

Aarni Kimmo

Sinkittyjen ohutlevyterästen vanhenemis- ja lämpölujuutumisindeksien määrittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka
Insinöörityö
13.12.2011

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Aarni Kimmo Sinkittyjen ohutlevyterästen vanhenemis- ja lämpölujittumisindeksien määrittäminen 44 sivua + 96 liitettä 13.12.2011
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	materiaali- ja pintakäsittelytekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	materiaali- ja korroosiotekniikka
Ohjaaja(t)	tuotekehitysinsinööri Ari Minkkinen yliopettaja Kai Laitinen
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Ruukki Metals Oy:n valmistaman 12 teräslajin lämpölujittumiskyky ja taipumus myötövanhenemiseen. Lämpölujittuvia teräksiä käytetään autoteollisuudessa esimerkiksi autojen korien valmistuksessa. Lämpölujittuminen on ilmiö, jossa kylmämuokatun teräksen lujuus kasvaa korotetussa lämpötilassa pitämisen seurauksena. Myötövanhenemisessä teräs lujittuu normaalilämpötilassa esimerkiksi varastoinnin aikana. Myötövanheneminen vaikeuttaa kylmämuokkausta. Käyttökelpoisen teräksen lämpölujittumiskyvyn on oltava riittävä, eikä sillä tulisi olla taipumusta myötövanhenemiseen.</p> <p>Lämpölujittumisen ja myötövanhenemisen selvittämiseksi koemateriaaleille määritettiin indeksit AI (Ageing Index) ja BH2 (Bake Hardening). BH2-indeksin määrittämisessä mallinnettiin kylmämuokkauksen ja lämpökäsittelyn avulla tuotantolinjan vaiheita. AI-indeksin määrittämisessä mahdollinen myötövanhenemistaipumus tuotiin esille keittämällä koemateriaaleista valmistettuja vetosauvoja 30 minuuttia. Muutokset materiaalien ominaisuuksissa todettiin vetokokeiden avulla.</p> <p>Päätuloksina saatiin määritettyä kaikille materiaaleille BH2-indeksit ja lähes kaikille materiaaleille AI-indeksit. Koemateriaalit myös jaettiin niiden lujuuden mukaan kolmeen ryhmään, ja kustakin ryhmästä valittiin myötövanhenemis- ja lämpölujittumisominaisuuksien perusteella käyttökelpoisin materiaali. Tulosten perusteella voidaan vertailla teräslajien ominaisuuksia ja niiden soveltuvuutta eri käyttötarkoituksiin.</p>	
Avainsanat	teräs, lämpölujittuminen, myötövanheneminen

Author(s) Title Number of Pages Date	Aarni Kimmo Determining bake hardening index and aging index for hot-dip galvanized sheet steels 44 pages + 96 appendices 13 December 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Materials and Surface Treatment Technology
Specialisation option	Materials and Corrosion Technology
Instructor(s)	Ari Minkkinen, Product Development Engineer Kai Laitinen, Principal Lecturer
<p>The aim of the engineering project was to determine the bake hardening and strain aging properties of 12 steel grades manufactured by Ruukki Metals Oy. Bake hardening steels are used in the automotive industry, for example in car bodies. Bake hardening is a phenomenon where the strength of a steel increases as a result of exposure to elevated temperature. In strain aging, steel hardens in normal temperatures, for example during storage. Strain aging causes problems in cold forming of steels. Bake hardening is a desired propensity in the tested steels, strain aging is not.</p> <p>Aging index (AI) and bake hardening index (BH2) were determined for each of the test materials in order to explore and compare their bake hardening and strain aging properties. Certain stages of a factory manufacturing line were mimicked by means of cold forming and heat treatment to determine the bake hardening index. In order to determine the aging index, strain aging was accelerated by boiling specimens in water for 30 minutes. Changes in the properties of the test materials were determined with tensile tests.</p> <p>As the main results of the project, bake hardening index was determined for all the test materials and aging index was determined for almost all of them. The test materials were also divided in three groups according to their strength, and from each group the material with the most desired bake hardening and strain aging behaviour was chosen. The data acquired during the engineering project makes it possible to compare the tested materials and their suitability for different applications.</p>	
Keywords	steel, bake hardening, strain aging

Sisällys

Lyhenteet, käsitteet ja määritelmät

1	Johdanto	1
2	Myötövanheneminen	2
2.1	Mekanismi	2
2.2	Myötövanhenemisen vaikutus mekaanisiin ominaisuuksiin	3
3	Lämpölujittuminen	4
3.1	Mekanismi	4
3.2	Lämpölujittuvat teräkset autoteollisuudessa	5
4	Vetokoe	6
5	Koemateriaalit	10
6	Laitteistot	13
6.1	Vetokoe	13
6.2	Lämpökäsittely	15
6.3	Keinovanhennus	16
7	Vanhenemisindeksin määrittäminen	17
7.1	Keinovanhennus	17
7.2	Vanhenemisindeksin määrittäminen vetokokeiden perusteella	17
8	Bake hardening -indeksin määrittäminen	19
8.1	Lämpökäsittely	19
8.2	Bake hardening -indeksin määrittäminen vetokokeiden perusteella	20
9	Tutkimustulokset	23
9.1	Vetokokeiden tulokset	23
9.2	AI- ja BH2-indeksit	24
10	Tulosten tarkastelu	25
10.1	Vanhenemisalttius	25
10.2	Lämpölujittumiskyky	30

11	Johtopäätökset	32
	Lähteet	34
	Liitteet	
	Liitteessä 1. on taulukoitu kaikkien vetokokeiden tulokset, liitteissä 2 – 96 on esitetty erillisten vetokokeiden tulokset ja jännitys-venymäkuvaajat.	
	Liite 1. Vetokokeiden tulokset	
	Liite 2. S350GD+ZA300-A, AI 0-veto PI	
	Liite 3. S350GD+ZA300-A, AI 0-veto PO	
	Liite 4. S350GD+ZA300-A, AI 30min100C PI	
	Liite 5. S350GD+ZA300-A, AI 30min100C PO	
	Liite 6. S350GD+ZA300-A, BH2 2% PI	
	Liite 7. S350GD+ZA300-A, BH2 2% PO	
	Liite 8. S350GD+ZA300-A, BH2 loppu PI	
	Liite 9. S350GD+ZA300-A, BH2 loppu PO	
	Liite 10. S220GD+ZA300-A, AI 0-veto PI	
	Liite 11. S220GD+ZA300-A, AI 0-veto PO	
	Liite 12. S220GD+ZA300-A, AI 30min100C PI	
	Liite 13. S220GD+ZA300-A, AI 30min100C PO	
	Liite 14. S220GD+ZA300-A, BH2 2% PI 1	
	Liite 15. S220GD+ZA300-A, BH2 2% PI 2	
	Liite 16. S220GD+ZA300-A, BH2 2% PO	
	Liite 17. S220GD+ZA300-A, BH2 loppu PI	
	Liite 18. S220GD+ZA300-A, BH2 loppu PO	
	Liite 19. DX52D+Z350-M-A, AI 0-veto PI	
	Liite 20. DX52D+Z350-M-A, AI 0-veto PO	
	Liite 21. DX52D+Z350-M-A, AI 30min100C PI	
	Liite 22. DX52D+Z350-M-A, AI 30min100C PO	
	Liite 23. DX52D+Z350-M-A, BH2 2% PI	
	Liite 24. DX52D+Z350-M-A, BH2 2% PO	
	Liite 25. DX52D+Z350-M-A, BH2 loppu PI	
	Liite 26. DX52D+Z350-M-A, BH2 loppu PO	
	Liite 27. LITEC 600CP+Z100-M-B, AI 0-veto PI	
	Liite 28. LITEC 600CP+Z100-M-B, AI 0-veto PO	
	Liite 29. LITEC 600CP+Z100-M-B, AI 30min100C PI	

Liite 30. LITEC 600CP+Z100-M-B, AI 30min100C PO
Liite 31. LITEC 600CP+Z100-M-B, BH2 2% PI
Liite 32. LITEC 600CP+Z100-M-B, BH2 2% PO
Liite 33. LITEC 600CP+Z100-M-B, BH2 loppu PI
Liite 34. LITEC 600CP+Z100-M-B, BH2 loppu PO
Liite 35. LITEC 1000DP+Z100-M-B, AI 0-veto PI
Liite 36. LITEC 1000DP+Z100-M-B, AI 0-veto PO
Liite 37. LITEC 1000DP+Z100-M-B, AI 30min100C PI
Liite 38. LITEC 1000DP+Z100-M-B, AI 30min100C PO
Liite 39. LITEC 1000DP+Z100-M-B, BH2 2% PI
Liite 40. LITEC 1000DP+Z100-M-B, BH2 2% PO
Liite 41. LITEC 1000DP+Z100-M-B, BH2 loppu PI
Liite 42. LITEC 1000DP+Z100-M-B, BH2 loppu PO
Liite 43. S280GD+ZA200-A, AI 0-veto PI
Liite 44. S280GD+ZA200-A, AI 0-veto PO
Liite 45. S280GD+ZA200-A, AI 30min100C PI
Liite 46. S280GD+ZA200-A, AI 30min100C PO
Liite 47. S280GD+ZA200-A, BH2 2% PI
Liite 48. S280GD+ZA200-A, BH2 2% PO
Liite 49. S280GD+ZA200-A, BH2 loppu PI
Liite 50. S280GD+ZA200-A, BH2 loppu PO
Liite 51. HX260LAD-Z140-B, AI 0-veto PI
Liite 52. HX260LAD-Z140-B, AI 0-veto PO
Liite 53. HX260LAD-Z140-B, BH2 2% PI
Liite 54. HX260LAD-Z140-B, BH2 2% PO
Liite 55. HX260LAD-Z140-B, BH2 loppu PI
Liite 56. HX260LAD-Z140-B, BH2 loppu PO
Liite 57. LITEC 600DP+Z100-M-B, AI 0-veto PI
Liite 58. LITEC 600DP+Z100-M-B, AI 0-veto PO
Liite 59. LITEC 600DP+Z100-M-B, AI 30min100C PO
Liite 60. LITEC 600DP+Z100-M-B, BH2 2% PI
Liite 61. LITEC 600DP+Z100-M-B, BH2 2% PO
Liite 62. LITEC 600DP+Z100-M-B, BH2 loppu PI
Liite 63. LITEC 600DP+Z100-M-B, BH2 loppu PO
Liite 64. DX51D+Z275-M-A, AI 0-veto PI

Liite 65. DX51D+Z275-M-A, AI 0-veto PO
Liite 66. DX51D+Z275-M-A, AI 30min100C PI
Liite 67. DX51D+Z275-M-A, AI 30min100C PO
Liite 68. DX51D+Z275-M-A, BH2 2% PI
Liite 69. DX51D+Z275-M-A, BH2 2% PO 1
Liite 70. DX51D+Z275-M-A, BH2 2% PO 2
Liite 71. DX51D+Z275-M-A, BH2 loppu PI
Liite 72. DX51D+Z275-M-A, BH2 loppu PO
Liite 73. S350GD+Z275-M-C, AI 0-veto PI
Liite 74. S350GD+Z275-M-C, AI 0-veto PO
Liite 75. S350GD+Z275-M-C, AI 30min100C PI
Liite 76. S350GD+Z275-M-C, AI 30min100C PO
Liite 77. S350GD+Z275-M-C, BH2 2% PI
Liite 78. S350GD+Z275-M-C, BH2 2% PO
Liite 79. S350GD+Z275-M-C, BH2 loppu PI
Liite 80. S350GD+Z275-M-C, BH2 loppu PO
Liite 81. HX340LAD+Z140-M-B, AI 0-veto PI
Liite 82. HX340LAD+Z140-M-B, AI 0-veto PO
Liite 83. HX340LAD+Z140-M-B, AI 30min100C PI
Liite 84. HX340LAD+Z140-M-B, AI 30min100C PO
Liite 85. HX340LAD+Z140-M-B, BH2 2% PI
Liite 86. HX340LAD+Z140-M-B, BH2 2% PO
Liite 87. HX340LAD+Z140-M-B, BH2 loppu PI
Liite 88. HX340LAD+Z140-M-B, BH2 loppu PO
Liite 89. HX220D-Z140-B, AI 0-veto PI
Liite 90. HX220D-Z140-B, AI 0-veto PO
Liite 91. HX220D-Z140-B, AI 30min100C PI
Liite 92. HX220D-Z140-B, AI 30min100C PO
Liite 93. HX220D-Z140-B, BH2 2% PI
Liite 94. HX220D-Z140-B, BH2 2% PO
Liite 95. HX220D-Z140-B, BH2 loppu PI
Liite 96. HX220D-Z140-B, BH2 loppu PO

Lyhenteet

AI-indeksi

Ageing Index. AI-indeksi kertoo, kuinka paljon materiaalissa on tapahtunut myötövanhenemistä.

Ag

Plastinen tasavenymä suurimmalla voimalla, vetokokeessa määritettävä arvo, pysyvän venymän prosentuaalinen lisäys korkeimman jännityksen kohdalla jännitysvenymäkuvaajassa.

A80

Murtovenymä 80 millimetrin koepituudella, vetokokeessa määritettävä arvo, vetosauvan murtumishetkellä saavutettu prosentuaalinen pituuden lisäys 80 millimetrin koepituudella.

BH2-indeksi

Bake Hardening index. BH2-indeksi kertoo materiaalin lämpölujittumiskyvyn.

ReH

Ylempi myötöraja, vetokokeen avulla määritettävä arvo. Mikäli materiaalin jännitysvenymäkuvaajassa esiintyy myötöalue, ylempi myötöraja on korkein myötöaluetta edeltävä jännitys.

ReL

Alempi myötöraja, vetokokeen avulla määritettävä arvo. Mikäli materiaalin jännitysvenymäkuvaajassa esiintyy myötöalue, alempi myötöraja on matalin myötöalueella esiintyvä jännitys.

Rp0,2

0,2 %:n venymisraja, vetokokeessa määritettävä arvo. 0,2 %:n venymisraja vastaa ReL-arvoa. Sitä käytetään jos materiaalin jännitysvenymäkuvaajassa ei esiinny myötöaluetta.

R_m

Murtolujuus, vetokokeen avulla määritettävä arvo. Murtolujuus on suurin vetokokeen aikana mitattava jännityksen arvo.

R_{p2}

2 %:n venymisraja, vetokoekessa määritettävä arvo. R_{p2}-arvoa käytetään BH2-indeksin määrittämisessä.

1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia Ruukki Metals Oy:n valmistaman 12 teräslajin vanhenemisalttiutta ja lämpölujittumista.

Lämpölujittuvia Bake Hardening –teräksiä käytetään tyypillisesti autojen korien valmistuksessa. Autonvalmistuksessa korimateriaali muovataan ensin haluttuun muotoon, minkä jälkeen se altistuu korotetulle lämpötilalle maalauksen aikana. Korotettu lämpötila ja sitä edeltävä mekaaninen muokkaus aiheuttavat lämpölujittuvassa materiaalissa vanhenemista, mikä johtaa korostuneeseen myötörajaan ja materiaalin lujittumiseen. Käytännössä tämä tarkoittaa, että materiaali on lujempaa ja kestää paremmin kolhuja. Lisääntynyt lujuus mahdollistaa myös kevyemmät rakenteet, mikä puolestaan mahdollistaa ensin materiaalisäästöt ja myöhemmin säästöt polttoaineen kulutuksessa.

Määritettäessä terästen soveltuvuutta lämpölujittumiskäyttöön jäljitellään mekaanista muokkausta ja lämpökäsittelyä, jotka materiaali käy tuotteen valmistuksen aikana läpi. Koemateriaaleille määritetään Bake Hardening (BH2) –indeksi, joka mahdollistaa numeerisen vertailun.

Lämpölujittuvilla teräksillä on taipumus vanheta huoneenlämmössä. Teräksen ei haluta vanhenevan varastoinnin aikana, vaan vasta muokkauksen jälkeen. Vanhenemiskokeilla määritellään materiaalien taipumus vanheta jo säilytyksen aikana. Vanhenemisalttiuden määrittämisessä jäljitellään varastoinnin vaikutusta terästuotteisiin pitämällä niitä 30 minuuttia 100 °C:n lämpötilassa. Mikäli käsittely korotetussa lämpötilassa aiheuttaa huomattavaa vanhenemista koekappaleissa, käsittelyä seuraavissa vetokokeissa näkyy korostunut myötöraja. Kappaleille määritetään AI-indeksi (Aging Index), jonka avulla eri materiaalien vanhenemisalttiutta voidaan vertailla. Huoneenlämmössä tapahtuvan vanhenemisalttiuden tietäminen on tärkeää, koska Ruukki lupaa valmistamilleen teräslajeille aikahaarukan, jonka sisällä niissä ei tapahdu vanhenemista.

2 Myötövanheneminen

2.1 Mekanismi

Metallien erityisen hyvä muokattavuus perustuu dislokaatioiden liikkeeseen. Dislokaatiot mahdollistavat atomien liikkeen metallihilassa paljon teoreettista leikkauslujuutta pienemmillä voimilla [1, diasarja 1].

Myötövanhenemistä tapahtuu, kun dislokaatiot lukkiutuvat paikoilleen. Tämä johtaa lujuuden kasvuun. A.H. Cottrellin pilviteorian mukaan hilan välisijoissa olevat seosatomit ja dislokaatiot vaikuttavat toisiinsa voimalla, joka pyrkii kasaamaan seosatomit dislokaatioiden ympärille "pilviksi". Ilmiö on erityisen voimakas ferriittisessä rakenteessa, jonka hilan välisijoissa typpi ja seosaineena oleva hiili pääsevät vaeltamaan. [2, s. 698; 3, s. 19]. Ilmiöön voidaan vaikuttaa lisäämällä seosaineina alumiinia, joka sitoo typen nitrideiksi, ja titaania, joka sitoo hiilen karbideiksi [2, s. 702]. Tyypillisesti teräksissä typpi on sitoutuneena juuri nitrideiksi tai vaihtoehtoisesti borideiksi, jolloin myötövanhenemiseen vaikuttaa ainoastaan hiili [4].

Dislokaatioita lukitsevien Cottrellin pilvien muodostumiseen riittää jo 0,01% hiilliseostus. Hiilen liukoisuus ferriittiin on kuitenkin vielä paljon pienempi, joten ferriittifaasissa täytyy olla myös runsaammin hiiltä sisältäviä faaseja, joista hiiltä voi liikkua ferriitin dislokaatioihin. [2, s. 702]

Lukitut dislokaatiot voidaan vapauttaa myötövanhenneesta materiaalista kevyellä, noin 1 %:n muokkauksella [4]. Muokkaus saa aikaan dislokaatioiden liikkeen, jolloin dislokaatiot irrottautuvat välisija-atomeista.

Välisija-atomit voivat liikkua diffuusion avulla, jonka nopeus on riippuvainen lämpötilasta. Muokatussa metallissa välisija-atomien liikettä ja siten myötövanhenemistä alkaa tapahtua uudelleen heti muokkauksen jälkeen. Myötövanheneminen voi huoneenlämmössä kestää kuukausia [5]. Sama vaikutus saadaan pitämällä materiaalia huomattavasti lyhyempi aika korotetussa lämpötilassa. Vanhenemistä voidaan saman periaatteen mukaan hidastaa merkittävästi säilyttämällä muokattua materiaalia esimerkiksi pakastimessa.

2.2 Myötövanhenemisen vaikutus mekaanisiin ominaisuuksiin

Myötövanheneminen aiheuttaa korostuneen myötörajan ilmaantumisen teräkseen. Teräs reagoi kasvavaan jännitykseen kimmoisasti, kunnes saavutetaan kriittinen jännityksen arvo, *ylempi myötöraja* (ReH). Ylemmän myötörajan jännitys vastaa voimaa, joka tarvitaan välisija-atomien paikoilleen lukitsemien dislokaatioiden liikkeelle saamiseen. Dislokaatioiden irrottua metalli muokkautuu nopeasti lukkiutuneiden dislokaatioiden päästessä liikahtamaan kerralla. Tämä puolestaan johtaa voimakkaaseen muodonmuutokseen jännityksen jopa hieman laskiessa. Jännityksen lasku näkyy *alempana myötörajana* (ReL). Myötövanhenemattoman tai kevyesti muokatun teräksen jännitysvenyämäkuvaajassa ei näy korostunutta myötörajaa. Sen lujuus on alhaisempi, mutta venymä suurempi. Myötövanhenemisen vaikutus on yleensä suurempi poikittaissuunnassa suhteessa levyn valssaussuuntaan. Tämä johtuu siitä, että kylmävalssaus aiheuttaa suuntautumista metallin mikrorakenteeseen. [2, s. 698; 4]

Metallin vanheneminen aiheuttaa ongelmia kylmätyöstössä, koska se saa aikaan materiaalin äkkinäistä muokkaantumista ja myötöjuovia. Äkkinäisestä muokkaantumisesta aiheutuu ongelmia, koska se saa aikaan materiaalin "kanttaantumista" eli taipumusta muodostaa teräviä kulmia. Jännityksen kohotessa myötörajalle myötövanhennut teräs myötää paikallisesti. Paikallinen myötäminen aiheuttaa myötöjuovia 45 asteen kulmassa vetosuuntaan nähden. Myötöjuovat ovat selvästi havaittavissa paljaalla silmällä ja aiheuttavat ongelmia mm. maalauksen yhteydessä. Jos myötöjuovia pääsee syntymään, ne joudutaan usein poistamaan hiomalla. [2, s. 700; 4]

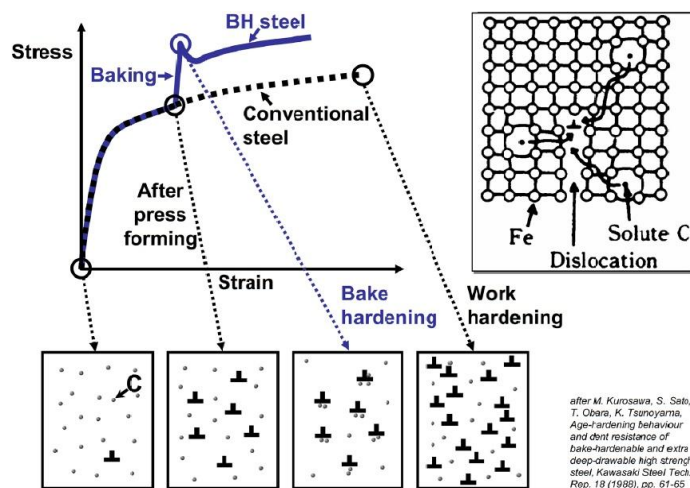
3 Lämpölujuuttuminen

3.1 Mekanismi

Lämpölujuuttuvat teräkset saavat nimensä niiden kyvystä lujuuttua korotetussa lämpötilassa. Lujittumismekanismi perustuu edellisessä luvussa kuvattuun vanhenemisilmiöön.

Teräksen lämpölujuuttumiseen vaikuttaa ensisijaisesti hiili, mutta myös typellä on vaikutusta. Lämpölujuuttumista aiheuttavien seosaineatomien on oltava riittävän pieniä päästäkseen liikkumaan ferriittisen hilarakenteen välisijoissa [4]. Pelkkä hiilen läsnäolo seosaineena lujittaa terästä, koska se vääristää hilaa ja vaikeuttaa siten dislokaatioiden liikettä [1, diasarja 1; 5].

