

Kemi-Tornio University of Applied Sciences Technology, RDI

Materials Usability Research

MineSteel

©Kimmo Keltamäki 2013



Tutkijavaihto

- Tomáš Brtník, Prahan teknillinen yliopisto, Tsekki
- Teräsrakennetekniikan DI
- 3kk, marras12-tammi13
- Väitöstyö: Ultralujien terästen käyttö teräsrakenteissa ja niiden hitsaus
- Eri lisäaineiden ja lämmöntuontien vaikutus mekaanisiin ominaisuuksiin, alilujat lisäaineet ja ”huono” laatu hitsissä
- Elementtimenetelmä (FEA) mallinnusta, ANSYS ja SYSWELD ohjelmilla
- HAZ:n mikrorakenteen ennustamista SYSWELD avulla

Vertaileva hitsaustutkimus

- Materiaaleina Domex 960 ja Optim 960 QC, paksuus 6mm

Steel grade		Yield strength $R_{p0.2}$ (MPa)		Tensile strength R_m (MPa)		Elongation A_5 %	
		min	max	min	max	min	
Domex 960		960	-	980	1250	8	
C % max	Si % max	Mn % max	P % max	S % max	Al % min	CEV typical	CET typical
0.18	0.5	2.10	0.020	0.010	0.015	0.50	0.34

Teräslaji	Myötölujuus $R_{p0.2}$ MPa Vähintään	Murtolujuus R_m MPa Vähintään	Murtovenymä A_5 % Vähintään
Optim 900 QC ¹⁾	900	950	8 ⁴⁾
Optim 960 QC ¹⁾	960	1000	7 ⁴⁾
Optim 1100 QC ²⁾	1100	1250	6 ⁵⁾

Pitoisuus enintään % (sulatusanalyysi)

Teräslaji	C	Si	Mn	P	S	Ti	CEV tyypillinen
Optim 900 QC	0,10	0,25	1,15	0,020	0,010	0,070	0,52
Optim 960 QC	0,11	0,25	1,20	0,020	0,010	0,070	0,52
Optim 1100 QC	0,16	0,30	1,25	0,020	0,010	0,070	0,50

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

Vertaileva hitsaustutkimus

- V-railo, 1mm juuripinta, 1-2mm ilmarako
- Drahtzug Stein: STEIN-MEGAFIL täytelankoja
 - ✓ MF 742M ($R_{p0,2} > 690\text{MPa}$, R_m 770-940, $A_5 > 17\%$)
 - ✓ MF 807M ($R_{p0,2} > 700\text{MPa}$, R_m 800-950, $A_5 > 15\%$)
 - ✓ MF 1100M ($R_{p0,2} > 960\text{MPa}$, R_m 980-1180, $A_5 > 14\%$)
- PI ja PO, 2 eri lämmöntuontia
- L1 juuripalko ja pintapalko 1,1 kJ/mm, $t_{8/5} = 22\text{sek}$
- L2 juuripalko ja pintapalko 0,7 kJ/mm, $t_{8/5} = 8,9\text{ sek}$
- Keraaminen juurituki



