tilavuudet esitetään kuvassa 2.8.

LÄHDELUETTELO

Effect of bending moment on capacity of fillet weld, N. Tuominen, T. Björk, A. Ahola. Teräsrakenneyhdistys ry, Teräsrakentamisen T&K päivät, 2016, Lappeenranta
 SFS-EN 1993-1-8:2005, Eurocode 3: Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1.8: Liitosten mitoitus