Lämpölujuuttuminen on kaksiosainen ilmiö. Lämpölujuuttuvat teräkset on suunniteltu käymään läpi valmistusprosessi, jossa niitä ensin kylmämuokataan ja sen jälkeen pidetään lyhyt aika korotetussa lämpötilassa. Ensimmäinen lujittava tekijä on kylmämuokkaus, joka lisää dislokaatioiden määrää ja aiheuttaa niiden ruuhkautumista metallin hilassa. Korotetussa lämpötilassa hiilen diffuusionopeus kasvaa, ja hiiliatomit kulkeutuvat lukitsemaan kylmämuokkauksen aiheuttamat dislokaatiot paikoilleen Cottrellin pilviteorian mukaisella tavalla. Prosessi on havainnollistettu kuvassa 1. [3, s. 200]



Kuva 1. Lämpölujittumismekanismi. Jännitys-venymäkuvaajan alussa materiaali on muokkamattomassa tilassa. Ylösalaisin olevilla T-kirjaimilla merkityjä dislokaatioita on hyvin vähän, ja C-kirjaimella merkityt hiiliatomit ovat jakautuneet hilan välisijoihin tasaisesti. Seuraavassa vaiheessa muokkaaminen on synnyttänyt materiaaliin enemmän dislokaatioita. Kolmannessa rakennekuvassa materiaalia on pidetty korotetussa lämpötilassa, mikä on aiheuttanut lämpölujittumista. Hiiliatomit ovat keräytyneet dislokaatioiden ympärille lukiten ne paikoilleen. Oikeassa yläkulmassa oleva kuva esittää hiiliatomien vaellusta välisijoista dislokaatioiden ympärille. Neljännessä rakennekuvassa materiaalin muokkaukselta on jatkettu normaalista altistamatta sitä korotetulle lämpötilalle. Muokkauksen edetessä dislokaatioita on syntynyt paljon, mutta hiiliatomit eivät lukitse niitä paikoilleen. [6]

Vapaan hiilen määrää säätämällä voidaan vaikuttaa suoraan teräksen taipumukseen myötövanheta ja lämpölujittua. Lämpölujittuvien terästen seosaineina on yleensä pieni määrä hiiltä ja sen lisäksi alkuaineita, jotka sitovat hiiltä ja typpeä yhdisteikseen. Näin saadaan aikaiseksi sopiva tasapaino muovattavuuden, myötövanhenemisalttiuden ja lämpölujittumiskyvyn välille. Taulukossa 1 on esitetty tyypillinen lämpölujittuvan teräksen seostus. [3, s. 200, 201]

Taulukko 1. Esimerkki lämpölujittuvan teräksen seostuksesta massaprosentteina. [3, s. 201]

C	Si	Mn	P	S	Al	N	B
0,015	0,017	0,12	0,072	0,017	0,078	0,0032	0,0023

3.2 Lämpölujittuvat teräkset autoteollisuudessa

Autoteollisuudessa käytettävät lämpölujittuvat teräkset tulevat tehtaalle sinkkipinnoitettuna kylmävalssattuina ohutlevyinä. Sinkityksen aikana ohutlevy jäähtyy nopeasti koro-

tetusta lämpötilasta, jolloin hiili ei ehdi muodostaa erkaumia teräkseen, vaan hiiltä jää ferriittihilan välisijoihin. Välisijoissa oleva hiili mahdollistaa lämpölujittumisilmion, joten on luonnollista että sitä pyritään hyödyntämään valmistusprosessissa. [3, s. 200]

Levyn valmistusprosessin aikana kylmävalssaus on irrottaa dislokaatiot, joten kylmävalssattu ohutlevy muokkautuu tasaisesti. Levymateriaali muokataan kylmänä haluttuun muotoon, esimerkiksi auton konepelliksi, minkä jälkeen se maalataan. Käytettävä maali on jauhemaalia, joten se vaatii uunikäsittelyn maalikalvon aikaansaamiseksi. Uu- nin lämpötila voi olla esimerkiksi 180 °C ja pitoaika 20 minuuttia [3, s. 200]. Lämpökäsittely mahdollistaa samalla nopean lämpölujittumisen. [7; 8]

Lämpölujittuneen teräksen lujuus mahdollistaa ohuet ja kevyet rakenteet. Lujuutensa takia lämpölujittuneet teräkset kykenevät myös absorboimaan lujittumattomia teräksiä suuremman määrän energiaa, mikä on tärkeää kolaritilanteissa. Lämpölujittuvien terästen taipumus muokkauslujittua voimakkaasti levittää iskun vaikutuksen tasaisemmin koko materiaaliin ja rakenteeseen [9]. Vähäisestä seostamisesta johtuen lämpölujittuvien terästen hitsattavuus on hyvä. Lisäetuna lämpölujittuvilla teräksillä on se, että niitä ei tarvitse lämpökäsitellä muokkauksen jälkeen korkeissa lämpötiloissa, mikä mahdollistaa sinkkipinnoituksen jo ohutlevyn valmistusvaiheessa. [10]

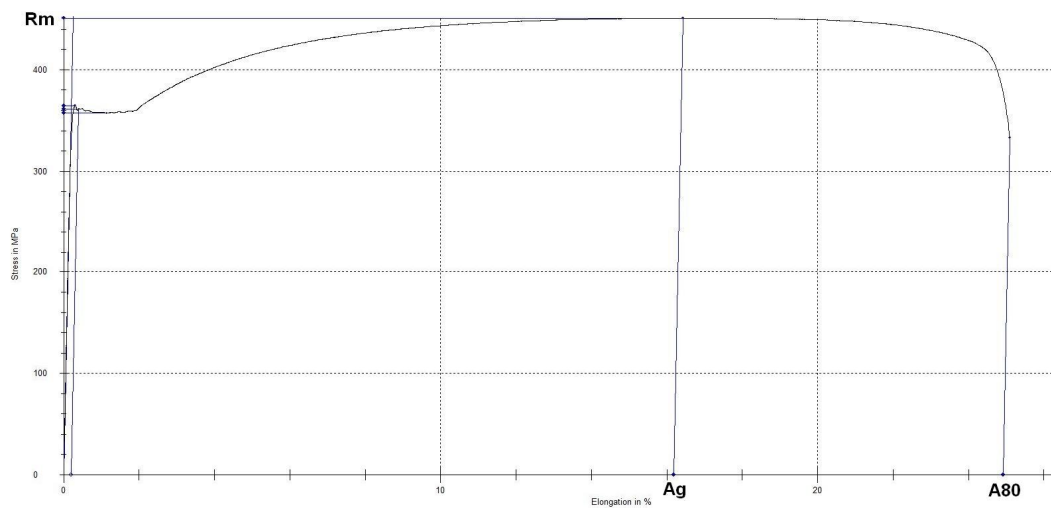
Lämpölujittuvat teräkset sopivat erityisen hyvin autoteollisuuden käyttöön, koska ne tarjoavat hyvät muokkausominaisuudet kylmämuokkauksen aikana ja hyvän muotopysyvyyden muokkauksen jälkeen aiheuttamatta lisävaiheita valmistusprosessiin. [7]

4 Vetokoe

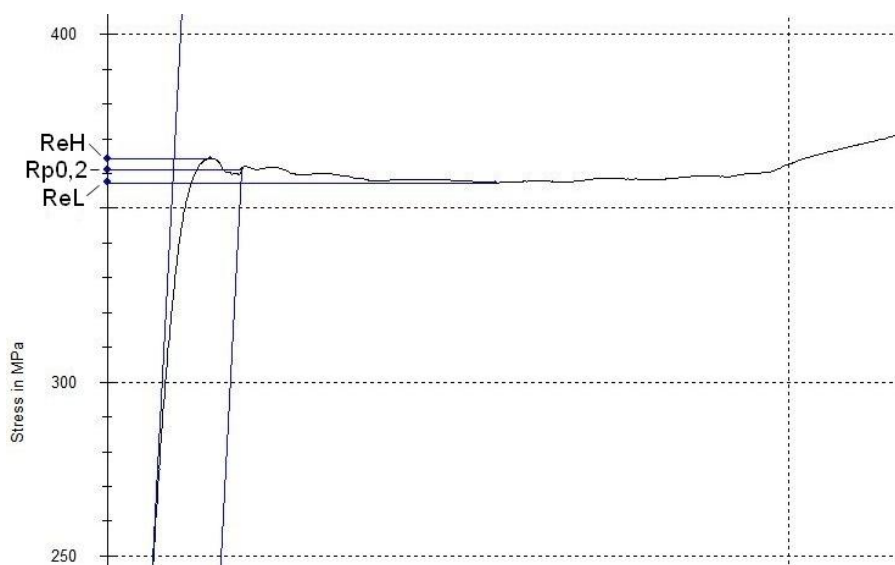
Useimmissa tapauksissa metallin käyttökelpoisuus käytännön tasolla riippuu lähinnä sen käyttäytymisestä jännityksen alaisena. Vetokokeessa tasapaksua sauvaa kuormitetaan pituussuunnassa ja sauvaan kohdistuvaa voimaa sekä sauvan pituuden muutosta mitataan. Standardoidut koeolosuhteet ovat yksinkertaistetut ja tarkkaan määritellyt, jolloin eri materiaaleja voidaan luotettavasti vertailla keskenään. [2, s. 691]

Vetokokeesta saadaan jännitys-venymäkuvaaja. Kuvaajassa vaaka-akselilla on koesauvan suhteellinen venymä (%) ja pystyakselilla nimellinen jännitys (N/mm^2). Venymä on siis suhteutettu sauvan koepituuteen ja jännitys sauvan poikkipinta-alaan, jolloin kuvaaja on materiaalikohtainen. Suhteellinen venymä ja nimellinen jännitys mainitaan tästä lähtien yksinkertaistetusti jännityksenä ja venymänä. Jännitys-venymäkuvaaja voidaan jakaa ensisijaisesti kahteen osaan: *kimmoiseen alueeseen* ja *plastiseen alueeseen*. [2, s. 692, 694]

Seuraavassa käsitellyt vetokokeeseen liittyvät arvot on esitetty graafisesti kuvissa 2 ja 3. Jännitys-venymäkuvaajan vaiheet on esitetty kuvassa 4.



Kuva 2. Vetokokeesta saatu jännitys-venymäkuvaaja, johon on merkitty Rm-, Ag- ja A80-arvot.



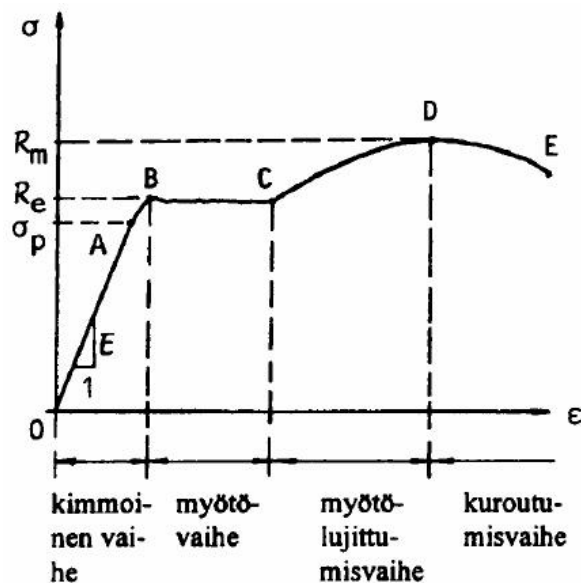
Kuva 3. Lähikuva yllä olevan kuvaajan myötöalueesta, johon on merkitty ReH-, Rp0,2- ja ReL-arvot.

Kimmainen vaihe

Kimmoisen vaiheen aikana tapahtuva muodonmuutos on enimmäkseen palautuvaa. Tämä tarkoittaa, että jännityksen poistuttua koesauva palaa alkuperäiseen pituuteensa tai ainakin lähelle sitä. Suurin osa kimmoista vaihetta on täysin kimmoista, ja tämän vaiheen aikana venymän ja jännityksen suhde on vakio, jota kutsutaan kimmokertoimeksi. Kimmainen vaihe loppuu *ylempään myötörajaan* (ReH) (kts. kuva 3). Ylemmän myötörajan tuntumassa venymän ja jännityksen suhde ei enää ole vakio, eikä materiaali enää käyttäydy täysin kimmoisesti. Tämä tarkoittaa, että pieni osa venymästä jää pysyväksi. [2, s. 693; 11, s. 35]

Metallin käyttäytyminen kimmoisella alueella riippuu atomien välisistä koheesivoimista ja hilarakenteesta, joten kimmokertoimeen ei voida vaikuttaa esimerkiksi lämpökäsittelyillä. Materiaaleille, joissa ei esiinny selvää ylemmää myötörajaa, määritetään *0,2 %:n venymisraja* ($Rp0,2$). 0,2 %:n venymisraja on jännityksen arvo, jolla materiaalissa on tapahtunut 0,2 %:n pysyvä muodonmuutos. 0,2 %:n venymisrajan katsotaan vastaavan ylemmää myötörajaa. [2, s. 692, 693, 695]

Ylemmään myötörajaan ja vastaavasti 0,2 %:n venymisrajaan voidaan vaikuttaa huomattavasti erilaisilla käsittelyillä. Esimerkiksi myötövanheneminen nostaa ylemmän myötörajan saavuttamiseen tarvittavaa jännitystä. [2, s. 693]



Kuva 4. Jännitys-venymäkuvaajan vaiheet. [12]

Plastinen vaihe

Materiaalin palautuva muodonmuutoskyky on käytetty loppuun kimmoisen vaiheen aikana, joten plastisen vaiheen aikana tapahtuva muodonmuutos on pysyvää. Plastinen alue voidaan edelleen jakaa kolmeen osaan: myötövaiheeseen, myötölujittumisvaiheeseen ja kuroutumisvaiheeseen. [11, s. 38]

Myötövaihe

Myötövaihe alkaa ylemmästä myötörajasta, jonka jälkeen jännitys hetkellisesti laskee. Myötövaihe päättyy, kun jännitys alkaa taas nousta. Jännityksen saavutettua ylemmän myötörajan metallissa olevat dislokaatiot pääsevät nytkähtämään liikkeelle. Yhtäkkäinen myötöäminen aiheuttaa jännityksen laskun, ja hetken aikaa metallissa tapahtuu venymistä ilman jännityksen kasvua. Tätä vaihetta kutsutaan myötövaiheeksi. Alempi myötöraja (ReL) on matalin myötöalueella esiintyvä jännityksen arvo. Myötövaihe on dislokaatioiden lukkiutumiseen liittyvä ilmiö, joten monilla materiaaleilla sitä ei esiinny ollenkaan. [11, s. 36]

Myötölujittumisvaihe

Myötövaiheen jälkeen metallin lujuus alkaa kasvaa. Myötövaiheessa metallin rakenteessa on suhteellisen vähän dislokaatioita, mutta myötölujittumisvaiheen aikana dislokaatioiden määrä kasvaa metallin muokkauksessa. Dislokaatioiden määrän kasvaessa ne alkavat ruuhkautua, mikä johtaa metallin lujittumiseen, mutta myös muodonmuutoskyvyn vähenemiseen. Myötölujittumisvaihe loppuu pisteeseen, jossa jännitys on korkeimmillaan. Korkeimman mitatun jännityksen arvoa kutsutaan murtolujuudeksi (R_m). Plastinen tasavenymä (A_g) (kts. kuva 2) suurimmalla voimalla on vastaavasti pysyvän venymän suhteellinen lisäys korkeimman jännityksen pisteessä. [13, s. 14; 11. s. 36; 2, s. 694]

Kuroutumisvaihe

Kuroutumisvaihe alkaa jännitysvenymäkuvaajan korkeimmasta pisteestä ja loppuu metallisauvan murtumiseen. Jännityksen saavutettua huippuarvonsa dislokaatiot ovat ruuhkautuneet eivätkä enää mahdollista suuria muodonmuutoksia metallin rakenteessa. Jännityksen edelleen kasvaessa metallin rakenne alkaa rikkoutua, koska muodonmuutos ei enää ole mahdollista. Vetosauvaan muodostuu kurouma, johon jännitys kes-

kitty. Lopulta sauva murtuu kurouman alueelta, jolloin saadaan määritettyä *murtovenymä esimerkiksi 80 millimetrin koepituudella (A_{80})*. Se kertoo prosentuaalisen pituuden lisäyksen koesauvan alkuperäiseen 80 millimetrin mittapituuteen. Murtovenymä voidaan myös määrittää muilta koepituuksilta. Käytetty koepituus merkitään alaindeksiksi. [2, s. 694]

5 Koemateriaalit

Koemateriaaleina oli 12 erilaista Ruukki Metals Oy:n valmistamaa sinkkipinnoitettua ohutlevyteräslajia. Teräslajeja oli neljästä teräsluokasta: muovattavat teräkset, lujat muovattavat teräkset, lujat muovattavat monifaasiteräkset ja rakenneteräkset. Vaikka teräslajit poikkesivat toisistaan mikrorakenteensa perusteella, kaikki koemateriaalit ovat jatkuvatoimisella kuumasinkityslinjalla valmistettuja ohutlevyteräksiä, joilla saattaa esiintyä vanhenemista ja lämpölujittumista. Koemateriaalit ja niiden luokat on esitetty taulukossa 2. Koemateriaalien standardin SFS EN 10346 mukaiset ominaisuudet on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 2. Tietoja koemateriaaleista. [14; 15]

Materiaali	Kela	Luokka
1. S350GD+ZA300-A	RR4430	rakenneteräs
2. S220GD+ZA300-A	RR4200	rakenneteräs
3. DX52D+Z350-M-A	RR3430	muovattava teräs
4. LITEC 600CP+Z100-M-B	RR7340	luja muovattava monifaasiteräs
5. LITEC 1000DP+Z100-M-B	RR6480	luja muovattava monifaasiteräs
6. S280GD+ZA200-A	RP8520	rakenneteräs
7. HX260LAD-Z140-B	R51890	luja muovattava teräs
8. LITEC 600DP+Z100-M-B	R59120	luja muovattava monifaasiteräs
9. DX51D+Z275-M-A	R58100	muovattava teräs
10. S350GD+Z275-M-C	R92091	rakenneteräs
11. HX340LAD+Z140-M-B	R97620	luja muovattava teräs
12. HX220D-Z100-B	R87310	luja muovattava teräs

Taulukko 3. Koemateriaalien standardin SFS EN 10346 mukaiset ominaisuudet. [14; 15]

Materiaali	Myötölujuus (MPa)	Murtolujuus (MPa)	Murtovenymä väh. (%)
1. S350GD+ZA300-A	>350	>420	16
2. S220GD+ZA300-A	>220	>300	20
3. DX52D+Z350-M-A	140 – 300	270 – 420	26
4. LITEC 600CP+Z100-M-B	350 – 500	>600	16
5. LITEC 1000DP+Z100-M-B	600 – 750	>980	10
6. S280GD+ZA200-A	>280	>360	18
7. HX260LAD-Z140-B	260 – 330	350 – 430	26
8. LITEC 600DP+Z100-M-B	340 – 420	>600	20
9. DX51D+Z275-M-A	–	270 – 500	22
10. S350GD+Z275-M-C	>350	>420	16
11. HX340LAD+Z140-M-B	340 – 420	410 – 510	21
12. HX220D-Z100-B	220 – 320	340 – 400	30

Vetokokeita varten koemateriaalit oli koneistettu standardin SFS EN 10002-1 mukaisiksi vetosauvoiksi. Vetokoesauvat on esitelty kuvassa 5. Kylmävalssattujen teräslevyjen mekaaniset ominaisuudet vaihtelevat suhteessa valssaussuuntaan. Siksi vetosauvoja oli koneistettu levystä sekä pitkittäis- että poikittaissuunnassa. Vetosauvojen paksuudet vaihtelivat välillä 0,6 - 3 mm. Kokeiden suorittamiseksi sauvoja tarvittiin kaikista materiaaleista 6 kappaletta, joten teoriassa kokeissa tarvittavien sauvojen lukumäärä oli 144. Käytännössä tarvittiin kuitenkin useita varasauvoja vetokoneen säätöjen tekemiseen sekä uusintavetoihin ongelmatilanteissa.



Kuva 5. Standardin SFS EN 10002-1 mukaisia vetosauvoja.

Sauvoja säilytettiin pakastimessa, jotta ne säilyisivät metallurgisesti mahdollisimman lähellä valmistustilaansa. Alhaisesta säilytyslämpötilasta huolimatta sauvoissa tapahtuu vanhenemista. Ensimmäisten kuuden materiaalin sauvojen voidaan olettaa olevan riittävän lähellä valmistustilaa. Jälkimmäisten kuuden materiaalin sauvoja jouduttiin säilyttämään pakastimessa pitkän aikaa, koska vetokonetta ei saatu. Voidaan pitää hyvin todennäköisenä, että jälkimmäisten kuuden materiaalin sauvoissa on tapahtunut tulosten kannalta merkittävää vanhenemista. Jokaisen materiaalin BH2-indeksin ja AI-indeksin määrittämisessä käytettyjen vetosauvojen varastointiaika on esitetty taulukossa 4. Varastointiajaksi on määritetty kokeiden kannalta merkityksellisin aika eli aikaväli ohutlevykelan valmistumisesta siihen, kun materiaalin sauvoille on suoritettu kaikki vanhenemisen kannalta merkityksellisimmät vedot. Lämpölujittumiseen liittyvistä vedoista tärkeimmät ovat alkuvedot 2 %:n pysyvään venymään ja vanhenemisen kannalta alkuvedot, jotka pyritään suorittamaan valmistustilaisille sauvoille.

Taulukko 4. Koesauvojen vanheneminen ennen vetokokeita. AI-vanheneminen ja BH-vanheneminen viittaavat materiaalin vanhenemiseen säilytyksen aikana. Säilytysaika on ilmoitettu päivinä materiaalin valmistumisesta siihen, kun AI 0-vedot ja BH2 2% vedot on tehty kokonaisuudessaan.

Materiaali	AI-vanheneminen (päivää)	BH-vanheneminen (päivää)
1. S350GD+ZA300-A	74	76
2. S220GD+ZA300-A	74	76
3. DX52D+Z350-M-A	68	70
4. LITEC 600CP+Z100-M-B	70	72
5. LITEC 1000DP+Z100-M-B	70	72
6. S280GD+ZA200-A	75	77
7. HX260LAD-Z140-B	20	174
8. LITEC 600DP+Z100-M-B	7	164
9. DX51D+Z275-M-A	17	174
10. S350GD+Z275-M-C	141	151
11. HX340LAD+Z140-M-B	135	145
12. HX220D-Z100-B	143	145

Ennen vetokokeiden suorittamista huolehdittiin siitä, että sauvat olivat lämmenneet huoneenlämpötilaan. Sauvojen lämpötila mitattiin pintalämpömittarilla ennen vetokokeiden suorittamista.

6 Laitteistot

6.1 Vetokoe

Vetokokeet suoritettiin Zwick Z250 –vetokoneella ja vetokoneen ohjauksessa käytettiin aluksi TestXpert-ohjelmistoa. Myöhemmin siirryttiin käyttämään huollon yhteydessä asennettua TestXpert2-ohjelmistoa. Voima-anturina käytettiin 250 kN:n GTM (Gassmann Theiss Messtechnik) anturia, jolloin laitteiston mittausalue oli $\pm 250\text{kN}$. Venymää mitattiin aluksi optisen venymäanturin avulla, koska tarkempi mekaaninen venymäanturi ei ollut toimintakunnossa. Myöhemmin optisen venymäanturin toimintaongelmien seurauksena siirryttiin käyttämään huollettua mekaanista venymäanturia. Molemmat anturit olivat Zwickin valmistamia ja standardin DIN EN 10002 T4 mukaisia. Vetosauvat kiinnitettiin 1 - 16 mm:n kiillaleuoilla. Vetolaitteisto on esitelty kuvassa 6.



Kuva 6. Zwick Z250 -vetokoelaitte.

TestXpert2-ohjelmisto määrittäi automaattisesti alemman myötörajan, mutta käytettäessä TestXpert-ohjelmistoa alempi myötöraja jouduttiin määrittämään manuaalisesti. Tällöin alemman myötörajan arvoksi otettiin matalin myötöalueella esiintyvä jännityksen arvo, pois lukien heti ylemmän myötörajan määrittämisen jälkeen jännityksen mittauksessa mahdollisesti tapahtuva virhe. Virhe syntyy, kun venymäanturi reagoi liian voimakkaasti nopeaan jännityksen putoamiseen. Kimmokertoimen määrittämisessä käytettiin erilaisia asetuksia. Kaikissa tapauksissa vedon jälkeen varmistettiin aina silmämääräisesti, että kimmokerroin on määritetty kimmoiselta alueelta ja että kimmokertoimen määrittämisessä käytetty tangenttisuora seuraa hyvin jännitys-venymäkuvaajan alkuosaa. Ennen vetokokeiden suorittamista vetosauvojen paksuus ja leveys mitattiin viiden sadasosamillimetrin tarkkuudella Mitutoyo Absolute Digimatic -työntömitalla.