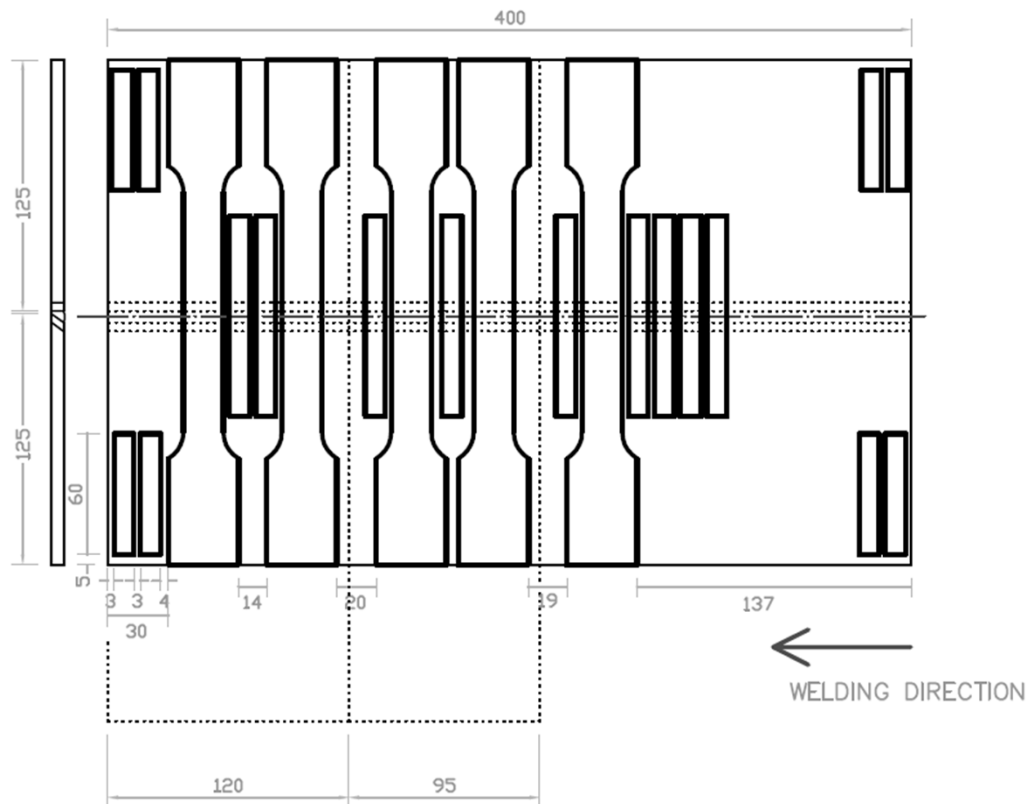
Vertaileva hitsaustutkimus

- Lämmöntuonnit ja t8/5 ajat ovat SSAB:n Domex 960 hitsaussuositusten ylärajoilla (L1 on yli suosituksen)
- Tarkoituksena on välttää ”liian hyviä” tuloksia, jotta teräsrakennesuunnittelun kannalta ei olla liian optimistisia
- Ruukin Optim 960 QC:lle määrittelemä t8/5 aika on huomattavasti lyhyempi (<4sek)
- CEV: Domex 960 = 0,50
Optim 960 QC = 0,52