Lämpölujittumiskokeisiin liittyvää R_p2 -arvoa ei saatu mitattua suoraan kummallakaan käytetyistä ohjelmista. Vetokokeissa R_p2 -arvoa vastaava arvo on R_m -arvo, koska lähes kaikissa tapauksissa 2 %:n kohdalla keskeytetyn vetokokeen suurin jännityksen arvo on juuri kokeen lopettamispisteessä. Vastaavasti A_g -arvo kertoo lämpölujittumiskokeissa venymän, jonka kohdalla koe keskeytettiin. TestXpert2-ohjelmisto ei kaikissa tapauksissa antanut A_g -, R_{eH} - ja R_{eL} -arvoja, joten ne jouduttiin määrittämään manuaalisesti jännitys-venymäkuvaajasta. TestXpert2-ohjelmisto ei myöskään määrittänyt A_g :n arvoa riittävällä tarkkuudella, joten pysyvän venymän määrä mitattiin manuaalisesti jännitys-venymäkuvaajasta. Pysyvän venymän arvot mitattiin prosentoin sadasosan tarkkuudella.

Mikäli materiaalilla ei esiinny riittävän selkeää myötöaluetta, sille määritetään R_{eL} - ja R_{eH} -arvojen sijaan $R_{p0,2}$ -arvo. TestXpert2-ohjelmistoa käytettäessä voitiin valita selkeät ehdot R_{eL} - ja R_{eH} -arvojen määrittämiselle. Ehdoksi valittiin, että voiman pudotuksen täytyy myötöalueella olla vähintään 0,5 % kokeen maksimivoimasta ja että voiman pudotuksen täytyy tapahtua 0,05 %:n venymän sisällä. TestXpert-ohjelmistoa käytettäessä kyseistä valintaa ei voitu tehdä, mutta vastaavanlaiseen mittaukseen pyrittiin silmämääräisesti.

Vetokoneen voiman mittausta ja optista venymämittaria ei ollut kalibroitu vuoden 1996 jälkeen, jolloin vetokone on hankittu. Vetokone ei ole ollut aktiivisessa käytössä hankintansa jälkeen, joten kalibroinnin puutteen ei uskota vaikuttavan merkittävästi tuloksiin.

6.2 Lämpökäsittely

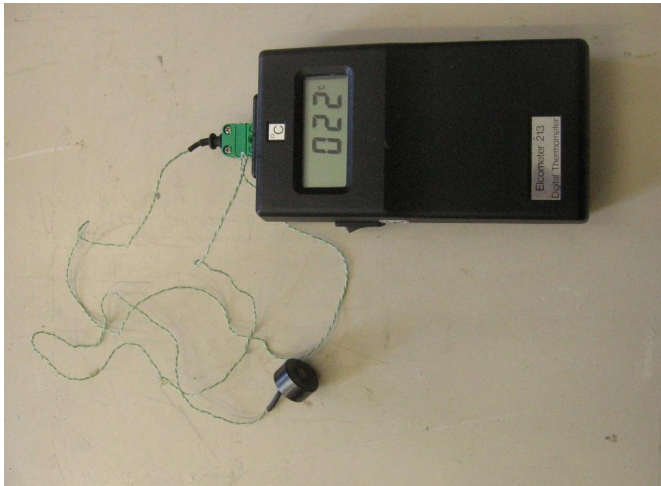
Bake Hardening –indeksin määrittämisessä tarvittava lämpökäsittely suoritettiin Termakiertoilmauunilla. Kiertoilmauunissa oli oma lämpötilanmittauksensa, mutta erillisen Elcometer-pintalämpömittarin todettiin olevan luotettavampi. Elcometer-lämpömittaria käytettiin lämpötilan seuraamiseen lämpökäsittelyn aikana. Käytetty laitteisto kokonaisuudessaan on esitelty kuvassa 7.

Kiertoilmauunin lämmöntuontikykyyn huomattiin olevan riittämätön, joten uunin pohjalle sijoitettiin kaksi noin kahden senttimetrin paksuista alumiinilevyä. Levyt varasivat itseensä lämpöä uunista ja luovuttivat sitä nopeasti levyjen päälle asetetuille lämpökäsiteltäville koesauvoille. Levyjen yhteispaino oli 5444 grammaa.



Kuva 7. Sauvojen lämpökäsittelyssä käytetty laitteisto.

Elcometer-lämpömittari koostuu digitaalisesta näytöstä ja näyttöön muovieristetyillä johdoilla liitetystä magneetista ja lämpöanturista. Kuvassa 8 on Elcometer-mittari magneettiantureineen. Elcometer-mittarin etuna oli, että lämpökäsiteltävien koesauvojen lämpötilaa voitiin seurata jatkuvasti uunin ulkopuolelta sen oven ollessa kiinni. Etuna oli myös magneettisen anturin helppo kiinnitettävyyys koesauvoihin. Haittapuolena oli anturin suuri massa, minkä johdosta se reagoi hitaasti lämpötilan muutoksiin. On myös mahdollista, että anturin varaama lämpö on vaikuttanut mittaustuloksiin.



Kuva 8. Elcometer-lämpömittari.

Lämpökäsittelyn suoritus on kuvattu tarkemmin Bake hardening -indeksin määrittämistä kertovassa luvussa.

6.3 Keinovanhennus

Keinovanhennuksessa käytettiin Husqvarna Regina -sähköhellää ja suurikokoista ruostumattomasta teräksestä valmistettua kattilaa. Kappaleiden käsittelyn helpottamiseksi ne aseteltiin rautalangasta valmistettuun telineeseen ennen keittokattilaan laskemista. Lämpötila tarkistettiin tavallisella elohopealämpömittarilla. Kuvassa 9 on nähtävissä keinovanhentamisessa käytetty sähköhella, kattila, sauvat ja keittoteline, jossa sauvat laskettiin kiehuvaan veteen.



Kuva 9. Keinovanhennuksessa käytetyt välineet.

7 Vanhenemisindeksin määrittäminen

7.1 Keinovanhennus

Keinovanhentaminen suoritettiin keittämällä koesauvoja 30 minuuttia 100 °C:n lämpöisessä vedessä. Vesi lämmitettiin kiehuksi ja sen lämpötila tarkistettiin elohopealämpömittarilla, minkä jälkeen keitettävät sauvat laskettiin veteen sinkitystä rautalangasta valmistetussa telineessä ja kattila peitettiin kannella. 30 minuutin kuluttua sauvat nostettiin vedestä ja niiden annettiin jäähtyä ilmassa. Sauvoja keitettiin kerralla 24, kaikki kokeissa tarvittavat sauvat saatiin keitettyä kahdella keittokerralla.

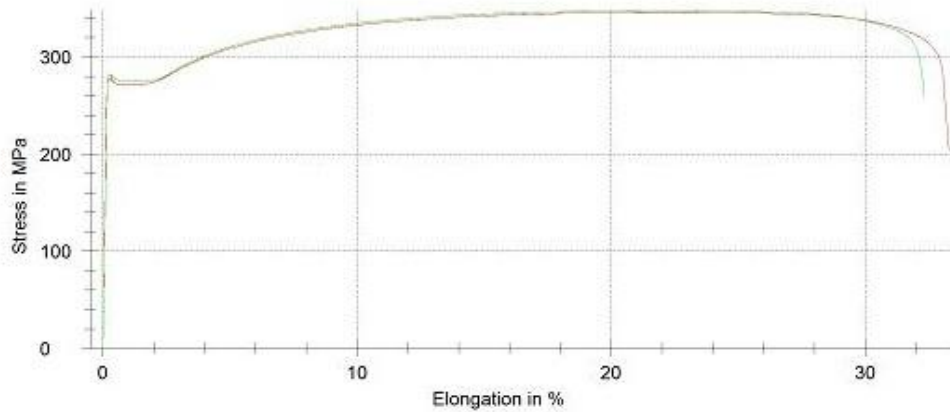
Ensimmäisellä keittokerralla sähköhellan tehoa ei säädetty tarpeeksi korkeaksi heti sauvojen lisäämisen jälkeen, jolloin sauvojen lisääminen laski veden lämpötilan 95 – 96 °C:seen ensimmäisten viiden minuutin ajaksi. Vetokokeissa havaittiin sauvojen kuitenkin vanhenneen tarpeeksi.

7.2 Vanhenemisindeksin määrittäminen vetokokeiden perusteella

Vanhenemisindeksin laskemiseksi määritettiin vetokokeen perusteella alempi myötöraja (ReL) tai sen puuttuessa 0,2 %:n venymäraja (Rp0,2) valmistustilaiselle koesauvalle ja koesauvalle, joka oli keinovanhennettu. Keinovanhennetun sauvan ReL- tai Rp0,2-arvosta vähennettiin valmistustilaisen sauvan ReL- tai Rp0,2-arvo. Keinovanhentamisen seurauksena tapahtunut alemman myötörajan tai 0,2 %:n venymärajan muutos on vanhenemisindeksi (AI). Kuvissa 10 ja 11 on esitetty materiaalin jännitysvenymäkuvaaja ennen vanhennusta ja sen jälkeen. Jokaisen koemateriaalin vanhenemisindeksi määritettiin sekä pitkittäis- että poikittaissuunnassa valssaussuuntaan nähden. Jokainen vanhenemisindeksi myös määritettiin kahdelle koesauvalle toistettavuuden arvioimiseksi ja mahdollisten mittaus- ja materiaalivirheiden vaikutuksen vähentämiseksi.

Test results:

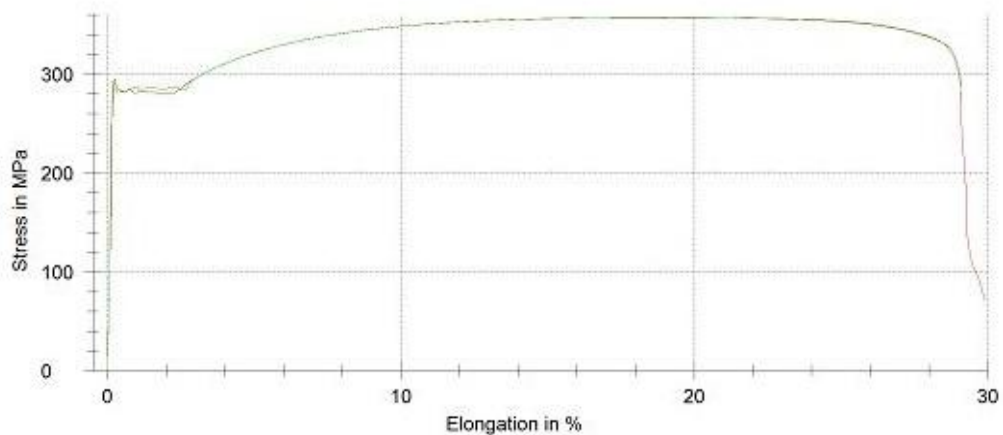
Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₅₀ %
1	191	278	277	271	346	22,88	33,2
2	190	281	282	275	348	20,95	32,2

Series graph:

Kuva 10. Mahdollisimman lähellä toimitustilaa tehty vetokoe materiaalin 9 DX51D valssaussuunnan suhteen pitkittäin koneistetuille sauvoille. ReL-arvo on keskimäärin 273 MPa.

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₅₀ %
1	168	285	234	122	358	18,73	29,8
2	182	284	294	281	358	19,60	28,9

Series graph:

Kuva 11. Materiaalin 9 DX51D valssaussuunnan suhteen pitkittäin koneistetuille sauvoille tehty vetokoe, kun sauvoja oli keitetty 30 minuuttia 100-asteisessä vedessä. ReL-arvo on noussut keskimäärin 281 MPa:iin. Ohjelmiston automaattisesti ottama venymän arvo ensimmäisessä vetokokeessa on virheellinen, todellinen arvo on 280 MPa. Myötörajän huomataan korostuneen verrattuna keinovanhentamattomille sauvoille saatuihin tuloksiin. AI-indeksi materiaalille 9. DX51D pitkittäissuunnassa on 8 MPa.

Vetokokeessa määritettiin vanhenemisindeksi lisäksi jokaiselle koesauvalle ReH- ja ReL- tai Rp0,2-, Rm-, Ag- ja A80-arvot sekä koesauvan lämpötila. Myös kokeen suorituspäivämäärä merkittiin muistiin. Lisäarvojen avulla saadaan pelkkää vanhenemisindeksiä syvällisempi ymmärrys metallin vanhenemiskäyttäytymisestä, minkä lisäksi ne mahdollistavat tulosten tarkemman arvioinnin ongelmatapauksissa.

Standardin SFS-EN 10002-1 mukaisesti vetokokeiden suorittamislämpötila on 10 °C - 35 °C. Vetokokeita suoritettaessa lämpötila vaihteli 15 °C:n ja 23 °C:n välillä. Saman standardin mukaisesti kimmoisella alueella jännityksen kasvunopeus teräksille (kimmo-kerroin yli 150 000 MPa) on 6 – 60 MPa/s. Ylemmän myötörajan saavuttamisen jälkeen vetonopeutta ohjataan venymän kasvunopeuden perusteella välillä 0,00025 1/s ja 0,0025 1/s. Vetonopeudeksi kimmoisella alueella valittiin 20 MPa/s ja ylemmän myötörajan saavuttamisen jälkeen 0,0015 1/s. [16]

Opinnäytetyöhön kuuluvista 12 koemateriaalista kuudelle ensimmäiselle ehdittiin suorittaa kaikki kokeet, ennen kuin vetokoneen venymänmittaus alkoi toimia hyvin epätarkasti ja epäluotettavasti. Venymän mittauksen ongelmien takia moni vetokoe jouduttiin uusimaan ja sauvoja kului paljon. Osaa AI-indeksiin määrittämisessä tarvittavista vetokokeista keinovanhennetuille sauvoille ei voitu tehdä, koska sauvoja ei enää riittänyt niiden tekemiseen.

8 Bake hardening -indeksiin määrittäminen

8.1 Lämpökäsittely

Standardi SFS EN 10325 määrittelee lämpökäsittelylle seuraavat ehdot:

Koekappaleiden tavoitelämpötila 170 °C on saavutettava seitsemässä minuutissa. Pitoaika on 20 minuuttia. Ajanotto alkaa, kun kappaleiden lämpötila on 168 °C. Lämpötilan tulee pysyä 168 °C:n ja 172 °C:n välillä koko lämpökäsittelyn ajan. Lämpökäsittelyn jälkeen koekappaleet jäähdytetään huoneenlämpötilaan. [13]

Kiertoilmaunin havaittiin pystyvän kuumentamaan noin 600 grammaa metallia kerralla seitsemässä minuutissa 170 °C:n lämpötilaan. Koesauvoja pystyttiin käsittelemään ker-

ralla noin kahdeksan kappaletta, määrän vaihdelta yksittäisten koesauvojen paksuuden eli massan mukaan. Koesauvat sijoitettiin uuniin kahdessa samankokoisessa pinossa. Toisen pinon päälle asennettiin pintalämpömittarin mittapää.

Käytetyn lämpömittarin mittapään suuren massan johdosta mittapää kuumennettiin kiertoilmauunissa 160 °C:n lämpötilaan, ennen kuin se kiinnitettiin koesauvoihin ja koesauvat laitettiin uuniin. Koesauvojen riittävän nopean lämpiämisen takaamiseksi kiertoilmauuni lämmitettiin aluksi 192 °C:n lämpötilaan. Uunin lämpötila laskettiin 170 °C:en, kun koekappaleiden lämpötila oli noussut 164 °C:n lämpötilaan.

Materiaaleille 1. S350GD ja 3. DX52D suoritettussa lämpökäsittelyssä koesauvojen tavoitelämpötila 168 °C saavutettiin vasta seitsemän ja puolen minuutin kuluttua. Seitsemän minuutin kohdalla lämpötila oli kuitenkin jo 167 °C, joten poikkeamalla tuskin on minikäänlaista merkitystä tulosten kannalta. Muilla lämpökäsittelykerroilla tavoitelämpötila saavutettiin keskimäärin viidessä ja puolessa minuutissa.

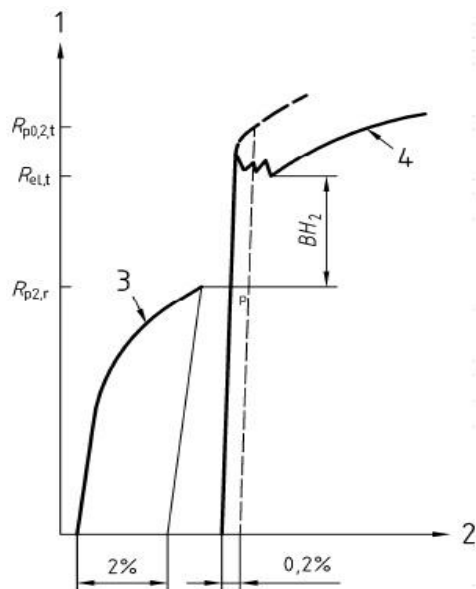
Suurimassainen lämpötila-anturin mittapää on saattanut aiheuttaa epätarkkuutta lämpökäsittelyyn hitaan lämpenemisen ja koekappaleisiin tapahtuvan lämmönsiirron takia. Koska mittapää esilämmitettiin 160 °C:n lämpötilaan ja asetettiin vain toisen pinon päälle, se on saattanut luovuttaa osan lämmöstään koesauvapiinolle, jolloin toinen pino on lämminnyt hitaammin. Suuren massansa takia mittapään havaittiin myös reagoivan suhteellisen hitaasti lämpötilan muutoksiin, mikä on saattanut mahdollistaa koesauvojen lämpiämisen ennen mittapäää ja siten mitattuja korkeammat lämpötilat lämpökäsittelyn alkuvaiheessa.

8.2 Bake hardening -indeksin määrittäminen vetokokeiden perusteella

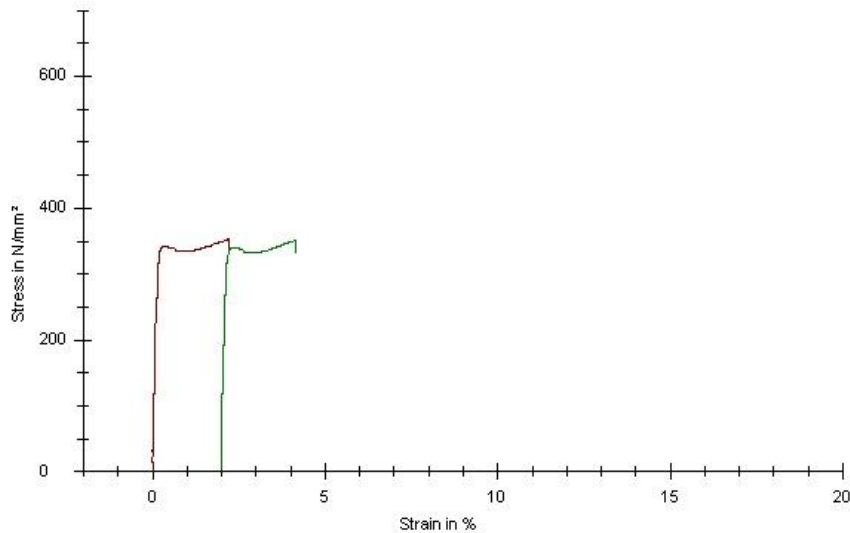
Bake hardening -indeksin määrittämisessä pyrittiin seuramaan mahdollisimman tarkasti standardia SFS EN 10325 (lämpölujittumisen johdosta kasvaneen myötörajan määrittäminen). Bake hardening -indeksin määrittäminen aloitettiin vetämällä 1,95 – 2,05 %:n pysyvä venymä valmistustilaiseen koesauvaan. Pysyvän venymän aikaansaamiseen vaadittu jännitys kirjattiin muistiin Rp2-arvona. Vetokoneen ohjelmisto ei mahdollistanut suoraa Rp2-arvon määrittämistä, mutta vastaava arvo on Rm. Tässä tapauksessa Rm merkitsee siis vain suurinta jännitystä 2 %:n pysyvän venymän kohdalla pysäytetyn

vetokokeen aikana. Jännitys-venymäkuvaajasta tarkistettiin kaikissa tapauksissa, että suurin jännitys todella oli kokeen pysäytyskohdassa. Mikäli näin ei ollut, otettiin pysäytyskohdan jännitys muistiin manuaalisesti. R_{p2} -arvon lisäksi määritettiin myös venymän tarkka arvo, R_{eH} ja R_{eL} tai $R_{p0,2}$. Koelämpötila ja päivämäärä merkittiin muistiin. Joidenkin vetojen pysyvä venymä ylitti tai alitti hieman tavoitellun 1,95 – 2,05 % välin. Tämä johtui siitä, että vetokone jouduttiin pysäyttämään manuaalisesti. 2 %:n pysyvään venymään vedetty koessaiu lämpökäsiteltiin luvussa 8.1 kuvatulla tavalla. [13.]

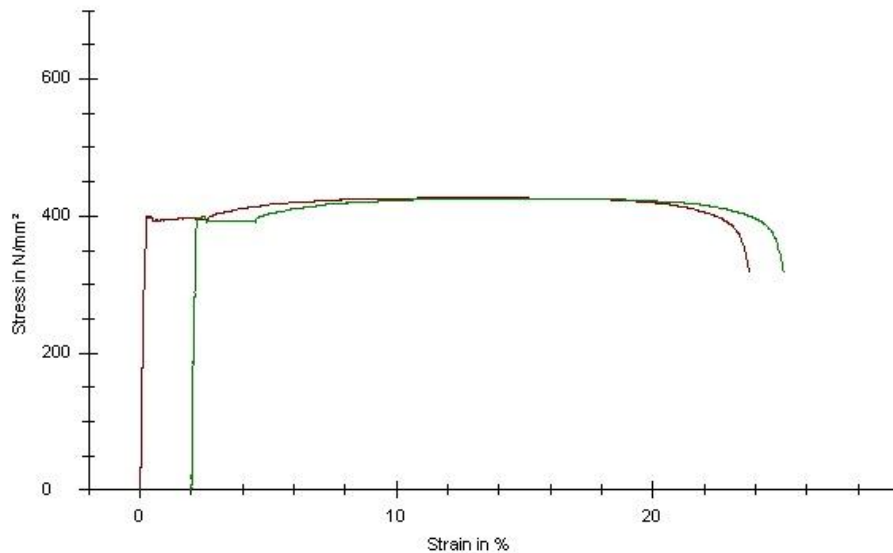
Lopuksi lämpökäsitelty koessaiu vedettiin poikki. Vetokokeessa määritettiin jälleen R_{eH} - ja R_{eL} - tai $R_{p0,2}$ -, R_m -, A_g - ja A_{80} -arvot. Bake hardening –indeksi (BH_2) määritettiin vähentämällä lämpökäsittelyn jälkeisen vedon R_{eL} - tai $R_{p0,2}$ -arvosta lämpökäsittelyä edeltänyt 2 %:n pysyvää venymää vastannut jännitys eli vedetyn koessaiun R_m -arvo. Kuvassa 12 on esitetty kaaviokuva Bake hardening –indeksin laskemisesta. Kuvissa 13 ja 14 on esitetty koemateriaalin jännitysvenymäkuvaaja 2 %:n pysyvän muodonmuutoksen vedossa ja lämpökäsittelyn jälkeisessä vedossa. Jokaisen koemateriaalin vanhenemisindeksi määritettiin sekä pitkittäis- että poikittaissuunnassa valssaussuuntaan nähden ja jokaiselle määrittämiselle tehtiin lisäksi yksi toistokoe.



Kuva 12. BH_2 -indeksin määrittäminen: (1) jännitys, (2) venymä, (3) koessaiun veto 2%:n pysyvään venymään, (4) samalle sauvalle suoritettu vetokoe lämpökäsittelyn jälkeen. [12]



Kuva 13. Materiaalin 6. S280GD valssaussuuntaan koneistetuille sauvoille tehty vetokoe 2 %:n pysyvään venymään. Rp2-arvo on noin 350 MPa.



Kuva 14. Samoille materiaalin 6. S280GD sauvoille standardin mukaisen lämpökäsittelyn jälkeen tehty vetokoe. ReL-arvo on noin 391 MPa. Materiaalin BH2-indeksi on siis noin 41 MPa.

Standardin SFS EN 10325 mukaan vetonopeus on pidettävä vakiona kahden prosentin pysyvän venymän saavuttamiseen asti. Vetokokeissa oli sovittu käytettävän sauvakohdasta todellista kimmokerrointa vakiokimmokertoimen sijaan. Tästä syystä sauvoille ei voitu laskea etukäteen 2 %:n pysyvää venymää vastaavaa kokonaisvenymään, ja koe täytyi pysäyttää manuaalisesti 2 %:n pysyvän venymän kohdalla. Vetojen pysäyttäminen manuaalisesti standardin vaatimalla tarkkuudella ($2 \pm 0,05$ %) onnistui ainoastaan hyvin hitailla vetonopeuksilla. Vetokokeissa käytettiin nopeutta 20 MPa/s kimmoisilla

osuudella ja nopeutta 0,0015 1/s ylemmän myötörajan saavuttamisen jälkeen. Koe-
lämpötilat vaihtelivat välillä 15 °C ja 23 °C. [13]

9 Tutkimustulokset

9.1 Vetokokeiden tulokset

Liitteessä 1 on esitetty vetokokeista saadut tulokset taulukoituina materiaaleittain. Al-
tai BH2-indeksin määrittämisessä käytetyt arvot on lihavoitu. Tulokset, jotka on saatu
käyttäen optista venymäanturia ja TestXpert-ohjelmistoa, on merkitty mustalla. Tulok-
set, jotka on saatu käyttäen mekaanista venymäanturia ja TestXpert2-ohjelmistoa, on
merkitty tummansinisellä. Vetokokeet, joissa vetosauva murtui venymänmittausalueen
ulkopuolelta on merkitty punaisella, eikä niiden tuloksia huomioitu indeksien määri-
tyk-
sessä.

Liitteissä 2 – 96 on esitetty erillisten vetokokeiden tulokset ja jännitys-venymäkuvaajat.

9.2 AI- ja BH2-indeksit

Taulukossa 5 on esitetty materiaaliikohtaiset AI-indeksit ja vetokokeiden tulosten keskiarvot, joista ne on laskettu. Taulukossa 6 on esitetty materiaaliikohtaiset BH2-indeksit ja keskiarvot, joista ne on laskettu.

Taulukko 5. AI-indeksit materiaaleittain. Lyhenteet PI ja PO viittaavat valssaussuuntaan ja valssaussuunnan suhteen poikittain tehtyihin vetokokeisiin.

1. S350GD+ZA300-A				2. S220GD+ZA300-A			
	AI 0-veto	AI 30min 100 C	AI -indeksi		AI 0-veto	AI 30min 100 C	AI -indeksi
Suunta	ReL (MPa)	ReL (MPa)	(MPa)	Suunta	Rp0,2 (MPa)	Rp0,2 (MPa)	(MPa)
PI	389	394	5	PI	263	262	-1
PO	424	419	-5	PO	267	266	-1
3. DX52D+Z350-M-A/PELTISEPPÄ				4. LITEC 600CP+Z100-M-B			
	AI 0-veto	AI 30min 100 C	AI -indeksi		AI 0-veto	AI 30min 100 C	AI -indeksi
Suunta	ReL/Rp0,2	ReL (MPa)	(MPa)	Suunta	Rp0,2 (MPa)	Rp0,2 (MPa)	(MPa)
PI	210	216	6	PI	456	468	12
PO	221	210	-11	PO	456	465	9
5. LITEC 1000DP+Z100-M-B				6. S280GD+ZA200-A			
	AI 0-veto	AI 30min 100 C	AI -indeksi		AI 0-veto	AI 30min 100 C	AI -indeksi
Suunta	Rp0,2 (MPa)	Rp0,2 (MPa)	(MPa)	Suunta	ReL (MPa)	ReL (MPa)	(MPa)
PI	638	639	1	PI	335	334	-1
PO	672	648	-24	PO	357	354	-3
7. HX260LAD-Z140-B				8. LITEC 600DP+Z100-M-B			
	AI 0-veto	AI 30min 100 C	AI -indeksi		AI 0-veto	AI 30min 100 C	AI -indeksi
Suunta	Rp0,2 (MPa)			Suunta	Rp0,2 (MPa)	Rp0,2 (MPa)	(MPa)
PI	266			PI	395		
PO	291			PO	409	429	20
9. DX51D+Z275-M-A				10. S350GD+Z275-M-C			
	AI 0-veto	AI 30min 100 C	AI -indeksi		AI 0-veto	AI 30min 100 C	AI -indeksi
Suunta	ReL (MPa)	ReL (MPa)	(MPa)	Suunta	ReL (MPa)	ReL (MPa)	(MPa)
PI	273	281	8	PI	359	359	0
PO	287	293	6	PO	373	372	-1
11. HX340LAD+Z140-M-B				12. HX220D-Z140-B			
	AI 0-veto	AI 30min 100 C	AI -indeksi		AI 0-veto	AI 30min 100 C	AI -indeksi
Suunta	ReL (MPa)	ReL (MPa)	(MPa)	Suunta	ReL/Rp0,2	ReL/Rp0,2	(MPa)
PI	338	346	8	PI	258	262	4
PO	368	373	5	PO	269	267	-2

Taulukko 6. BH2-indeksit materiaaleittain.

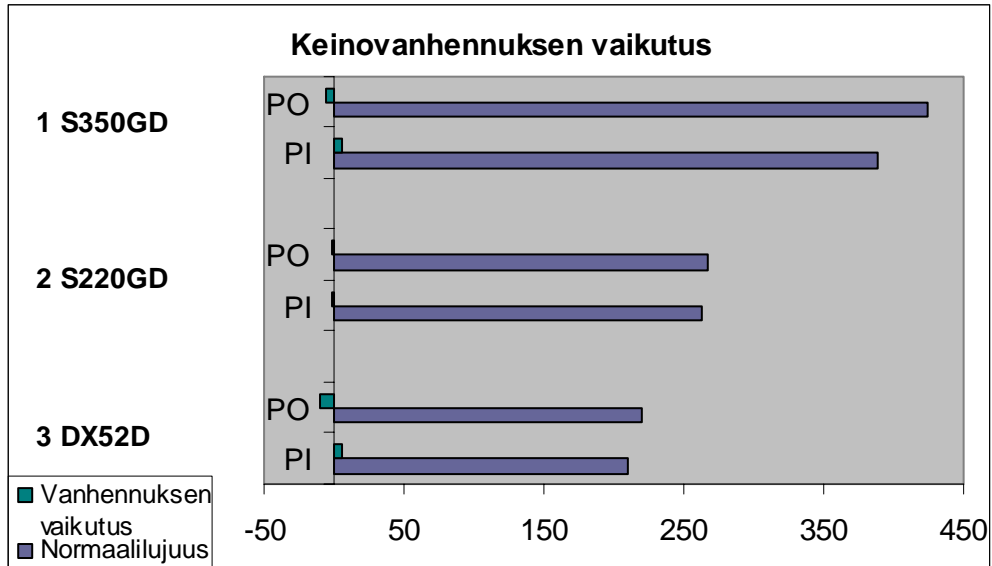
1. S350GD+ZA300-A				2. S220GD+ZA300-A			
	BH2 2% veto	BH2 loppuveto	BH2 -indeksi		BH2 2% veto	BH2 loppuveto	BH2 -indeksi
Suunta	Rm (MPa)	ReL (MPa)	(MPa)	Suunta	Rm (MPa)	ReL (MPa)	(MPa)
PI	412	465	53	PI	294	320	26
PO	431	475	44	PO	293	329	36
3. DX52D+Z350-M-A/PELTISEPPÄ				4. LITEC 600CP+Z100-M-B			
	BH2 2% veto	BH2 loppuveto	BH2 -indeksi		BH2 2% veto	BH2 loppuveto	BH2 -indeksi
Suunta	Rm (MPa)	ReL (MPa)	(MPa)	Suunta	Rm (MPa)	ReL (MPa)	(MPa)
PI	232	285	53	PI	540	589	49
PO	238	289	51	PO	548	597	49
5. LITEC 1000DP+Z100-M-B				6. S280GD+ZA200-A			
	BH2 2% veto	BH2 loppuveto	BH2 -indeksi		BH2 2% veto	BH2 loppuveto	BH2 -indeksi
Suunta	Rm (MPa)	Rp0,2 (MPa)	(MPa)	Suunta	Rm (MPa)	ReL (MPa)	(MPa)
PI	850	956	106	PI	352	392	40
PO	840	970	130	PO	365	394	29
7. HX260LAD-Z140-B				8. LITEC 600DP+Z100-M-B			
	BH2 2% veto	BH2 loppuveto	BH2 -indeksi		BH2 2% veto	BH2 loppuveto	BH2 -indeksi
Suunta	Rm (MPa)	ReL (MPa)	(MPa)	Suunta	Rm (MPa)	Rp0,2 (MPa)	(MPa)
PI	313	340	27	PI	549	606	57
PO	331	357	26	PO	573	630	57
9. DX51D+Z275-M-A				10. S350GD+Z275-M-C			
	BH2 2% veto	BH2 loppuveto	BH2 -indeksi		BH2 2% veto	BH2 loppuveto	BH2 -indeksi
Suunta	Rm (MPa)	ReL (MPa)	(MPa)	Suunta	Rm (MPa)	ReL (MPa)	(MPa)
PI	275	358	83	PI	369	430	61
PO	290	359	69	PO	382	441	59
11. HX340LAD+Z140-M-B				12. HX220D-Z140-B			
	BH2 2% veto	BH2 loppuveto	BH2 -indeksi		BH2 2% veto	BH2 loppuveto	BH2 -indeksi
Suunta	Rm (MPa)	ReL (MPa)	(MPa)	Suunta	Rm (MPa)	ReL (MPa)	(MPa)
PI	351	398	47	PI	286	325	39
PO	377	397	20	PO	292	333	41

10 Tulosten tarkastelu

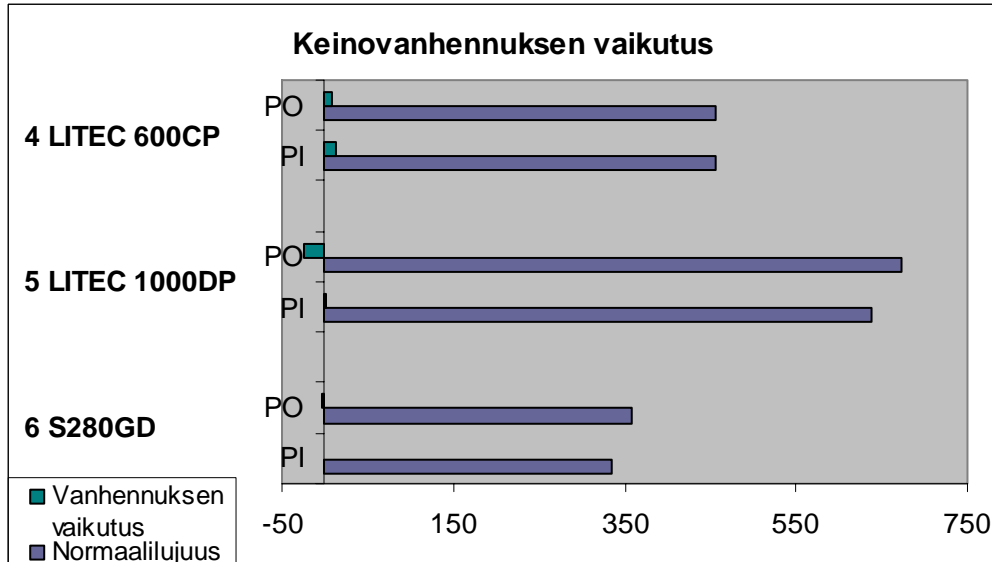
10.1 Vanhenemisalttiut

Materiaalikohtaisen vanhenemisalttiuden määrittämiseksi vertailtiin materiaaleille määritettyjä AI-indeksejä ja tutkittiin myötörajan ilmestymistä keittämällä tapahtuvan kei-
novanhennuksen seurauksena.

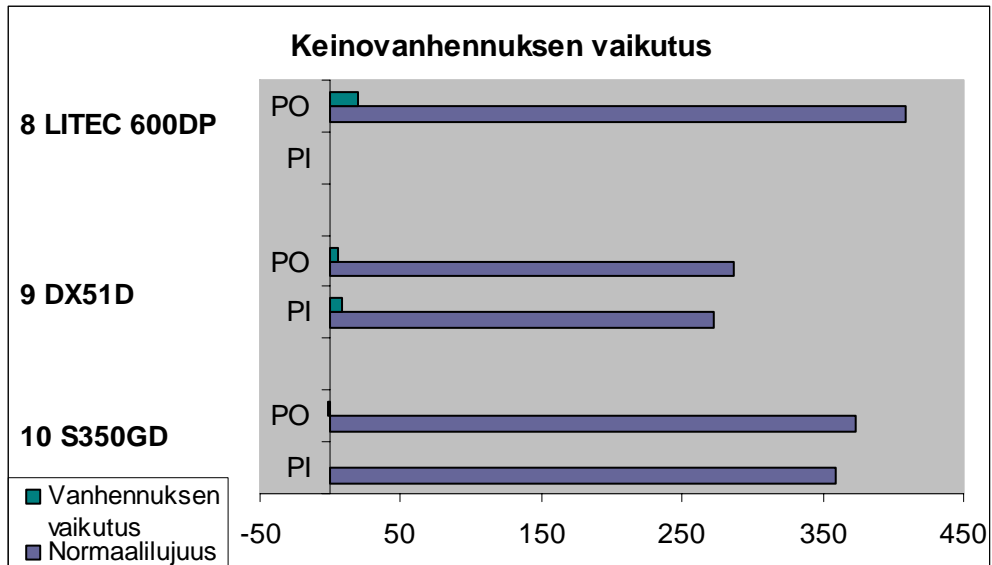
Kuvissa 15 - 18 on esitetty graafisesti AI-indeksi eli keinovanhennuksen vaikutus koe-
materiaalien myötölujuuteen. Normaalilujuus tarkoittaa keinovanhentamattomien koe-
sauvojen lujuutta.



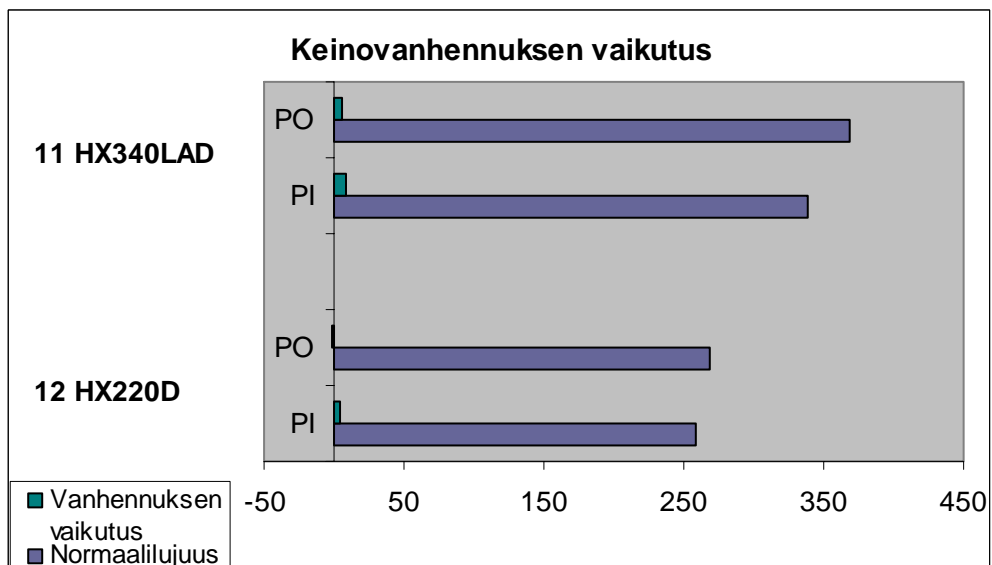
Kuva 15. Keinovanhennuksen vaikutus materiaaleihin 1 S350GD+ZA300-A, 2 S220GD+ZA300-A ja 3 DX52D+Z350-M-A/PELTISEPPÄ.



Kuva 16. Keinovanhennuksen vaikutus materiaaleihin 4 LITEC 600CP+Z100-M-B, 5 LITEC 1000DP+Z100-M-B ja 6 S280GD+ZA200-A.



Kuva 17. Keinovanhennuksen vaikutus materiaaleihin 8 LITEC 600DP+Z100-M-B, 9 DX51D+Z275-M-A ja 10 S350GD+Z275-M-C.



Kuva 18. Keinovanhennuksen vaikutus materiaaleihin 11 HX340LAD+Z140-M-B ja 12 HX220D-Z100-B.

Tulosten perusteella materiaalit 4 LITEC 600CP, 9 DX51D, 11 HX340LAD ja 5 LITEC 600DP lujittuivat hieman keinovanhennuksen seurauksena. Jokainen AI-indeksin määrittämisessä käytetty tulos on kahdelle sauvalle tehtyjen kokeiden keskiarvo, mikä vähentää yksittäisten poikkeavien tulosten vaikutusta laskettuihin AI-indekseihin. Toistokokeille laskettiin keskihajonnat, joista kokonaisarvion saamiseksi laskettiin yhdistetty keskihajonta. TestXpert-ohjelmalla ja optisella venymänmittauksella saatujen tulosten yhdistetty keskihajonta on 6,78 MPa. Materiaalin 5 LITEC 1000DP tulosten yhdistetty

keskihajonta on huomattavasti muita korkeampi, 15,39 MPa. Mikäli kyseisiä tuloksia ei huomioida, TestXpert-ohjelmaa ja optista venymän mittausta käyttäen saatujen tulosten yhdistetty keskihajonta tippuu 6,78 MPa:sta 3,36 MPa:iin. TestXpert2-ohjelmalla ja mekaanisella venymänmittauksella saatujen tulosten yhdistetty keskihajonta on 2,97 MPa. Kaikkien koetulosten yhdistetty keskihajonta on 5,48 MPa. Kaiken kaikkiaan toistettavuus on hyvä. Hyvin luotettavien tulosten saamiseksi ja mittausepätarkeyksien vaikutusten vähentämiseksi olisi kuitenkin tarvittu enemmän toistomittauksia. Keskimäärin yli 6 MPa:n muutoksia voidaan pitää merkittävänä, mutta on huomioitava, että lujempien materiaalien kohdalla hajonta on luonnollisesti suurempaa.

Materiaali 8 LITEC 600DP on lujittunut merkittävästi poikittaissuunnassa, mutta tulosta ei voida pitää yhtä luotettavana kuin muille materiaaleille saatuja tuloksia, koska AI-indeksiä ei saatu määritettyä pituussuunnassa. Yleensä ottaen vanheneminen on voimakkaampaa pituussuunnassa, joten on mahdollista, että myös 8 LITEC 600DP lujittuu vielä voimakkaammin pituussuunnassa. Koska toinen samantapainen materiaali 4 LITEC 600CP on myös lujittunut keinovanhentamisen tuloksena, voidaan olettaa että 8 LITEC 600DP lujittuu merkittävästi myös pituussuunnassa.

Vertailtaessa materiaaleille vanhenemiskokeissa saatuja jännitys-venymäkuvaajia (kts. liitteet 2 - 96) huomattiin, että yhteenkään koemateriaaleista ei ilmestynyt korostunutta myötörajaa keinovanhennuksen seurauksena. Myötöraja korostui hieman muutamissa materiaaleissa, joissa oli jo ennen keinovanhennusta jonkinlainen myötöraja.

Voimakkaimmat muutokset tapahtuivat materiaalien 3 DX52D ja 9 DX51D jännitys-venymäkuvaajien myötöalueella. Materiaalien myötöalue piteni ja myötöraja korostui. Vähiten muutoksia tapahtui materiaalien 4 LITEC 600CP, 5 LITEC 1000DP, 10 S350GD, ja 12 HX220D jännitys-venymäkuvaajien myötöalueella.

Kaiken kaikkiaan keinovanhennus vaikutti eniten materiaaleihin 9 DX51D ja 11 HX340LAD. Nämä materiaalit lujittuivat keinovanhennuksen seurauksena, minkä lisäksi niiden myötöraja korostui hieman.

Keittämättömille sauvoille saatuja tuloksia verrattiin Ruukki Metals Oy:n saamiin tuloksiin, jotka on saatu vastavalmistuneille sauvoille. Vertailun avulla selvitettiin, onko sau-

voissa tapahtunut vanhenemista kokeita edeltäneen säilytyksen aikana. Vertailu on esitetty taulukossa 7. Ruukilla vetokokeet tehdään heti ohutlevykelojen valmistumisen jälkeen. Mikäli kokeiden Rp0,2-arvot ovat huomattavasti Ruukin arvoja korkeammat, voidaan katsoa, että vanhenemista on tapahtunut jo ennen kokeiden suorittamista. Samoin huomattava lasku A80-arvoissa ja korostuneen myötörajan ilmestyminen kertovat vanhenemisestä. Aivan kaikille tuloksille ei vertailua voitu tehdä, koska vastaavia tuloksia ei saatu Ruukilta. Materiaalin 8 LITEC 600DP kokeiden poikkittäissuuntaisia tuloksia verrattiin Ruukin pitkittäissuuntaisiin, koska tämä oli ainoa mahdollisuus vertailla kyseisen materiaalin tuloksia.

Taulukko 7. Kokeissa keinovanhentamattomille sauvoille saatujen tulosten vertailu Ruukki Metals Oy:n saamiin tuloksiin. Kohta "myötör." kertoo, ilmeneekö materiaalin jännitysvenymäkuvaajassa korostunut myötöraja.

Materiaali	Suunta	Koetulokset			Ruukin tulokset		
		Rp0,2	A80	Myötör.	Rp0,2	A80	Myötör.
1. S350GD+ZA300-A	PI	397	26	kyllä	388	27	ei
2. S220GD+ZA300-A	PI	263	33	ei	253	34	ei
3. DX52D+Z350-M-A/PELTIS.	PI	214	36	kyllä	218	36	ei
	PO	221	37	ei	228	36	ei
4. LITEC 600CP+Z100-M-B	PI	457	15	ei	455	21	ei
	PO	456	14	ei	445	22	ei
5. LITEC 1000DP+Z100-M-B	PI	638	13	ei	626	14	ei
	PO	672	9	ei	666	13	ei
6. S280GD+ZA200-A	PI	335	12	kyllä	334	29	ei
7. HX260LAD-Z140-B	PI	267	31	ei	269	30	ei
	PO	291	30	ei	284	31	ei
8. LITEC 600DP+Z100-M-B	PI	395	20	ei	400	21	ei
9. DX51D+Z275-M-A	PO	287	33	kyllä	316	33	kyllä
10. S350GD+Z275-M-C	PI	360	27	kyllä	363	29	ei
11. HX340LAD+Z140-M-B	PI	339	28	kyllä	348	29	ei
	PO	370	28	kyllä	381	28	kyllä
12. HX220D-Z100-B	PI	260	34	kyllä	254	35	ei
	PO	269	35	ei	267	35	ei

Rp0,2- ja A80-arvojen vertailun perusteella kokeita edeltävää vanhenemista on todennäköisesti tapahtunut materiaaleissa 1 S350GD, 2 S220GD, 4 LITEC 600CP, 5 LITEC 1000DP ja 6 S280GD. Vertailun tulokset ovat yllättäviä, koska taulukosta 4 huomataan kyseisten materiaalien koetta edeltävien säilytysaikojen olleen lyhyemmästä päästä. Tuloksiin voi vaikuttaa se, että pidempään säilytettyjen materiaalien vetokokeet suoritettiin uudemmalla TestXpert2-ohjelmistolla ja käyttäen mekaanista venymänmittausta. Varsinkin venymien vaihtelut ovat kuitenkin melko suuria, joten on epätodennäköistä,

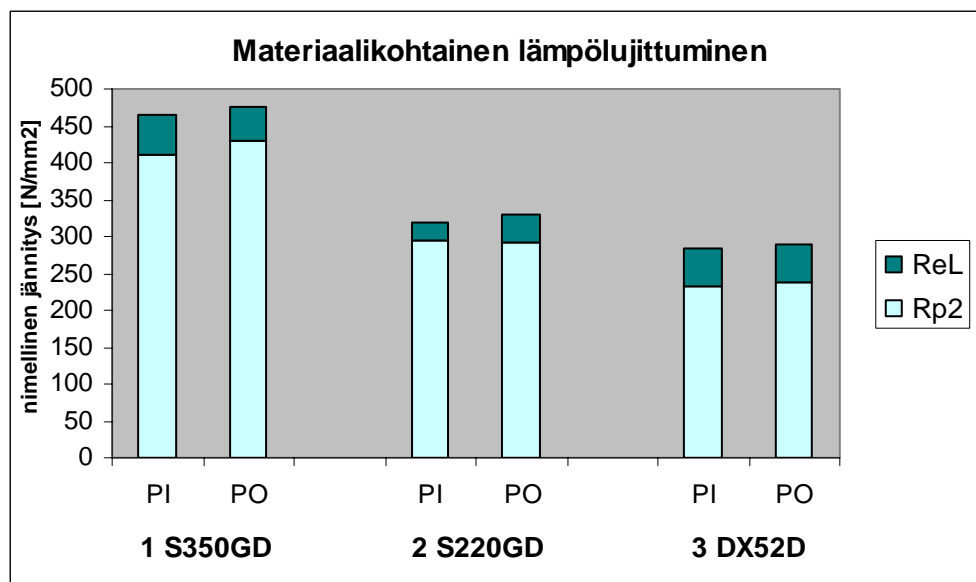
että pelkästään muutokset laitteistossa olisivat aiheuttaneet niin suuria muutoksia. Todennäköisin johtopäätös on, että monifaasiteräkset ja rakenneteräkset ovat keskimäärin muita koemateriaaleja alttiimpia myötövanhenemiselle. Korostuneen myötörajan ilmaantumisen perusteella kokeita edeltävää vanhenemista on tapahtunut materiaaleissa 1 S350GD, 3 DX52D, 6 S280GD, 10 S350GD, 11 HX340LAD ja 12 HX220D. Tuloksia vertailtaessa on huomioitava, että mihinkään materiaaliin ei ole säilytyksen aikana ilmestynyt korostunutta myötörajaa sekä pitkittäis- että poikittaissuunnassa.