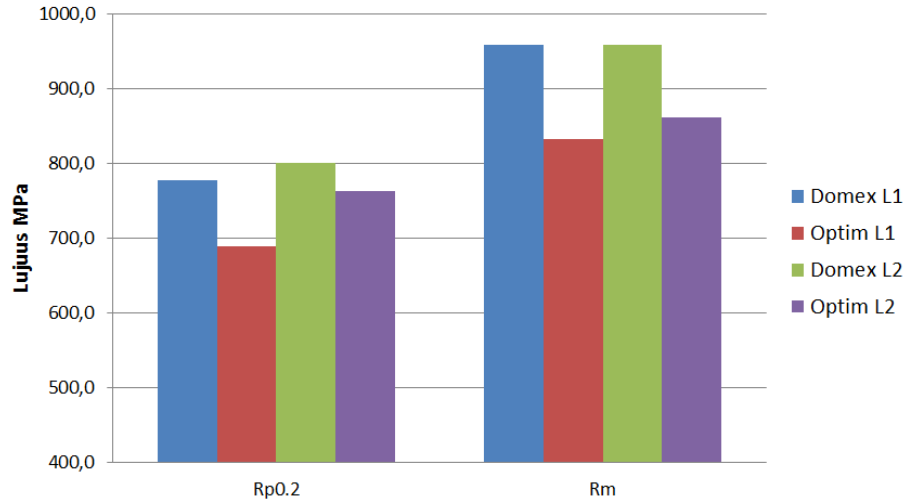
Vertaileva hitsaustutkimus

- Aineenkoetusnäytteiden irrotus vesileikkauksella

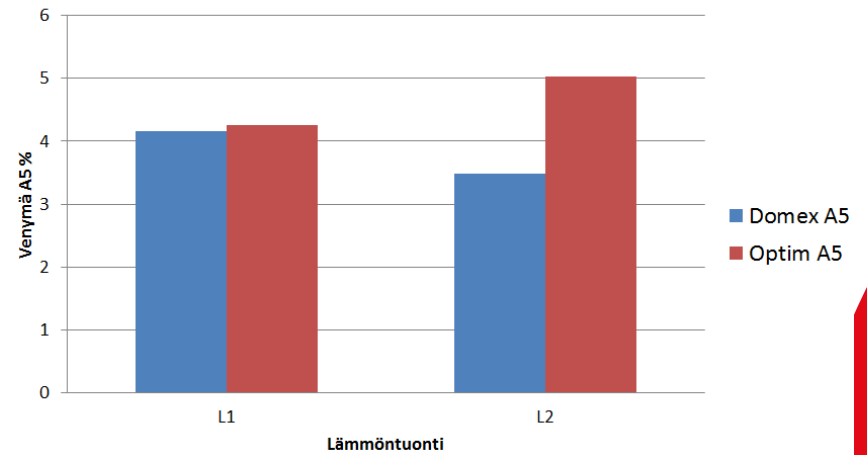


Vetokoetuloksia

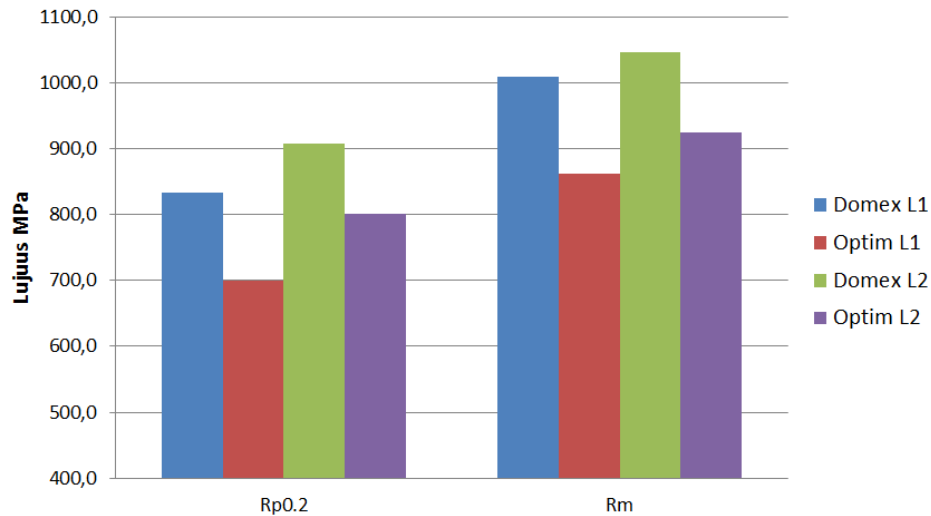
MF 742M



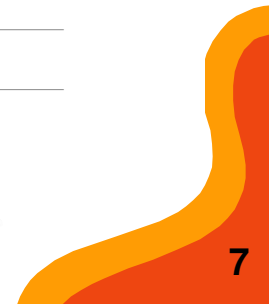
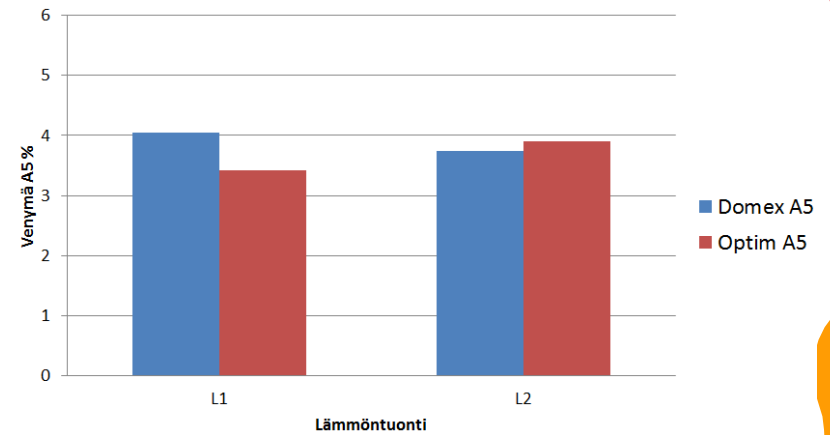
MF 724M