Tarkastelun perusteella ainoastaan materiaalit 8 LITEC 600DP ja 9 DX51D ovat välttyneet kokeita edeltävältä vanhenemiselta.

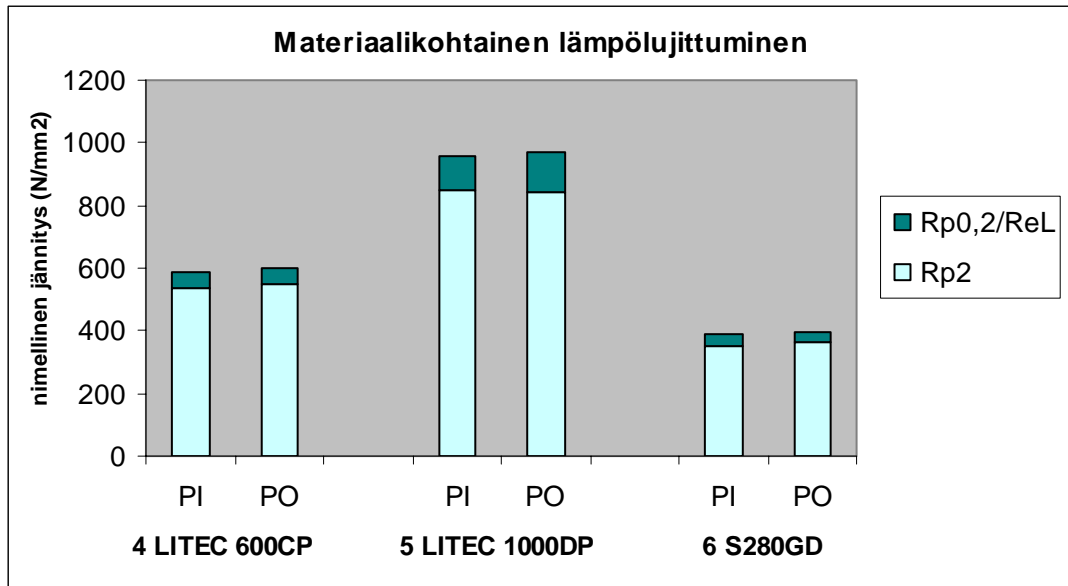
10.2 Lämpölujuutumiskyky

Tässä työssä lämpölujuutumiskäyttöön soveltuvan teräksen lämpölujuutumisen seurauksena tapahtuvan lujuuden lisäyksen alarajaksi määritettiin 35 MPa.

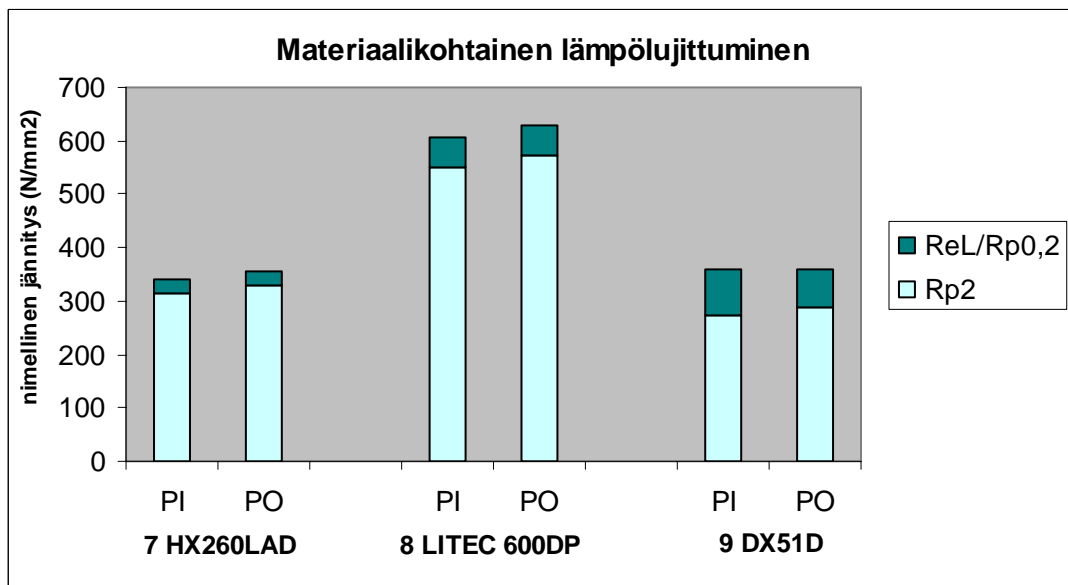
Kuvissa 18 - 21 on esitetty graafisesti lämpölujuutumisen seurauksena tapahtunut lujuuden kasvu materiaaleittain.



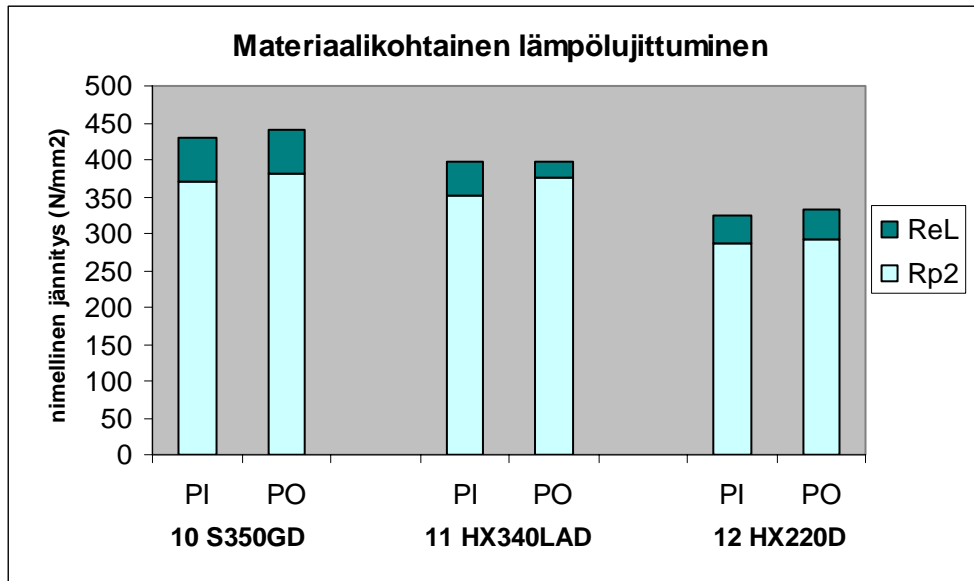
Kuva 18. Materiaalien 1 S350GD+ZA300-A, 2 S220GD+ZA300-A ja 3 DX52D+Z350-M-A/PELTISEPPÄ lämpölujuutuminen.



Kuva 19. Materiaalien 4 LITEC 600CP+Z100-M-B, 5 LITEC 1000DP+Z100-M-B ja 6 S280GD+ZA200-A lämpölujittuminen.



Kuva 20. Materiaalien 7 HX260LAD-Z140-B, 8 LITEC 600DP+Z100-M-B ja 9 DX51D+Z275-M-A lämpölujittuminen.



Kuva 21. Materiaalien 10 S350GD+Z275-M-C, 11 HX340LAD+Z140-M-B ja 12 HX220D-Z100-B lämpölujittuminen.

Tulosten perusteella lämpölujittumiskäyttöön soveltuvina teräksinä voidaan pitää materiaaleja 5 LITEC 1000DP (118 MPa), 9 DX51D (76 MPa), 10 S350GD (60 MPa), 8 LITEC 600DP (57 MPa), 3 DX52D (52 MPa), 4 LITEC 600CP (49 MPa), 1 S350GD (49 MPa) ja 12 HX220D (40 MPa). Materiaalit on lueteltu järjestyksessä eniten lujittuneesta vähiten lujittuneeseen. Materiaalin nimen perään on merkitty pitkittäis- ja poikittaissuunnassa saatujen BH2-indeksien keskiarvo.

11 Johtopäätökset

Koemateriaalit voidaan jakaa kolmeen lujuusluokkaan koetulosten ja niiden standardin SFS EN 10346 mukaisten lujuusominaisuuksien perusteella (kts. taulukko 3).

Matalimman lujuuden luokkaan kuuluvat 2 S220GD, 3 DX52D, 7 HX260LAD, 9 DX51D ja 12 HX220D. Keskiluokkaan kuuluvat 1 S350GD, 6 S280GD, 10 S350GD ja 11 HX340LAD. Kolmanteen luokkaan kuuluvat lujat monifaasiteräkset 4 LITEC 600CP, 5 LITEC 1000DP ja 8 LITEC 600DP.

Työssä kerättyjen tietojen perusteella matalimman lujuuden teräksistä materiaalilla 12 HX220D on vähiten taipumusta myötövanhenemiseen. Keskiluokan teräksistä vähiten taipumusta myötövanhenemiseen on materiaalilla 10 S350GD. Lujista monifaasiteräk-

sistä vähiten myötövanhenemistä vaikuttaa tapahtuvan materiaalissa 5 LITEC 1000DP. Eroa on vaikea tehdä, koska kaikilla kokeissa mukana olleista lujista monifaasiteräksistä on selvästi taipumusta myötövanhenemiseen.

Matalan lujuusluokan teräksistä selvästi suurin BH2-indeksi on materiaalilla 9 DX51D. Keskiluokan teräksistä suurin BH2-indeksi on materiaalilla 10 S350GD. Lujista monifaasiteräksistä selvästi eniten lämpölujittui materiaali 5 LITEC 1000DP, joka lujuus on myös huomattavasti suurempi kuin saman luokan kahdella muulla materiaalilla.

Lähteet

- 1 Kai Laitinen. Metallioppi. Pintakäsittely- ja materiaalitekniikan koulutusohjelman julkaisu. Espoon – Vantaan teknillinen ammattikorkeakoulu. Vuosi 2007.
- 2 Veikko Lindroos, Martti Sulonen & Mauri Veistinen. Uudistettu Miek-ojan metallioppi. 1986. Keuruu: Otava.
- 3 Seppo Kivivuori & Seppo Härkönen. Lämpökäsittelyoppi. 2009. Tampere: Esa Print Oy.
- 4 Ari Minkkinen. Sähköpostiviesti insinööriyön tekijälle. Ruukki Metals Oy. 24.5.2011.
- 5 Steel University. <<http://www.steeluniversity.org/content/html/eng/3200-0100.htm>> Luettu 29.5.2011.
- 6 Mitsumasa Kurosawa, Susumu Satoh, Takashi Obara & Kozo Tsunoyama. Age-Hardening Behaviour and Dent Resistance of Extra Deep-Drawable High Strength Steel. Kawasaki Steel technical report. No. 18 May 1988.
- 7 Murari F. D., Fuzessy de Melo T. M. & Gonzalez B. M. 2011. Strain aging behaviour of cold rolled multiphase steel. Materials Science and Technology Vol 27 No 4 / 2011.
- 8 Bake hardening steels. Verkkodokumentti. Arcelor Mittal. 26.8.2010. <http://www.arcelormittal.com/automotive/products/europe/sheets/catalogue.pl?id_sheet=G&header=&language=EN> Luettu 31.5.2011.
- 9 Advanced high strength steel (AHSS) application guidelines, version 4.1. Pdf-tiedosto. Kesäkuu 2009. World Auto Steel. Luettu 30.5.2011.
- 10 Martti Järvenpää, Esko Hakamäki & Tuomas Vaskuri. Metallipinnoitetut teräkset. Pdf-tiedosto. Rautaruukki Oyj. <[http://www3.ruukki.com/www/materials.nsf/4604F085CE42D498C22575DF0042903C/\\$file/Metallipinnoitetut%20erikoistuotteet%20FI%20vs%204.pdf?OpenElement](http://www3.ruukki.com/www/materials.nsf/4604F085CE42D498C22575DF0042903C/$file/Metallipinnoitetut%20erikoistuotteet%20FI%20vs%204.pdf?OpenElement)>. Luettu 29.5.2011.
- 11 Hannu Outinen, Tapio Salmi & Juhani Koski. Lujuusopin perusteet. 2003. Tampere: Klingendahl paino Oy.
- 12 Jukka Aalto. Lujuusopin peruskäsitteitä, versio 2002. Pdf-tiedosto. TKK. <<http://www.tkk.fi/Yksikot/Rakenteidenmekaniikka/henk/aalto/materiaalia/lujp.pdf>> Luettu 2.10.2011.

- 13 SFS EN 10325, Lämpölujuutumisen johdosta kasvaneen myötörajan määrittäminen. Standardi. 22.1.2007. Suomen standardisoimisliitto.
- 14 SFS EN 10346, Jatkuvatoimisella kuumaupotusmenetelmällä pinnoitetut ohutlevyteräket, tekniset toimitusehdot. Standardi. 22.6.2009. Suomen standardisoimisliitto.
- 15 Metallipinnoitetut ohutlevyteräket. Tuotetietoja. Ruukki Metals Oy.
<<http://www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Terastuotteet/Metallipinnoitetut-terasohtlevyt>> Luettu 12.10.2011.
- 16 SFS EN 10002-1, Metallien vetokoe osa 1: vetokoe huoneenlämpötilassa. Standardi. 11.2.2002. Suomen standardisoimisliitto.

Vetokokeiden tulokset

AI- tai BH2-indeksin määrittämisessä käytetyt arvot on lihavoitu. Tulokset, jotka on saatu käyttäen optista venymäanturia ja TestXpert-ohjelmistoa, on merkitty mustalla. Tulokset, jotka on saatu käyttäen mekaanista venymäanturia ja TestXpert2-ohjelmistoa, on merkitty tummansinisellä. Vetokokeet, joissa vetosauva murtui venymänmittausalueen ulkopuolelta, on merkitty punaisella, eikä niiden tuloksia huomioitu indeksien määrittämisessä

Vetokokeiden tulokset materiaalille 1 S350GD+ZA300-A.

S350GD+ZA300-A (RR443001)								
AI 0-veto								
Suunta	ReH (MPa)	ReL (MPa)	Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A80 (%)	Ag (%)	T (C)	pvm
PI	400	391	399	484	25,4	16,8	17	10.2.
PI	395	387	394	479	25,5	16,8	17	10.2.
PO	427	421	427	487	27,1	16,5	16	15.2.
PO	438	427	434	494	26,0	16,7	16	15.2.
AI 30min 100 C								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	405	394	403	491	23,7	15,3	16	1.3.
PI	405	395	402	491	23,9	15,4	16	1.3.
PO	428	419	427	494	24,7	14,8	16	1.3.
PO	425	419	425	492	24,0	14,6	16	1.3.
BH2 2% veto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	400	393	400	412		2,03	17	11.2.
PI	400	392	400	411		2,00 0,22	17	11.2.
PO	430	393	430	432		(2,05) 0,18	15	17.2.
PO	429	392	428	429		(2,05)	15	17.2.
BH2 loppuveto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	478	469	481	507	19,2	10,7	20	9.3.
PI	471	460	476	502	19,3	10,8	20	9.3.
PO	477	474	476	509	21,1	9,1	20	9.3.
PO	498	475	499	509	18,8	9,0	20	9.3.

Vetokokeiden tulokset materiaalille 2 S220GD-ZA300-A.

S220GD+ZA300-A (RR42001)								
AI 0-veto								
Suunta	ReH (MPa)	ReL (MPa)	Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A80 (%)	Ag (%)	T (C)	pvm
PI		271	260	364	33,2	20,9	17	10.2.
PI		272	265	365	33,5	20,2	17	10.2.
PO		317	267	365	34,8	20,7	16	15.2.
PO		317	267	369	34,9	20,9	16	15.2.
AI 30min 100 C								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI		271,8	260	365	32,2	19,3	16	1.3.
PI		270,9	263	364	32,5	19,7	16	1.3.
PO		273,7	262	368	31,6	19,2	16	1.3.
PO	273	268,4	270	368	34,2	19,0	16	1.3.
BH2 2% veto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI		276	271	299		2,01	17	11.2.
PI		258	264	290		1,99	17	11.2.
PO		272	266	292		2,02	15	17.2.
PO		270	274	294		1,99	15	17.2.
BH2 loppuveto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	347	320	340	378	26,2	13,9	18	4.3.
PI	334	320	324	375	26,2	13,9	18	4.3.
PO	339	327	342	377	27,8	12,5	18	4.3.
PO	346	332	346	381	27,7	13,6	18	4.3.

Vetokokeiden tulokset materiaalille 3 DX52D+Z350-M-A/PELTISEPPÄ.

DX52D+Z350-M-A/PELTISEPPÄ (RR3430)								
AI 0-veto								
Suunta	ReH (MPa)	ReL (MPa)	Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A80 (%)	Ag (%)	T (C)	pvm
PI	217	210	214	311	36,1	23,5	17	8.2.
PI	215	209	213	310	35,1	21,4	17	8.2.
PO	237	232	221	319	37,2	24,5	16	15.2.
PO	236	231	220	319	36,5	23,5	16	15.2.
AI 30min 100 C								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	227	219	221	317	33,7	21,7	15	1.3.
PI	220	214	218	313	37,0	18,2	15	1.3.
PO	211	210	211	314	35,1	19,1	15	1.3.
PO	212	210	212	313	35,6	19,4	15	1.3.
BH2 2% veto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	207	202	213	232		2,05	17	8.2.
PI	207	209	205	232		2,05	17	8.2.
PO			209	238		2,01	15	17.2.
PO			209	238		1,98	15	17.2.
BH2 loppuveto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	290	284	284	329	26,1	13,3	20	9.3.
PI	289	285	289	331	25,0	12,0	20	9.3.
PO	305	289	303	333	28,5	12,5	20	9.3.
PO	298	288	298	331	27,8	12,9	20	9.3.

Vetokokeiden tulokset materiaalille 4 LITEC 600CP+Z100-M-B.

LITEC 600CP+Z100-M-B (RR7340)								
AI 0-veto								
Suunta	ReH (MPa)	ReL (MPa)	Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A80 (%)	Ag (%)	T (C)	pvm
PI		495	451	630	20,8	14,3	17	10.2.
PI		498	462	630	20,8	14,8	17	10.2.
PO			452	640	21,2	14,1	16	15.2.
PO			459	640	21,8	14,6	16	15.2.
AI 30min 100 C								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI			468	633	21,2	13,8	15	23.2.
PI			468	637	21,1	13,7	15	23.2.
PO			466	641	21,7	13,7	15	23.2.
PO			464	644	21,0	14,2	15	23.2.
BH2 2% veto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI			455	540		1,97	17	11.2.
PI			452	539		2,00	17	11.2.
PO			448	548		2,03	15	17.2.
PO			455	548		2,00	15	17.2.
BH2 loppuveto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	596	591	596	647	17,1	10,2	21	11.4.
PI	590	586	589	641	17,1	9,8	21	11.4.
PO	605	599	605	651	17,0	8,8	21	11.4.
PO	605	596	601	652	17,5	10,0	21	11.4.

Vetokokeiden tulokset materiaalille 5 LITEC 1000DP+Z100-M-B.

LITEC 1000DP+Z100-M-B (RR6480)								
AI 0-veto								
Suunta	ReH (MPa)	ReL (MPa)	Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A80 (%)	Ag (%)	T (C)	pvm
PI			650	981	8,7	12,1	17	10.2.
PI			626	971	9,0	13,3	17	10.2.
PO			670	1001	12,9	9,2	16	15.2.
PO			674	995	12,2	8,8	16	15.2.
AI 30min 100 C								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI			626	967	12,0	8,6	15	23.2.
PI			652	996	12,7	8,8	15	23.2.
PO			641	972	13,4	9,6	15	23.2.
PO			654	974	12,7	9,1	15	23.2.
BH2 2% veto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI			622	831		1,96	17	11.2.
PI			641	870		2,01	17	11.2.
PO			642	833		1,99	15	17.2.
PO			656	847		1,98	15	17.2.
BH2 loppuveto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI			944	982	9,1	5,1	21	11.4.
PI			968	1022	8,7	4,7	21	11.4.
PO			966	999	7,9	4,3	21	11.4.
PO			975	1018	8,3	4,8	21	11.4.

Vetokokeiden tulokset materiaalille 6 S280GD+ZA200-A.

S280GD+ZA200-A (RP8520)								
AI 0-veto								
Suunta	ReH (MPa)	ReL (MPa)	Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A80 (%)	Ag (%)	T (C)	pvm
PI	337	335	337	421	11,6	27,2	17	10.2.
PI	337	334	337	421	11,9	27,7	17	10.2.
PO	368	354	368	421	29,4	17,9	16	15.2.
PO	370	360	369	426	28,2	17,3	16	15.2.
AI 30min 100 C								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	341	333	341	419	28,1	18,2	15	23.2.
PI	343	334	343	419	27,8	17,9	15	23.2.
PO	362	353	362	421	29,1	18,1	15	23.2.
PO	368	356	367	423	27,6	17,5	15	23.2.
BH2 2% veto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	324	333	342	352		2,01	17	11.2.
PI	340	332	340	351		2,00 0,4	17	11.2.
PO	366	359	365	367		(2,02) 0,4	15	17.2.
PO	363	357	359	363		(2,01)	15	17.2.
BH2 loppuveto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	400	392	398	426	23,6	12,3	18	4.3.
PI	397	391	398	425	22,9	12,7	18	4.3.
PO	398	392	396	431	25,0	11,3	18	4.3.
PO	397	397	393	430	23,0	12,3	18	4.3.

Vetokokeiden tulokset materiaalille 7 HX260LAD-Z140-B.

HX260LAD-Z140-B (R51890)								
AI 0-veto								
Suunta	ReH (MPa)	ReL (MPa)	Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A80 (%)	Ag (%)	T (C)	pvm
PI			272	373	30,7	18,0	20	18.4.
PI			261	375	30,3	18,4	20	13.4.
PO			291	382	30,2	17,4	20	13.4.
PO			291	382	29,6	17,5	20	13.4.
AI 30min 100 C								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI								
PI								
PO								
PO								
BH2 2% veto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI			217	313		2,04	22	20.9.
PI			270	313		2,02	22	20.9.
PO			294	331		2,02	22	20.9.
PO			294	330		2,02	22	20.9.
BH2 loppuveto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	348	340	344	387	26,7	13,8	22	27.9.
PI	347	340	344	387	27,4	14,9	22	27.9.
PO	365	357	360	398	28,1	13,6	22	27.9.
PO	364	357	359	397	26,7	12,7	22	27.9.

Vetokokeiden tulokset materiaalille 8 LITEC 600DP+Z100-M-B.

LITEC 600DP+Z100-M-B (R59120)								
AI 0-veto								
Suunta	ReH (MPa)	ReL (MPa)	Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A80 (%)	Ag (%)	T (C)	pvm
PI			398	695	20,4	14,2	20	13.4.
PI			391	694	21,2	14,5	20	13.4.
PO			403	698	20,2	14,2	20	13.4.
PO			415	701	19,7	13,7	20	13.4.
AI 30min 100 C								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI								
PI								
PO			428	712	21,8	14,4	23	7.9.
PO			429	710	21,5	13,8	23	7.9.
BH2 2% veto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI			406	555		2,03	22	20.9.
PI			395	543		2,02	22	20.9.
PO			423	570		2,02	22	20.9.
PO			427	576		2,02	22	20.9.
BH2 loppuveto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI			608	723	17,3	10,4	21	22.9.
PI			604	715	16,8	10,4	21	22.9.
PO			627	739	18,0	10,2	21	22.9.
PO			632	744	17,7	10,4	21	22.9.

Vetokokeiden tulokset materiaalille 9 DX51D+Z275-M-A.

DX51D+Z275-M-A (R58100)								
AI 0-veto								
Suunta	ReH (MPa)	ReL (MPa)	Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A80 (%)	Ag (%)	T (C)	pvm
PI	277	271	278	346	33,2	22,9	22	13.9.
PI	282	275	281	348	32,2	21,0	22	13.9.
PO	303	286	303	342	32,7	22,0	22	13.9.
PO	301	288	301	343	33,1	22,1	22	13.9.
AI 30min 100 C								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	295	280	285	358	29,8	18,7	23	7.9.
PI	294	281	284	358	28,9	19,6	23	7.9.
PO	299	294	298	357	29,5	18,9	23	7.9.
PO	295	292	292	354	29,5	18,3	23	7.9.
BH2 2% veto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	277	269	278	273		2,03	22	19.9.
PI	280	272	278	276		2,03	22	19.9.
PO	298	288	298	290		2,02	22	19.9.
PO	304	289	304	290		2,05	22	19.9.
BH2 loppuveto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	375	350	368	396	14,1	11,3	22	27.9.
PI	377	358	368	398	23,3	12,3	22	27.9.
PO	380	350	384	382	16,3	9,5	22	27.9.
PO	379	368	377	395	19,8	11,5	22	27.9.

Vetokokeiden tulokset materiaalille 10 S350GD+Z275-M-C.

S350GD+Z275-M-C (R92091)								
AI 0-veto								
Suunta	ReH (MPa)	ReL (MPa)	Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A80 (%)	Ag (%)	T (C)	pvm
PI	362	358	359	447	27,6	18,0	22	9.9.
PI	364	359	361	448	27,2	18,0	22	9.9.
PO	373	372	373	449	28,1	18,4	22	9.9.
PO	381	374	378	450	27,4	16,4	22	9.9.
AI 30min 100 C								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	364	357	361	451	24,9	16,2	23	7.9.
PI	365	360	365	454	25,8	16,4	23	7.9.
PO	373	372	373	457	25,9	16,3	23	7.9.
PO	371	371	372	456	25,9	17,0	23	7.9.
BH2 2% veto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	364	359	360	369		2,02	22	19.9.
PI	363	358	362	369		2,02	22	19.9.
PO	379	376	377	379		2,07	22	19.9.
PO	376	374	374	384		2,05	22	19.9.
BH2 loppuveto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	440	432	439	474	21,1	10,5	21	22.9.
PI	446	428	439	475	20,6	10,9	21	22.9.
PO	468	441	443	476	22,1	10,4	21	22.9.
PO	447	434	447	481	16,3	10,2	21	22.9.

Vetokokeiden tulokset materiaalille 11 HX340LAD+Z140-M-B.

HX340LAD+Z140-M-B (R97620)								
AI 0-veto								
Suunta	ReH (MPa)	ReL (MPa)	Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A80 (%)	Ag (%)	T (C)	pvm
PI	340	337	339	417	27,9	17,7	22	9.9.
PI	340	338	339	417	27,6	17,4	22	9.9.
PO	374	367	370	422	27,7	16,9	22	9.9.
PO	373	368	371	422	27,8	16,8	22	9.9.
AI 30min 100 C								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	350	345	349	421	26,4	16,8	23	6.9.
PI	351	347	350	420	27,5	17,8	24	6.9.
PO	379	371	375	426	26,7	15,9	25	6.9.
PO	382	375	381	427	27,3	16,0	26	6.9.
BH2 2% veto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	342	339	342	351		2,02	22	19.9.
PI	342	340	342	351		2,01	22	19.9.
PO	380	374	379	379		2,06	22	15.9.
PO	383	373	373	375		2,05	22	15.9.
BH2 loppuveto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	405	398	406	432	22,5	11,6	22	27.9.
PI	404	398	404	431	22,6	11,7	22	27.9.
PO	404	397	404	436	20,0	10,3	22	27.9.
PO	430	397	410	439	18,4	10,2	22	27.9.

Vetokokeiden tulokset materiaalille 12 HX220D-Z140-B.

HX220D-Z140-B (R87310)								
AI 0-veto								
Suunta	ReH (MPa)	ReL (MPa)	Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A80 (%)	Ag (%)	T (C)	pvm
PI	261	259	261	358	34,0	21,1	22	13.9.
PI	259	257	258	357	34,3	21,1	22	13.9.
PO	269	268	269	357	36,1	21,0	22	13.9.
PO	269	269	269	357	34,6	20,9	22	13.9.
AI 30min 100 C								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	264	262	264	361	33,5	21,1	23	6.9.
PI	264	262	264	360	33,5	20,2	24	6.9.
PO	269	268	267	362	34,3	20,2	25	6.9.
PO	268	267	266	359	33,2	19,5	26	6.9.
BH2 2% veto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	262	260	262	285		2,02	15.9.	22
PI	262	260	261	286		2,04	15.9.	22
PO	272	270	271	292		2,04	15.9.	22
PO	269	268	268	292		2,03	15.9.	22
BH2 loppuveto								
Suunta	ReH	ReL	Rp0,2	Rm	A80	Ag	T	pvm
PI	334	324	331	374	27,6	14,4	21	22.9.
PI	334	326	334	374	27,8	14,8	21	22.9.
PO	339	332	337	374	27,8	13,1	21	22.9.
PO	339	334	340	375	28,0	12,4	21	22.9.

S350GD+ZA300-A, AI 0-veto PI



Simple standard protocol

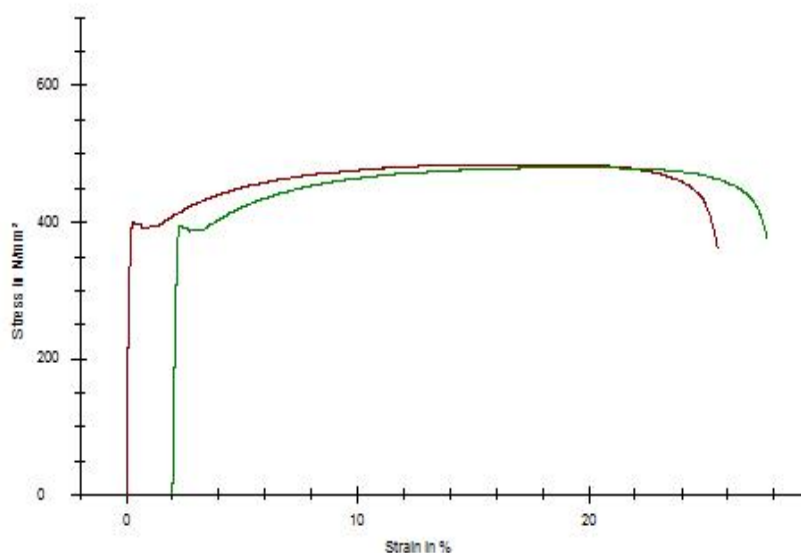
03

S350GD+ZA300-A; RR4430; AI 0-veto PI

Results:

	E-Modulus	Rp 0.2	Rp x	ReH	Rm	A80	Tasavennymä
Nr	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
1	218181,81	398,61	411,97	400,40	484,41	25,42	16,76
2	168063,28	394,14	407,75	395,27	479,54	25,51	16,83

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus	Rp 0.2	Rp x	ReH	Rm	A80	Tasavennymä
n = 2	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
x	193122,54	396,37	409,86	397,83	481,98	25,46	16,80
s	35439,15	3,16	2,98	3,63	3,44	0,06	0,05
v	18,35	0,80	0,73	0,91	0,71	0,24	0,29

S350GD+ZA300-A, AI 0-veto PO



Simple standard protocol

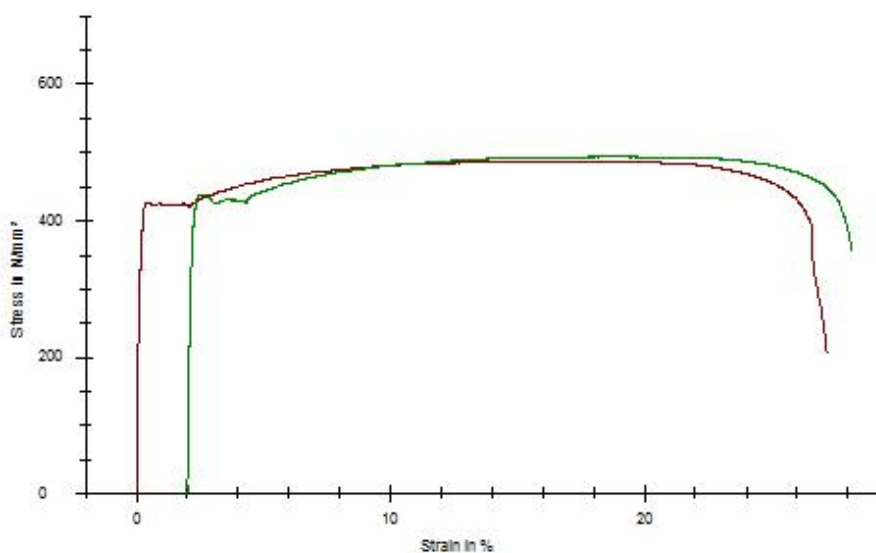
03

S350GD+ZA300-A; RR4430; AI 0-veto PO

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	205714,27	426,74	422,57	426,97	487,47	27,12	16,54
2	216000,01	433,82	428,80	437,68	493,85	25,98	16,66

Series graphics:



Statistics:

n = 2	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
x	210857,14	430,28	425,68	432,32	490,66	26,55	16,60
s	7273,11	5,01	4,41	7,57	4,51	0,81	0,08
v	3,45	1,16	1,04	1,75	0,92	3,04	0,51

S350GD+ZA300-A, AI 30min100C PI



Simple standard protocol

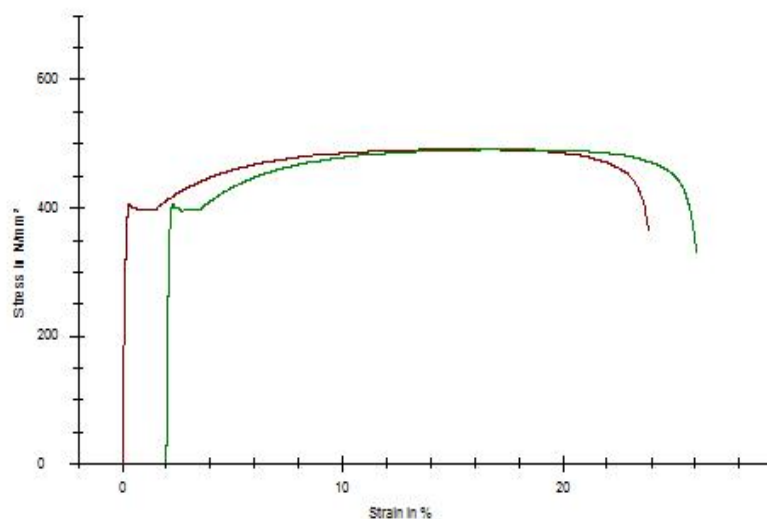
03.10.2011

S350GD+ZA300-A; RR4430; AI 30min100C PI

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	224000,03	402,68	415,26	404,84	490,78	23,74	15,28
2	217142,85	401,70	414,49	405,32	490,51	23,92	15,41

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
n = 2							
x	220571,44	402,19	414,88	405,08	490,64	23,83	15,34
s	4848,75	0,70	0,54	0,34	0,19	0,12	0,09
v	2,20	0,17	0,13	0,08	0,04	0,52	0,61

S350GD+ZA300-A, AI 30min100C PO



Simple standard protocol

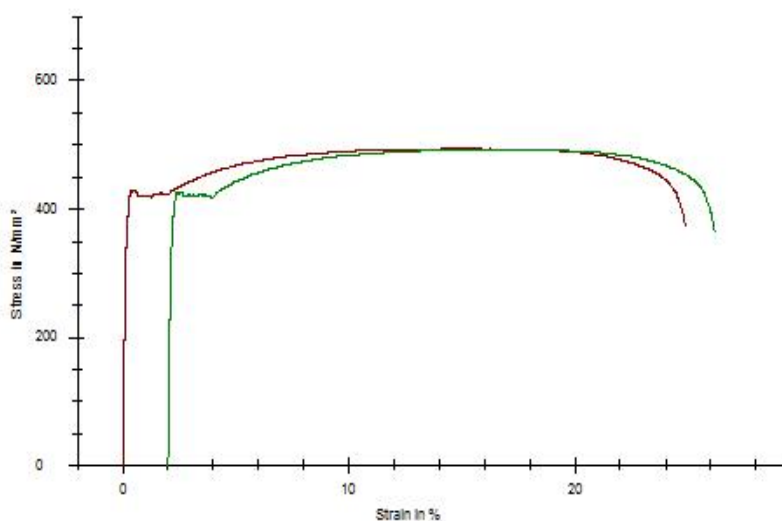
03.10.2011

S350GD+ZA300-A; RR4430; AI 30min100C PO

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	246153,86	426,95	428,22	428,08	494,01	24,74	14,75
2	188235,28	424,62	426,50	424,81	492,26	24,00	14,62

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
n = 2							
x	217194,57	425,79	427,36	426,44	493,13	24,37	14,68
s	40954,62	1,65	1,22	2,31	1,24	0,52	0,09
v	18,86	0,39	0,29	0,54	0,25	2,15	0,62

S350GD+ZA300-A, BH2 2% PI



Simple standard protocol

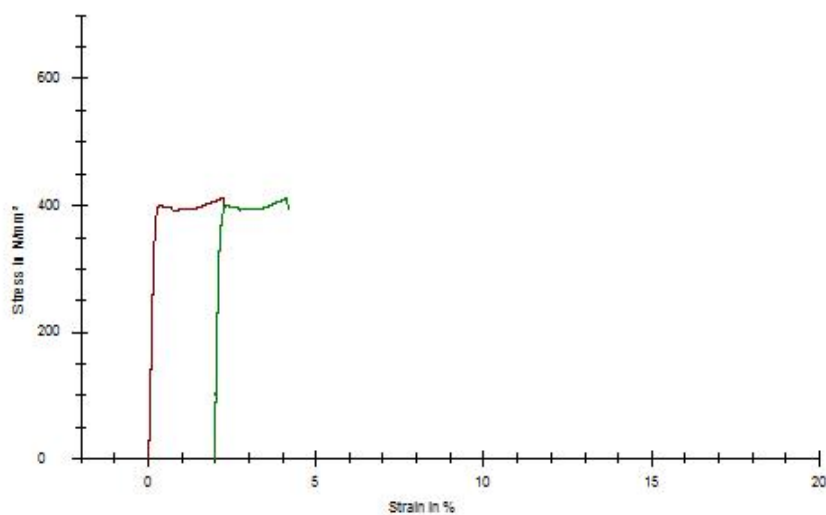
03.10.2011

S350GD+ZA300-A; RR4430; BH2 2% PI

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	185263,16	399,62	410,66	400,39	412,25	-	2,03
2	234666,66	399,64	410,36	399,67	411,38	-	2,00

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
n = 2							
x	209964,91	399,63	410,51	400,03	411,82	-	2,01
s	34933,55	0,02	0,22	0,51	0,61	-	0,03
v	16,64	0,00	0,05	0,13	0,15	-	1,29

S350GD+ZA300-A, BH2 2% PO



Simple standard protocol

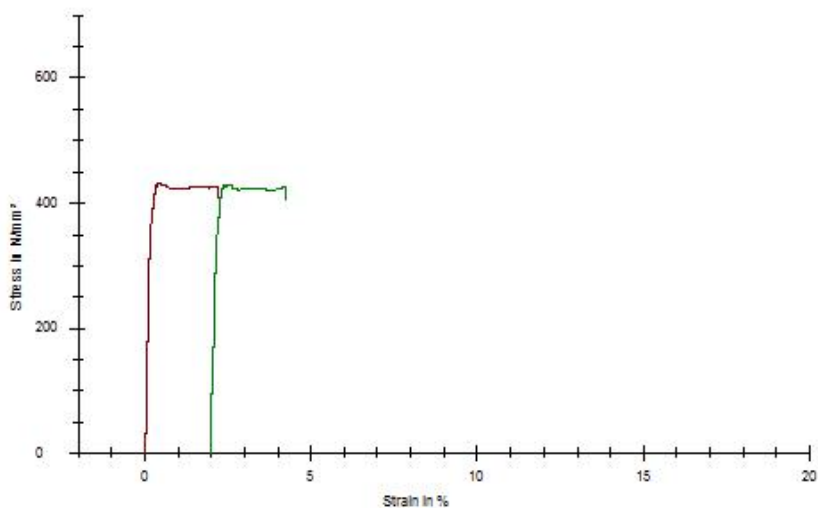
03.10.2011

S350GD+ZA300-A; RR4430; BH2 2% PO

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	250000,00	429,83	424,05	430,00	432,22	-	0,23
2	199999,99	427,76	423,95	429,14	429,14	-	0,18

Series graphics:



Statistics:

n = 2	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
x	224999,99	428,79	424,00	429,57	430,68	-	0,21
s	35355,34	1,46	0,07	0,61	2,18	-	0,03
v	15,71	0,34	0,02	0,14	0,51	-	16,71

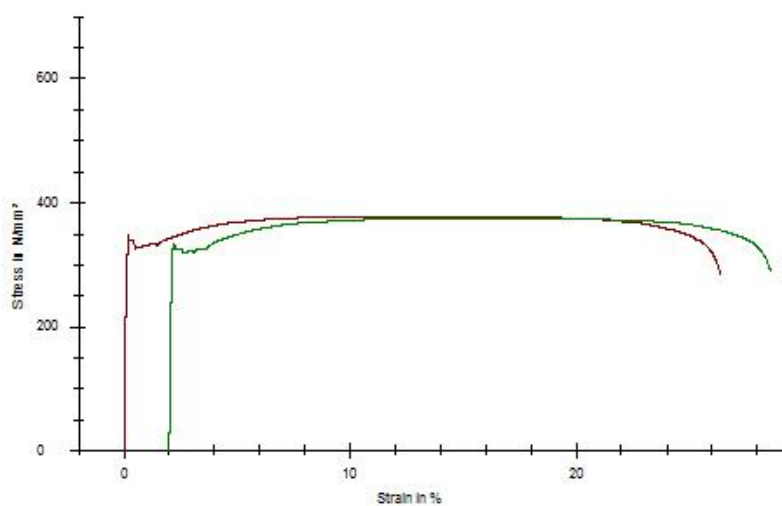
S350GD+ZA300-A, BH2 loppu PI

S220GD+ZA300-A; RR4200; BH2 loppuveto PI

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavennymä %
1	226666,66	339,99	344,30	346,76	378,25	26,24	13,89
2	209230,75	323,92	337,56	334,42	375,12	26,48	13,92

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavennymä %
n = 2							
x	217948,71	331,95	340,93	340,59	376,68	26,36	13,90
s	12329,05	11,36	4,76	8,72	2,21	0,17	0,02
v	5,66	3,42	1,40	2,56	0,59	0,64	0,11

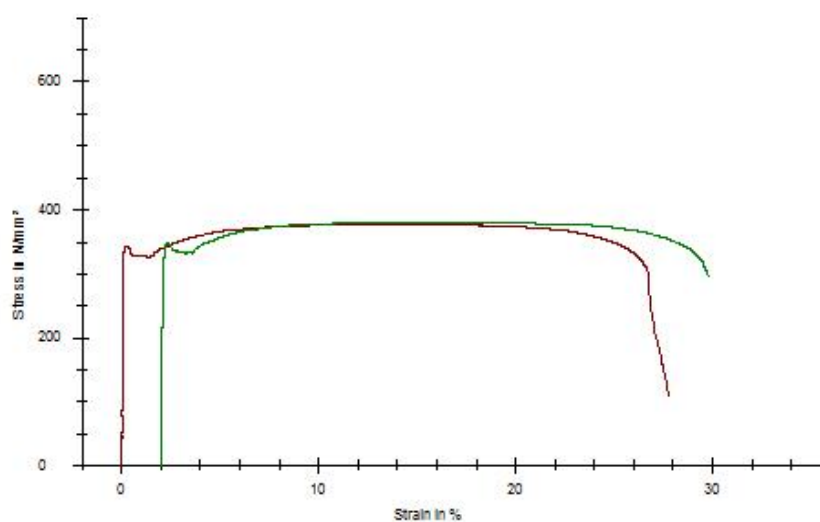
S350GD+ZA300-A, BH2 loppu PO

S220GD+ZA300-A; RR4200; BH2 loppuveto PO

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavenymä %
1	246153,91	342,17	340,29	339,39	376,77	27,78	12,50
2	228571,44	346,30	346,68	346,38	380,85	27,67	13,63

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavenymä %
n = 2							
x	237362,68	344,24	342,98	342,89	378,81	27,72	13,06
s	12432,69	2,93	3,81	4,95	2,89	0,08	0,80
v	5,24	0,85	1,11	1,44	0,76	0,27	6,13

S220GD+ZA300-A, AI 0-veto PI



Simple standard protocol

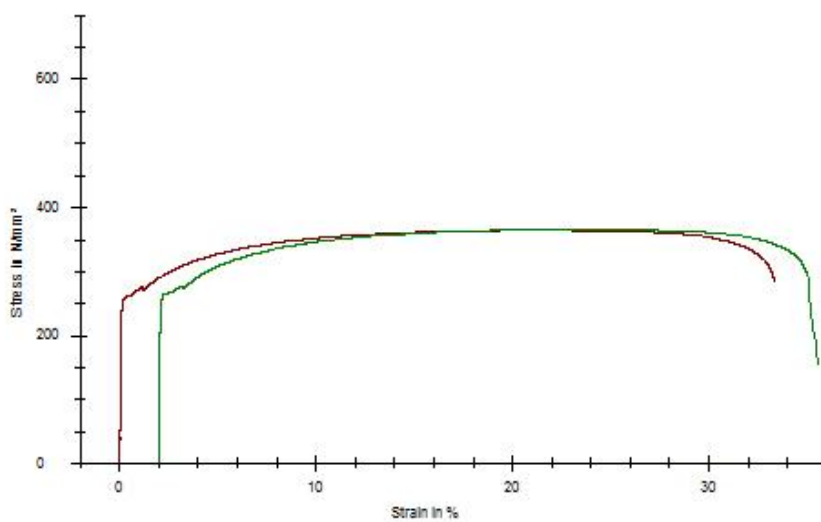
03.10.2011

S220GD+ZA300-A; RR4200; AI 0-veto PI

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	192419,25	259,65	292,42	-	364,29	33,20	20,87
2	274285,70	265,44	293,33	-	365,39	33,50	20,17

Series graphics:



Statistics:

n = 2	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
x	233352,48	262,54	292,88	-	364,84	33,35	20,52
s	57888,32	4,10	0,64	-	0,78	0,22	0,50
v	24,81	1,56	0,22	-	0,21	0,66	2,41

S220GD+ZA300-A, AI 0-veto PO



Simple standard protocol

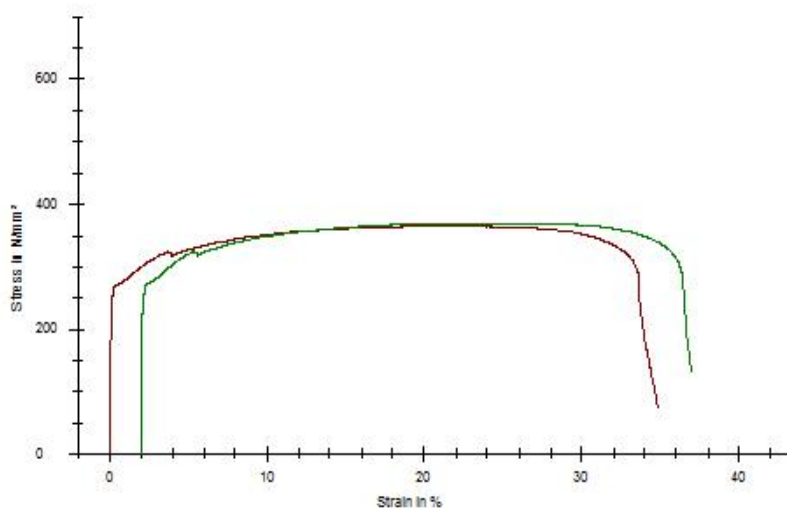
03.10.2011

S220GD+ZA300-A; RR4200; AI 0-veto PO

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	224000,00	267,22	302,02	-	364,64	34,80	20,73
2	320000,00	266,74	305,01	-	369,33	34,89	20,93