MF 807M

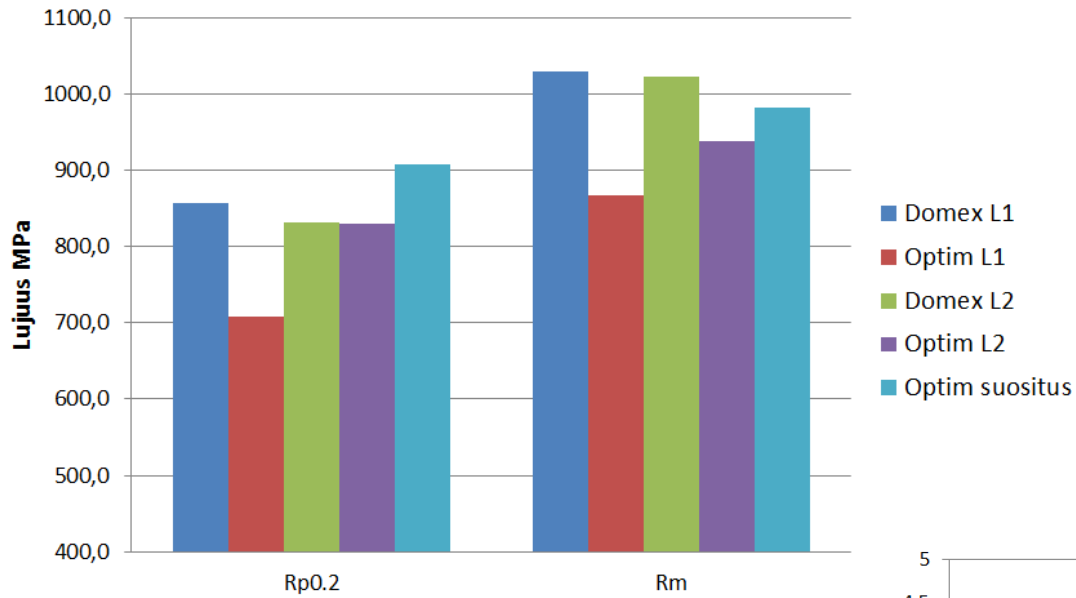


MF 807M

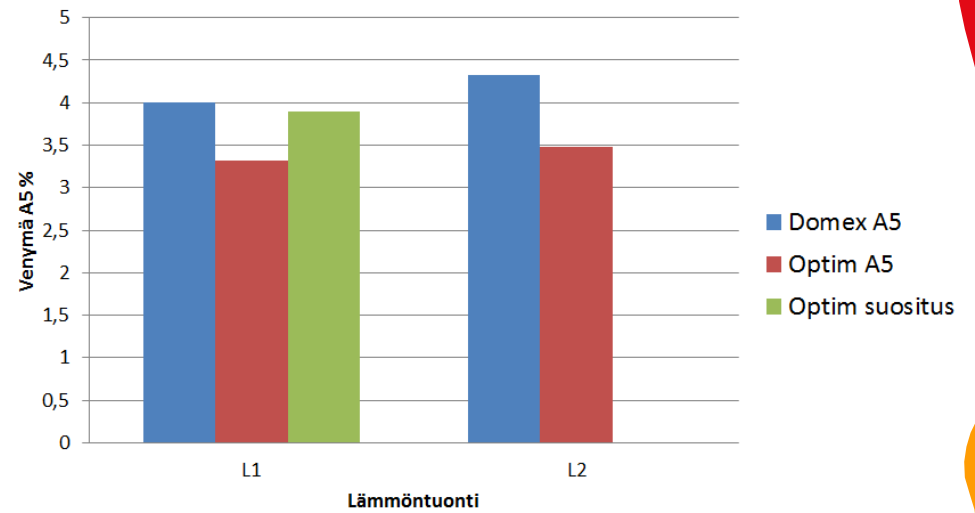


Vetokoetuloksia

MF 1100M



MF 1100M



ARAMIS kuvaus

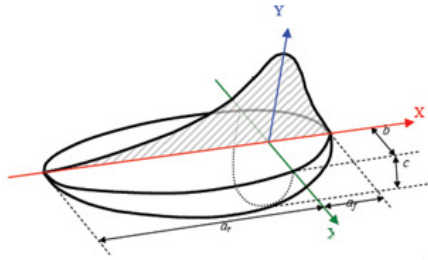


Muita tuloksia mallinnuksen tueksi