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
n = 2							
x	272000,00	266,98	303,52	-	366,99	34,85	20,83
s	67882,25	0,34	2,12	-	3,32	0,06	0,14
v	24,96	0,13	0,70	-	0,90	0,19	0,67

S220GD+ZA300-A, AI 30min100C PI



Simple standard protocol

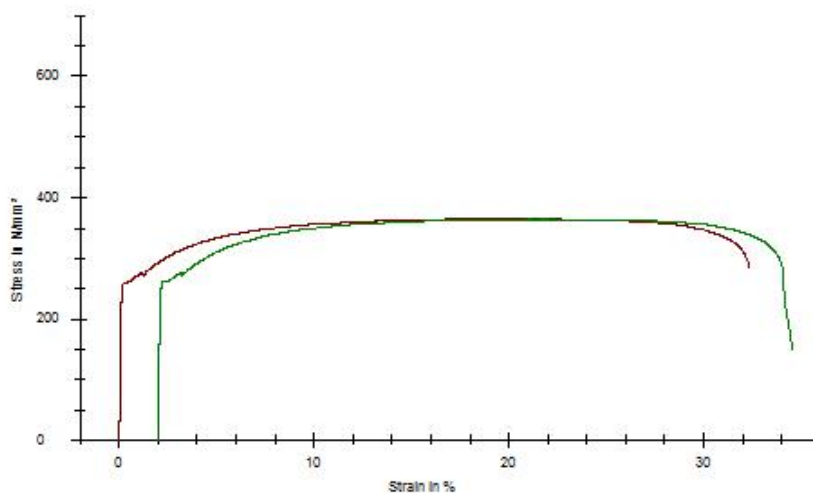
03.10.2011

S220GD+ZA300-A; RR4200; AI 30min100C PI

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	200000,00	259,86	295,81	-	364,67	32,20	19,29
2	181818,19	263,06	294,71	-	363,98	32,50	19,65

Series graphics:



Statistics:

n = 2	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
x	190909,10	261,46	295,26	-	364,32	32,35	19,47
s	12856,48	2,26	0,78	-	0,49	0,21	0,26
v	6,73	0,86	0,26	-	0,13	0,65	1,31

S220GD+ZA300-A, AI 30min100C PO



Simple standard protocol

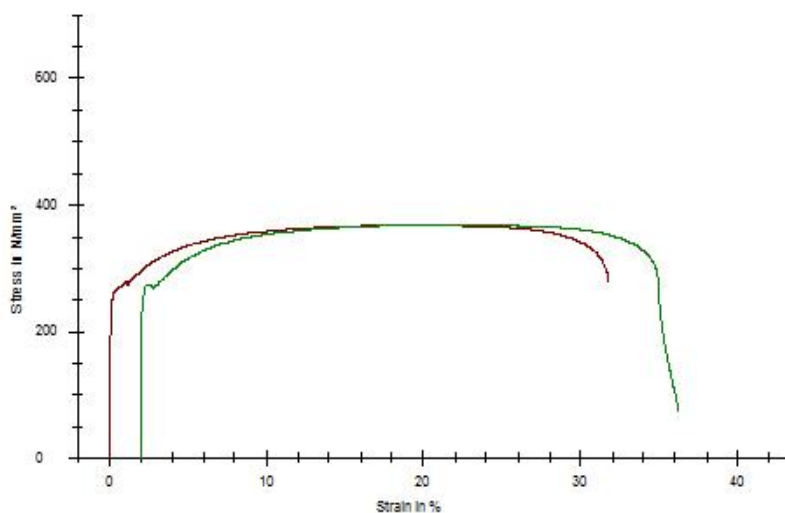
03.10.2011

S220GD+ZA300-A; RR4200; AI 30min100C PO

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	247826,11	261,60	297,87	-	367,48	31,59	19,24
2	285714,28	270,09	298,78	273,30	367,99	34,22	18,98

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
n = 2							
x	266770,19	265,84	298,32	273,30	367,74	32,90	19,11
s	26790,98	6,01	0,64	-	0,36	1,86	0,18
v	10,04	2,26	0,21	-	0,10	5,65	0,96

S220GD+ZA300-A, BH2 2% PI 1



Simple standard protocol

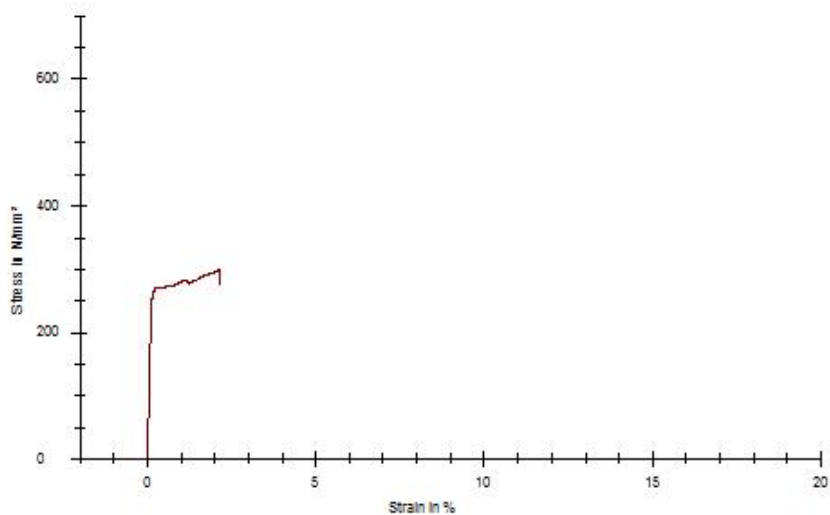
03.10.2011

S220GD+ZA300-A; RR4200; BH2 2% PI1

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	198335,71	270,99	297,58	-	298,78	-	2,01

Series graphics:



Statistics:

n =	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	198335,71	270,99	297,58	-	298,78	-	2,01
x	-	-	-	-	-	-	-
s	-	-	-	-	-	-	-
v	-	-	-	-	-	-	-

S220GD+ZA300-A, BH2 2% PI 2



Simple standard protocol

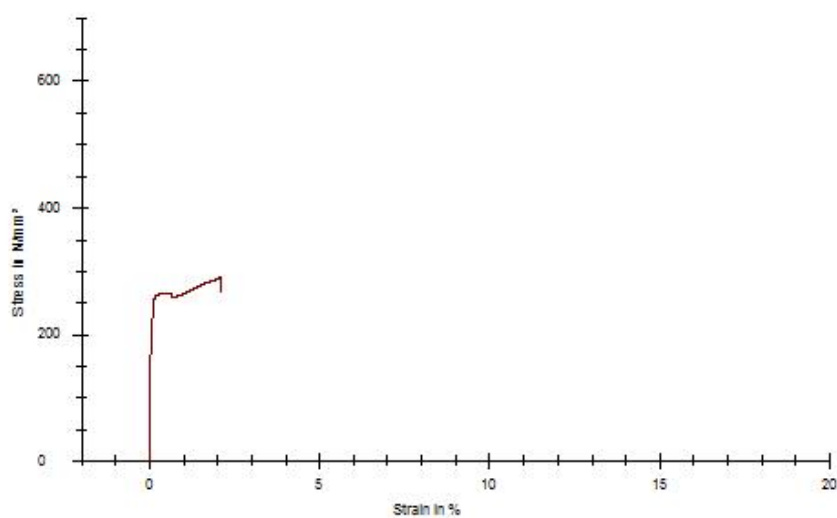
03.10.2011

S220GD+ZA300-A; RR4200; BH2 2% PI2

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	223999,99	263,81	288,81	264,15	289,92	-	1,99

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
n = 1							
x	223999,99	263,81	288,81	264,15	289,92	-	1,99
s	-	-	-	-	-	-	-
v	-	-	-	-	-	-	-

S220GD+ZA300-A, BH2 2% PO



Simple standard protocol

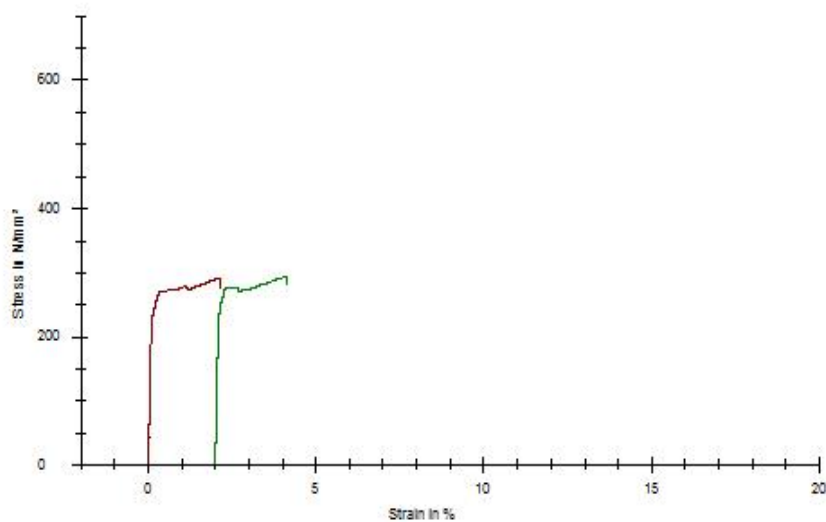
03.10.2011

S220GD+ZA300-A; RR4200; BH2 2% PO

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	259999,99	265,90	290,41	-	291,56	-	2,02
2	260000,01	273,88	293,68	276,24	294,38	-	1,99

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
n = 2							
x	260000,00	269,89	292,04	276,24	292,97	-	2,01
s	0,02	5,64	2,31	-	1,99	-	0,02
v	0,00	2,09	0,79	-	0,68	-	0,92

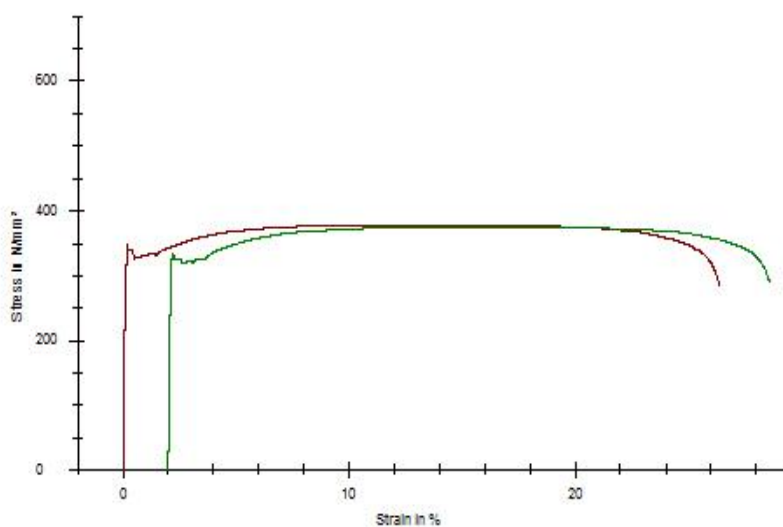
S220GD+ZA300-A, BH2 loppu PI

S220GD+ZA300-A; RR4200; BH2 loppuveto PI

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	226666,66	339,99	344,30	346,76	378,25	26,24	13,89
2	209230,75	323,92	337,56	334,42	375,12	26,48	13,92

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
n = 2							
x	217948,71	331,95	340,93	340,59	376,68	26,36	13,90
s	12329,05	11,36	4,76	8,72	2,21	0,17	0,02
v	5,66	3,42	1,40	2,56	0,59	0,64	0,11

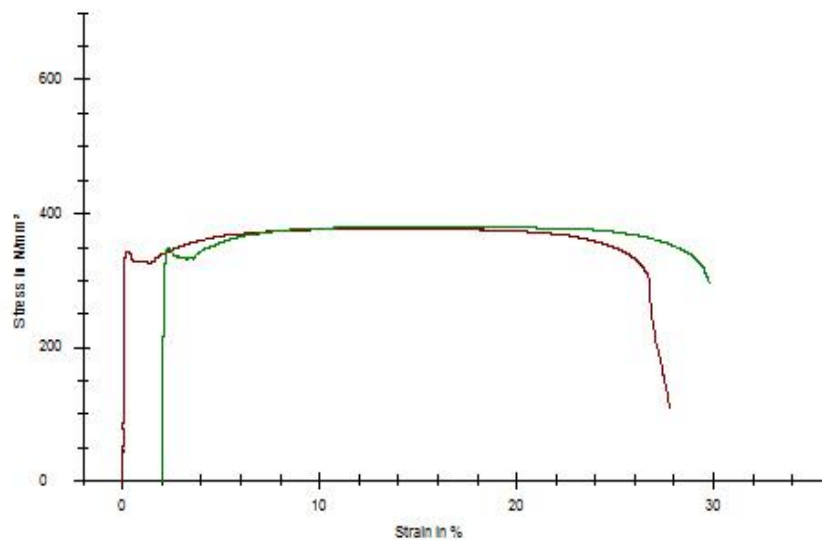
S220GD+ZA300-A, BH2 loppu PO

S220GD+ZA300-A; RR4200; BH2 loppuveto PO

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavennymä %
1	246153,91	342,17	340,29	339,39	376,77	27,78	12,50
2	228571,44	346,30	345,68	346,38	380,85	27,67	13,63

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavennymä %
n = 2							
x	237362,68	344,24	342,98	342,89	378,81	27,72	13,06
s	12432,69	2,93	3,81	4,95	2,89	0,08	0,80
v	5,24	0,85	1,11	1,44	0,76	0,27	6,13

DX52D+Z350-M-A, AI 0-veto PI



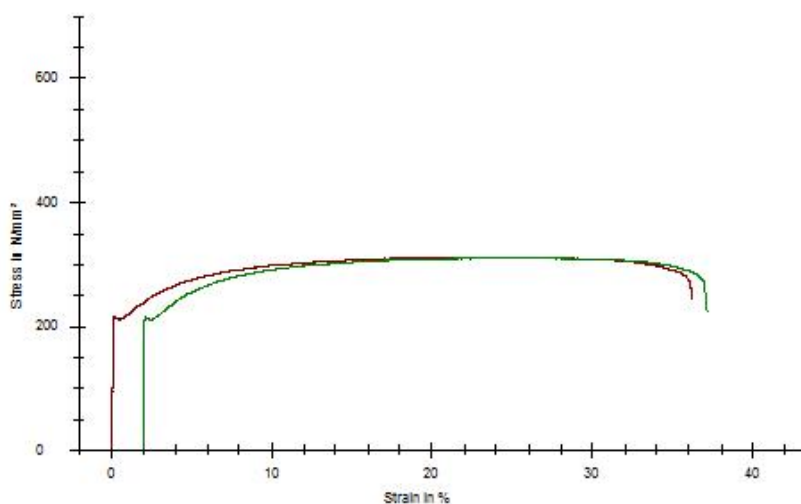
Simple standard protocol

03.10.2011

DX52D+Z350-M-A/PELTISEPPÄ; RR3430; AI 0-veto PI

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	FeH N	ReH N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	Force-Rp2% N/mm ²	Fm N	Rm N/mm ²	Tasavenymä %
1	159999,97	2390	216,88	213,52	240,87	-	3427	311,00	23,47
2	240000,01	2364	214,56	212,67	241,14	241,14	3417	310,15	21,42
		Tasavenymä/kokonais	A80	At	S0	L0			
Nr	%	%	%	mm ²	mm				
1	23,67	36,05	36,21	11,02	80,00				
2	21,55	35,03	35,12	11,02	80,00				

Series graphics:**Statistics:**

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavenymä %
n = 2							
x	199999,99	213,09	241,00	215,72	310,58	35,54	22,45
s	56568,57	0,60	0,19	1,64	0,60	0,72	1,45
v	28,28	0,28	0,08	0,76	0,19	2,03	6,44

DX52D+Z350-M-A, AI 0-veto PO



Simple standard protocol

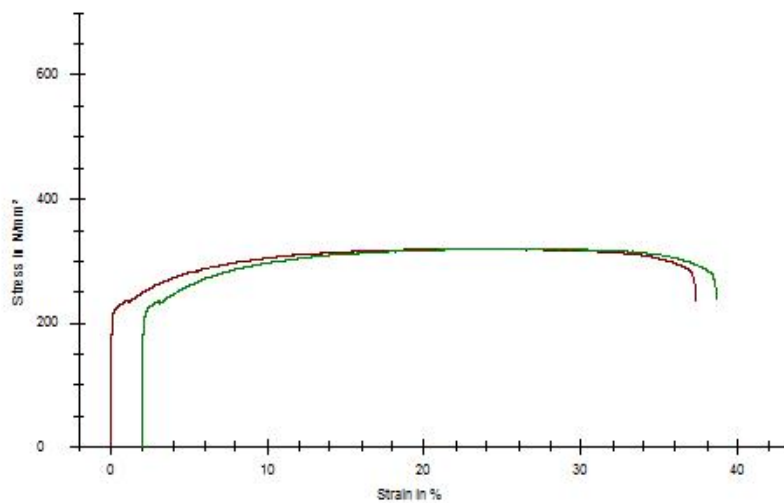
03.10.2011

DX52D+Z350-M-A/PELTISEPPÄ; RR3430; AI 0-veto PO

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	189090,93	220,89	249,64	-	319,27	37,20	24,52
2	160000,00	219,74	248,07	-	319,43	36,50	23,51

Series graphics:



Statistics:

n = 2	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
x	174545,47	220,32	248,85	-	319,35	36,85	24,02
s	20570,40	0,81	1,11	-	0,11	0,50	0,71
v	11,79	0,37	0,45	-	0,04	1,34	2,97

DX52D+Z350-M-A, AI 30min100C PI



Simple standard protocol

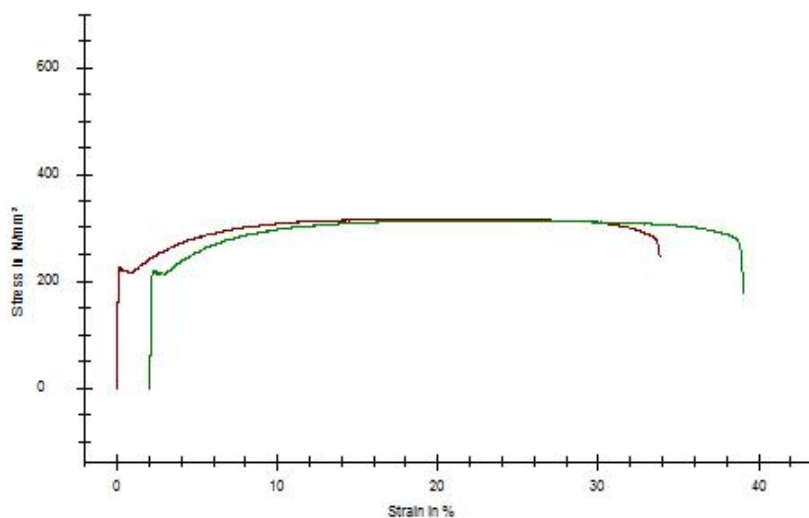
03.10.2011

DX52D+Z350-M-A/PELTISEPPÄ; RR3430; AI 30min100C PI

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	119536,36	221,21	241,74	226,57	317,25	33,71	21,65
2	126932,88	217,76	239,55	219,78	313,03	36,94	18,22

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
n = 2							
x	123234,62	219,49	240,64	223,18	315,14	35,32	19,94
s	5230,13	2,45	1,55	4,80	2,99	2,28	2,42
v	4,24	1,11	0,64	2,15	0,95	6,46	12,15

DX52D+Z350-M-A, AI 30min100C PO



Simple standard protocol

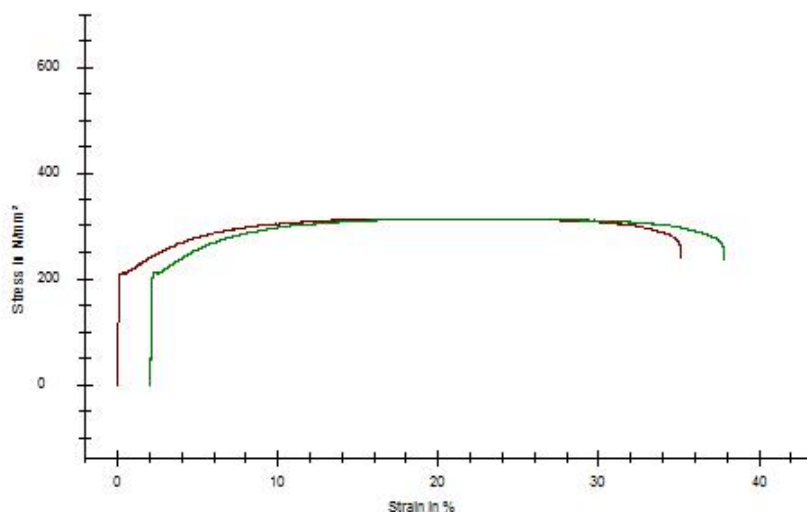
03.10.2011

DX52D+Z350-M-A/PELTISEPPÄ; RR3430; AI 30min100C PO

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	164785,84	211,11	240,59	211,04	313,89	35,07	19,13
2	118503,83	212,19	241,82	211,71	313,39	35,64	19,43

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
n = 2							
x	141644,83	211,65	241,20	211,38	313,64	35,36	19,28
s	32726,32	0,77	0,88	0,48	0,36	0,41	0,21
v	23,10	0,36	0,36	0,23	0,11	1,15	1,08

DX52D+Z350-M-A, BH2 2% PI



Simple standard protocol

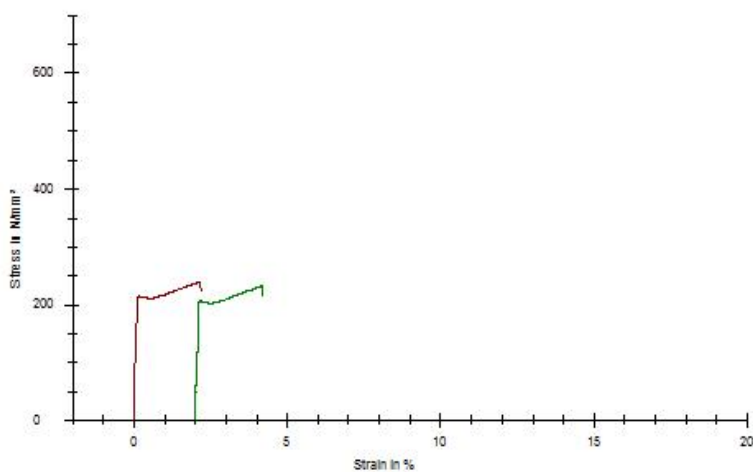
03.10.2011

DX52D+Z350-M-A/PELTISEPPÄ; RR3430; BH2 2% PI

Results:

Legends	Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
=	1	160321,95	212,48	238,75	214,23	239,75	-	2,04
=	2	177777,78	204,97	231,16	206,75	232,06	-	2,05

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	FeH N	Tasavienymä %	Tasavienymä/kokonais %	Fm N
n = 2									
x	169049,87	208,72	234,96	210,49	235,90	2365	2,05	2,17	2650
s	12343,14	5,31	5,37	5,29	5,44	1	0,01	0,00	5
v	7,30	2,55	2,28	2,51	2,30	0,04	0,34	0,20	0,17