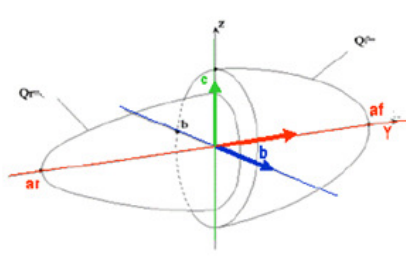
- Kovuusmittauksia hitsin yli
- Iskukoetuloksia hitsi, FL, FL+1, FL+3
- Makro/mikrorakennekuvia
- FESEM-EDS analysointia



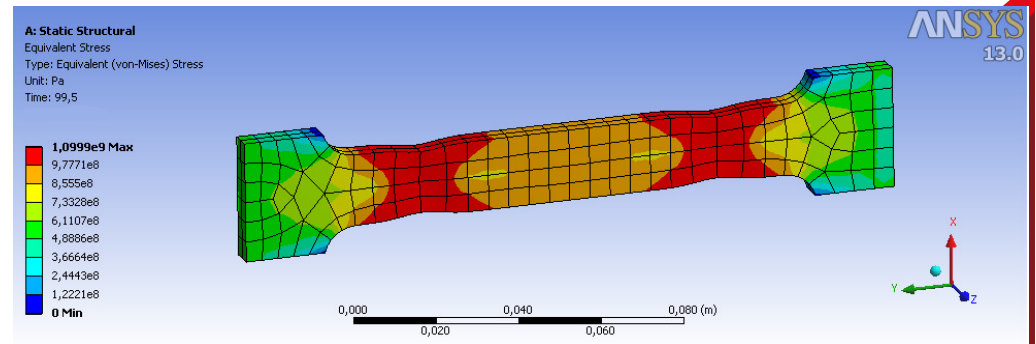
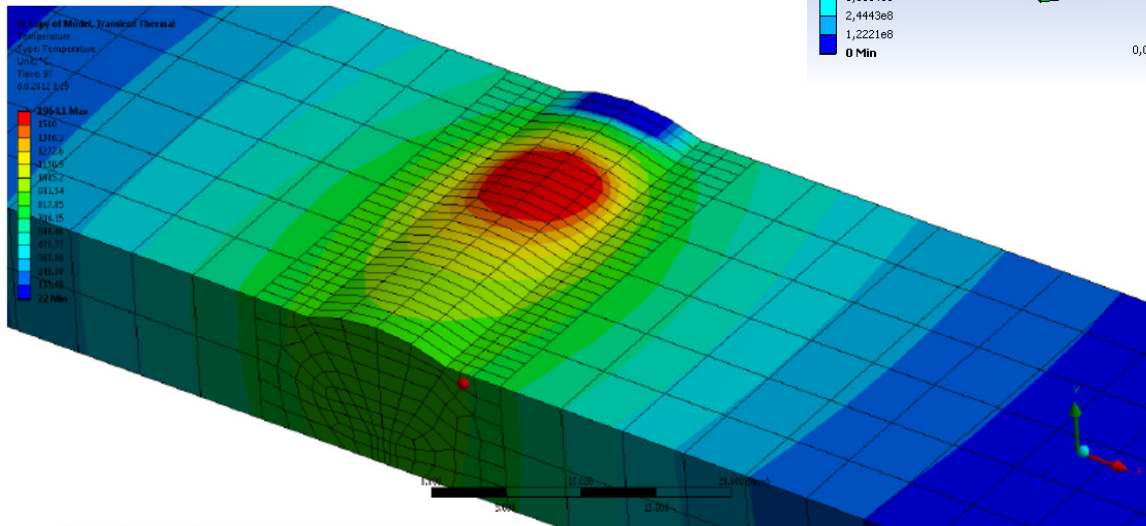
ANSYS mallinnus



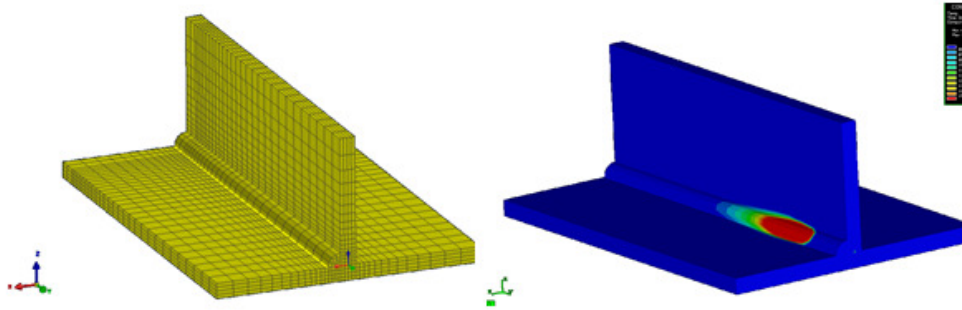
Goldak heat source (MAG welding)



Simplified Goldak heat source

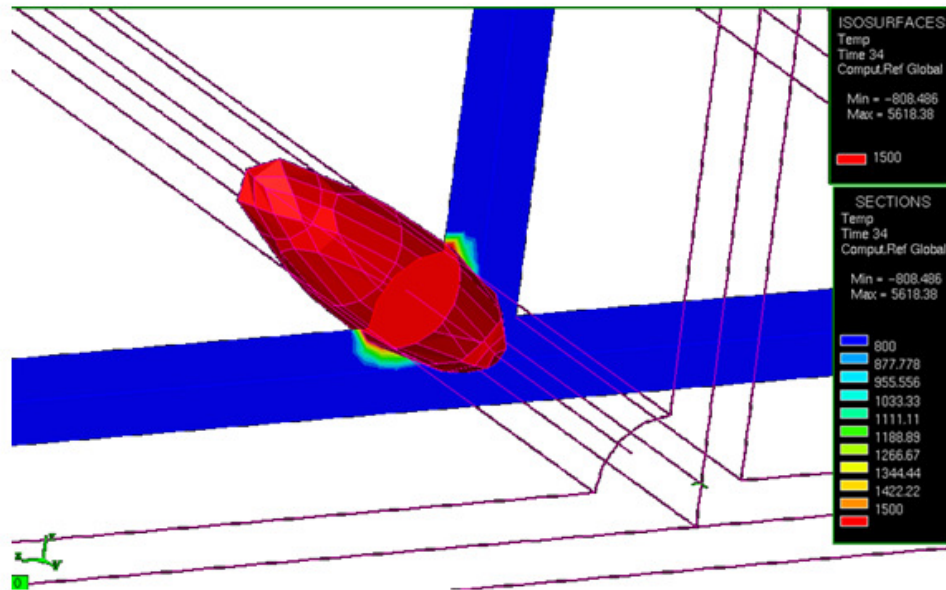


SYSWELD mallinnus



FEA model of fillet weld in SYSWELD

Simplified Goldak heat source in SYSWELD



Validation of heat source definition in SYSWELD – scheme of melted area

Yhteenveto

- Domex ja Optim käyttäytyvät hitsauksen vaikutuksesta eri tavalla vaikka perusaineet ovat mekaanisilta ominaisuuksiltaan varsin samanlaisia
- Noudattamalla valmistajan antamia lämmöntuonti/jäähtymisaika/lisäainesuosituksia hitsaus yleensä onnistuu
- Molemmat valmistajat ohjeistavat käyttämään vetypitoisuudeltaan $<5\text{ml}/100\text{g}$ lisäaineita, jotta vältetään vedyn aiheuttamilta ongelmilta erityisesti viivästyneissä murtumissa
 - ✓ Korjaushitsaus kenttäolosuhteissa

Contact

- **Kemi-Tornio University of Applied Sciences**
ammattikorkeakoulu, Kiveliönkatu 36, 94600 KEMI
- **Team leader Lic. (tech.) Timo Kauppi, tel. +358(50)**
438 1287
- **Project manager M.Sc. Rauno Toppila, tel. +358(50)**
310 9542