DX52D+Z350-M-A, BH2 2% PO



Simple standard protocol

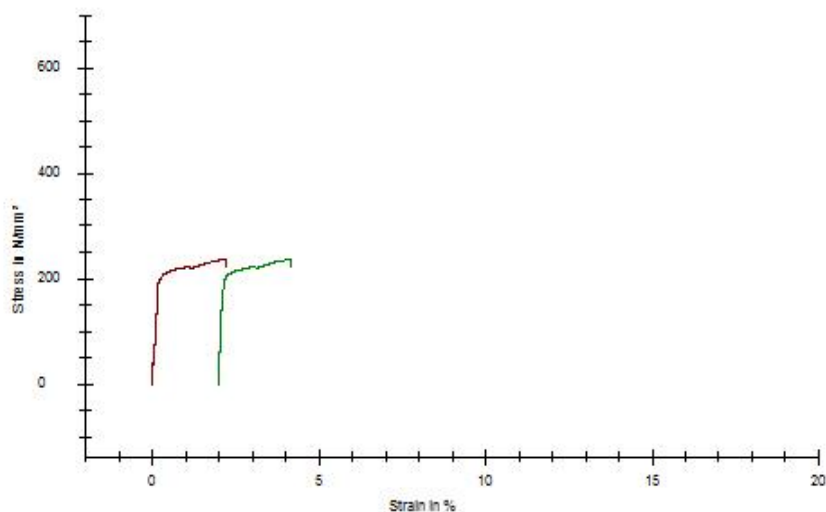
03.10.2011

DX52D+Z350-M-A/PELTISEPPÄ; RR3430; BH2 2% PO

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	117650,70	-	237,37	-	238,10	-	2,00
2	153333,33	-	237,12	-	237,79	-	1,98

Series graphics:



Statistics:

n = 2	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
x	135492,01	-	237,24	-	237,94	-	1,99
s	25231,43	-	0,18	-	0,22	-	0,01
v	18,62	-	0,08	-	0,09	-	0,67

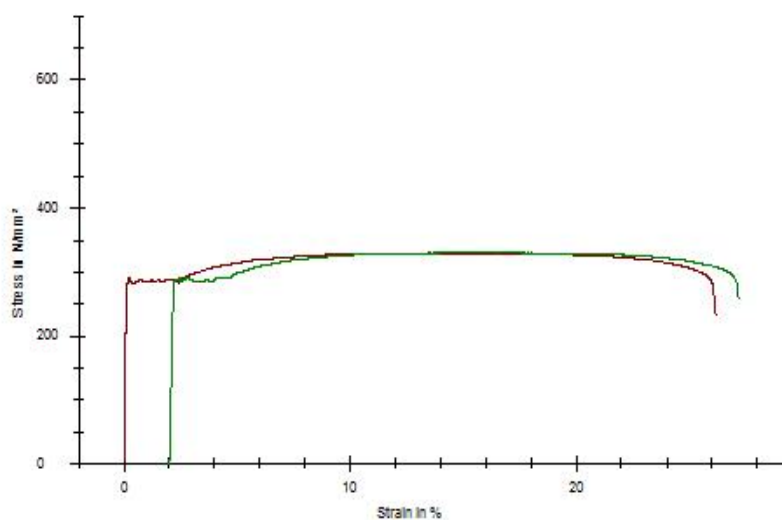
DX52D+Z350-M-A, BH2 loppu PI

DX52D+Z350-M-A/PELTISEPPÄ; RR3430; BH2 loppuveto PI

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	190000,03	284,07	287,64	289,68	329,33	26,09	13,29
2	138181,82	288,85	290,95	288,92	330,59	25,01	12,00

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
n = 2							
x	164090,93	286,46	289,30	289,30	329,96	25,55	12,64
s	36641,01	3,38	2,34	0,54	0,89	0,76	0,91
v	22,33	1,18	0,81	0,19	0,27	2,98	7,21

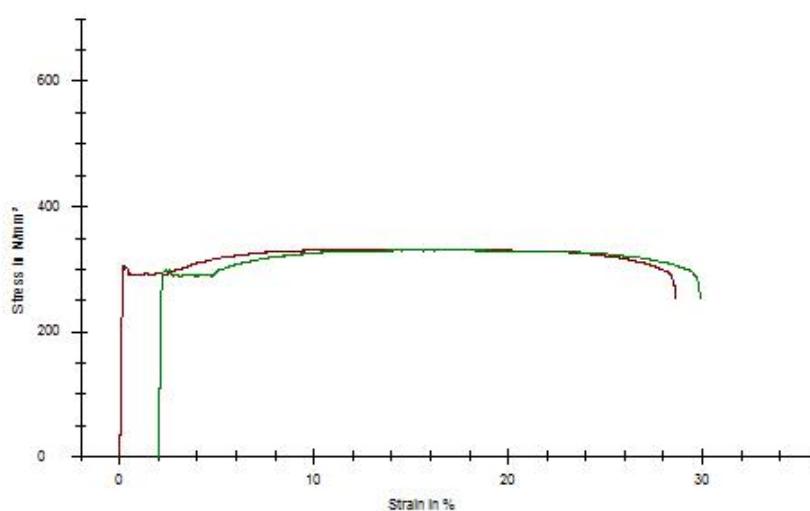
DX52D+Z350-M-A, BH2 loppu PO

DX52D+Z350-M-A/PELTISEPPÄ; RR3430; BH2 loppuveto PO

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavenymä %
1	168000,05	302,49	293,28	304,72	332,52	28,49	12,45
2	168000,01	298,14	291,31	298,25	330,63	27,76	12,88

Series graphics:



Statistics:

n = 2	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavenymä %
x	168000,03	300,31	292,29	301,48	331,58	28,12	12,66
s	0,03	3,07	1,40	4,57	1,33	0,51	0,30
v	0,00	1,02	0,48	1,52	0,40	1,82	2,38

LITEC 600CP+Z100-M-B, AI 0-veto PI



Simple standard protocol

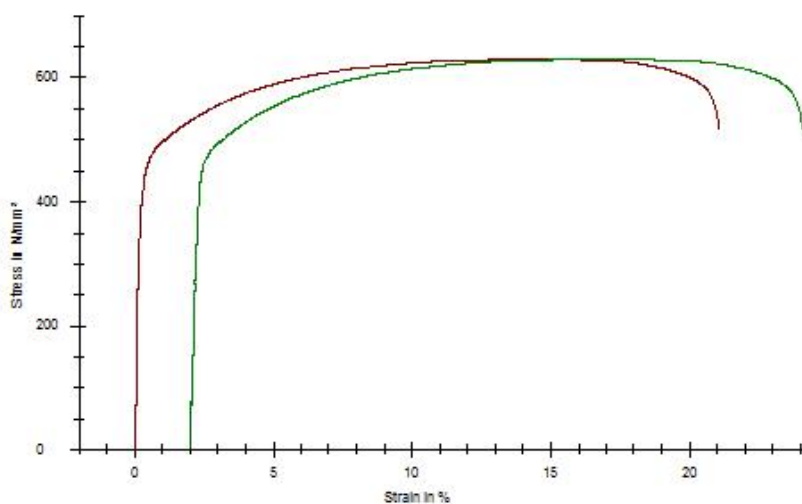
04.10.2011

LITEC 600CP+Z100-M-B; RR7340; AI 0-veto PI

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	217142,84	450,92	537,13	-	629,79	20,84	14,32
2	151999,98	461,63	537,90	-	629,72	21,75	14,81

Series graphics:



Statistics:

n = 2	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
x	184571,41	456,27	537,52	-	629,76	21,30	14,56
s	46062,96	7,57	0,54	-	0,05	0,64	0,35
v	24,96	1,66	0,10	-	0,01	3,03	2,38

LITEC 600CP+Z100-M-B, AI 0-veto PO



Simple standard protocol

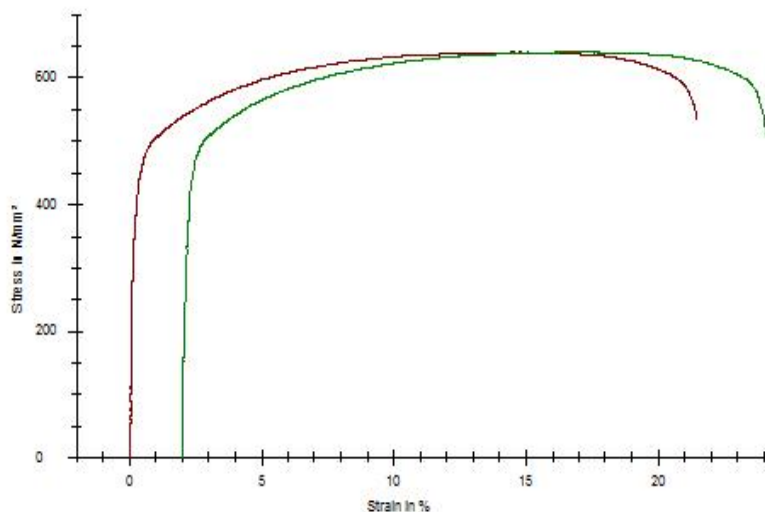
04.10.2011

LITEC 600CP+Z100-M-B; RR7340; AI 0-veto PO

Results:

	E-Modulus	Rp 0.2	Rp x	ReH	Rm	A80	Tasavienymä
Nr	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
1	179200,01	452,40	545,84	-	640,13	21,19	14,09
2	165925,92	459,11	549,13	-	640,37	21,81	14,60

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus	Rp 0.2	Rp x	ReH	Rm	A80	Tasavienymä
n = 2	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
x	172562,97	455,75	547,49	-	640,25	21,50	14,35
s	9386,19	4,75	2,32	-	0,17	0,44	0,36
v	5,44	1,04	0,42	-	0,03	2,04	2,52

LITEC 600CP+Z100-M-B, AI 30min100C PI



Simple standard protocol

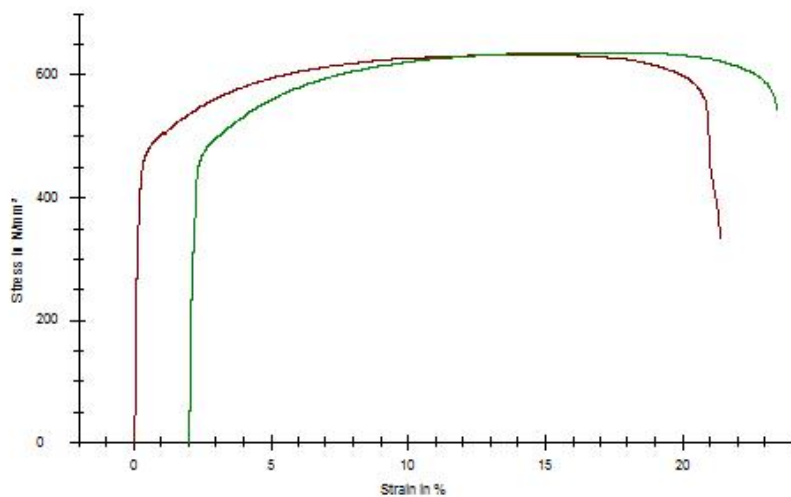
04.10.2011

LITEC 600CP+Z100-M-B; RR7340; AI 30min100C PI

Results:

	E-Modulus	Rp 0.2	Rp x	ReH	Rm	A80	Tasavennymä
Nr	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
1	211428,58	467,88	543,63	-	632,60	21,23	13,81
2	155789,47	467,60	541,77	-	636,74	21,13	13,70

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus	Rp 0.2	Rp x	ReH	Rm	A80	Tasavennymä
n = 2	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
x	183609,02	467,74	542,70	-	634,67	21,18	13,76
s	39342,79	0,20	1,31	-	2,93	0,07	0,07
v	21,43	0,04	0,24	-	0,46	0,33	0,54

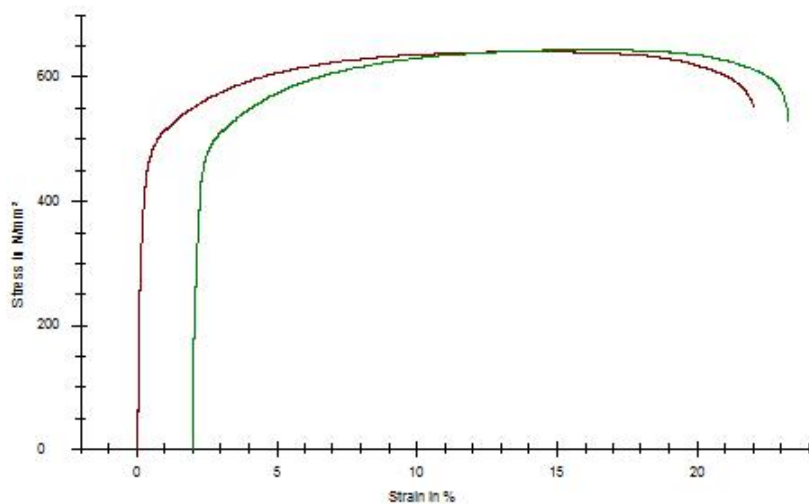
LITEC 600CP+Z100-M-B, AI 30min100C PO

LITEC 600CP+Z100-M-B; RR7340; AI 30min100C PO

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	179200,01	465,46	558,36	-	640,64	21,71	13,73
2	172307,69	464,43	556,00	-	643,56	20,99	14,22

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
n = 2							
x	175753,85	464,95	557,18	-	642,10	21,35	13,98
s	4873,60	0,73	1,66	-	2,06	0,52	0,35
v	2,77	0,16	0,30	-	0,32	2,41	2,48

LITEC600CP+Z100-M-B, BH2 2% PI



Simple standard protocol

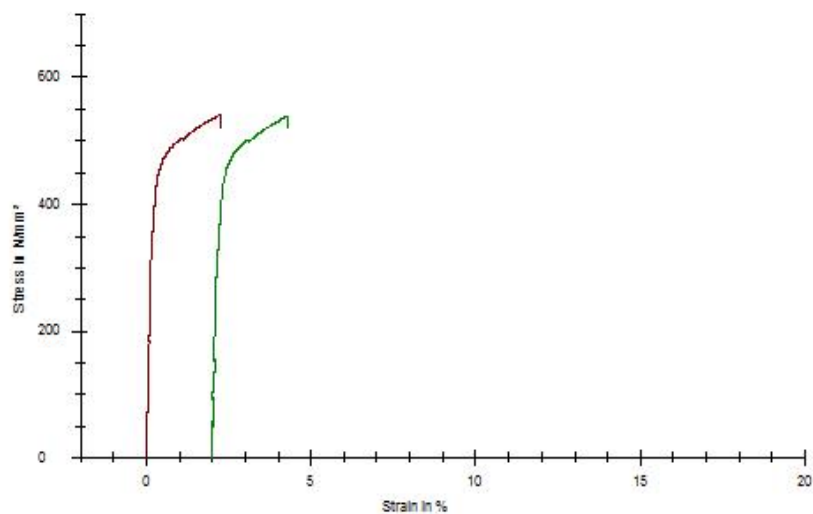
04.10.2011

LITEC 600CP+Z100-M-B; RR7340; BH2 2% PI

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	219999,97	454,51	539,24	-	539,67	-	1,97
2	191217,19	452,22	537,35	-	538,68	-	2,00

Series graphics:



Statistics:

n = 2	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
x	205608,58	453,37	538,29	-	539,18	-	1,99
s	20352,50	1,63	1,33	-	0,70	-	0,02
v	9,90	0,36	0,25	-	0,13	-	0,99

LITEC 600CP+Z100-M-B, BH2 2% PO



Simple standard protocol

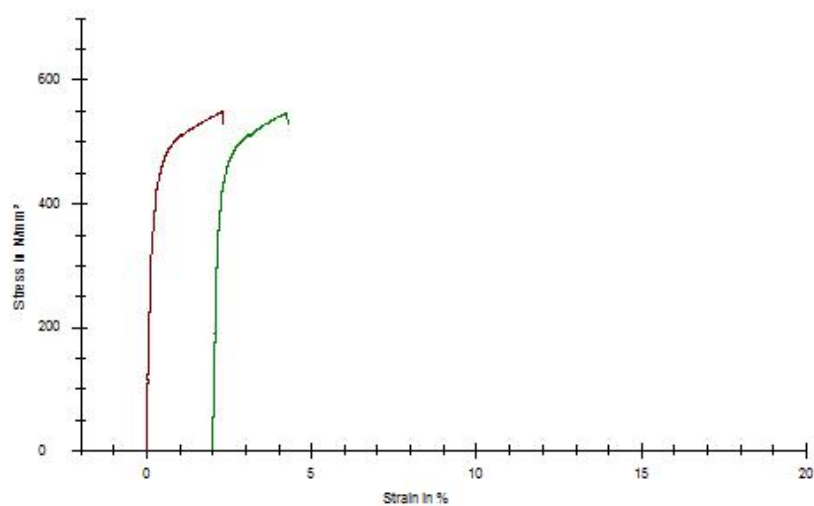
04.10.2011

LITEC 600CP+Z100-M-B; RR7340; BH2 2% PO

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	200000,00	448,37	545,86	-	547,94	-	2,03
2	199999,98	454,86	546,27	-	547,45	-	2,00

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
n = 2							
x	199999,99	451,62	546,06	-	547,70	-	2,01
s	0,01	4,59	0,29	-	0,35	-	0,03
v	0,00	1,02	0,05	-	0,06	-	1,31

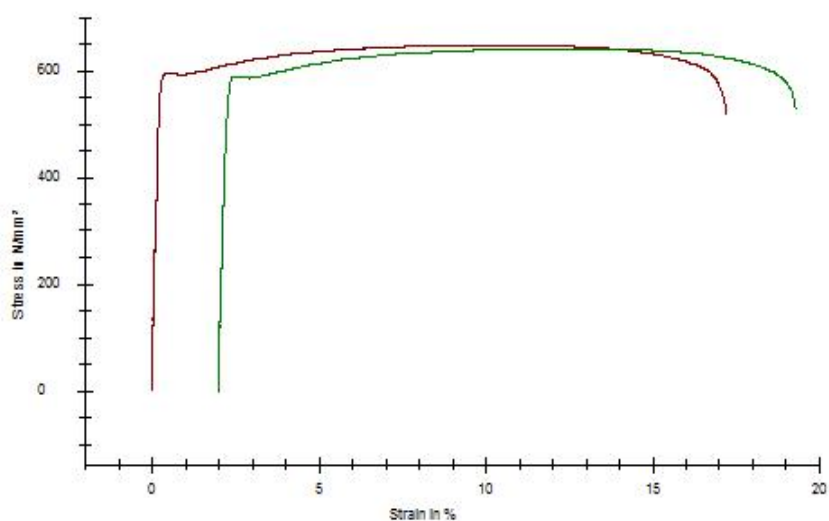
LITEC 600CP+Z100-M-B, BH2 loppu PI

LITEC 600CP+Z100-M-B; RR7340; BH2 loppuveto PI

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavenymä %
1	234680,03	595,57	610,51	595,72	646,90	17,05	10,18
2	195555,58	588,71	604,58	589,88	640,93	17,08	9,80

Series graphics:



Statistics:

n = 2	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavenymä %
x	215117,81	592,14	607,54	592,80	643,92	17,06	9,99
s	27665,16	4,86	4,19	4,13	4,22	0,02	0,27
v	12,86	0,82	0,69	0,70	0,66	0,10	2,68

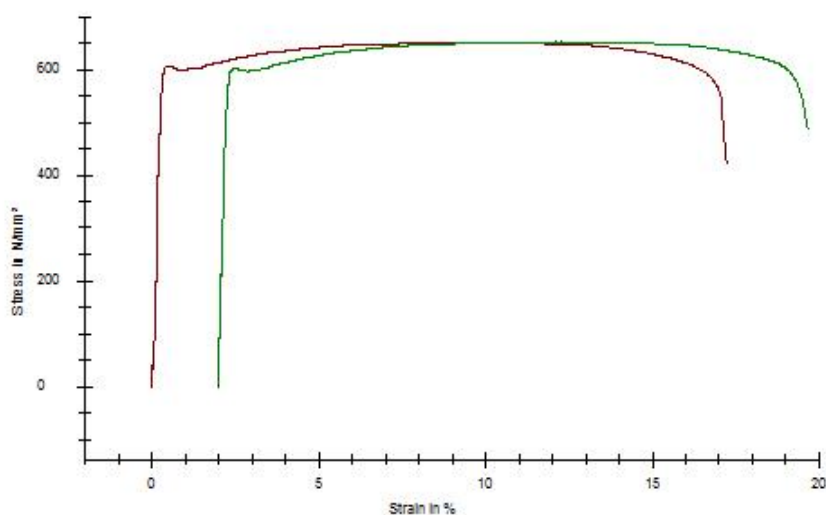
LITEC 600CP+Z100-M-B, BH2 loppu PO

LITEC 600CP+Z100-M-B; RR7340; BH2 loppuveto PO

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavenymä %
1	233333,31	605,12	617,32	605,29	650,57	17,03	8,83
2	224000,02	601,02	616,77	601,21	652,17	17,48	10,00

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavenymä %
n = 2							
x	228666,67	603,07	617,05	603,25	651,37	17,25	9,42
s	6599,63	2,90	0,39	2,89	1,14	0,32	0,83
v	2,89	0,48	0,06	0,48	0,17	1,85	8,84

LITEC 1000DP+Z100-M-B, AI 0-veto PI



Simple standard protocol

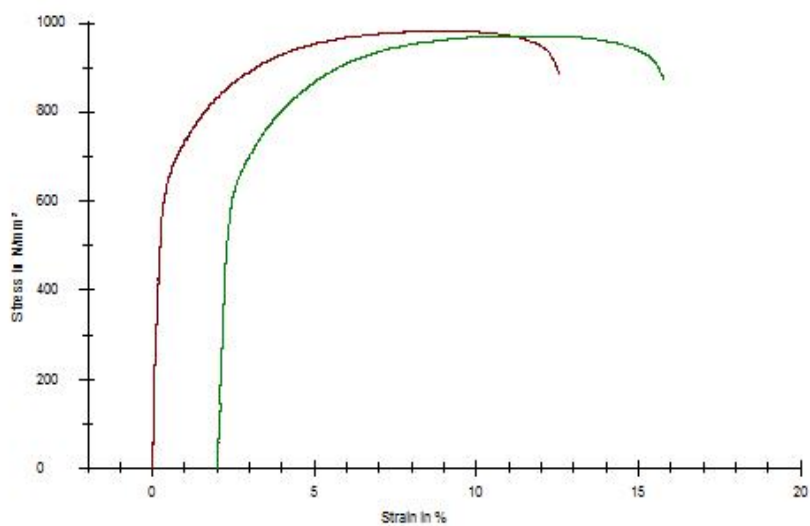
04.10.2011

LITEC 1000DP+Z100-M-B; RR6480; AI 0-veto PI

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	199999,98	649,72	859,61	-	981,18	12,14	8,69
2	173913,03	626,00	836,22	-	971,34	13,30	9,00

Series graphics:



Statistics:

n = 2	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
x	186956,51	637,86	847,92	-	976,26	12,72	8,85
s	18446,26	16,77	16,54	-	6,96	0,83	0,22
v	9,87	2,63	1,95	-	0,71	6,49	2,46

LITEC 1000DP+Z100-M-B, AI 0-veto PO



Simple standard protocol

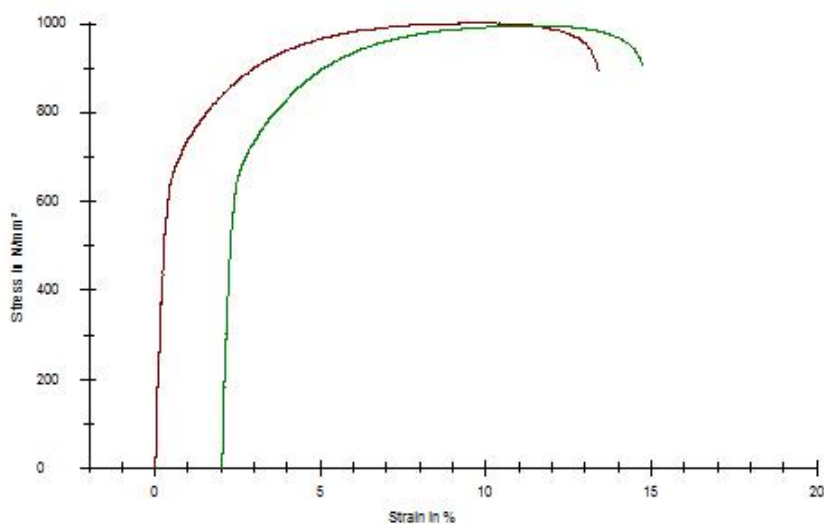
04.10.2011

LITEC 1000DP+Z100-M-B; RR6480; AI 0-veto PO

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	164324,32	670,05	872,46	-	1001,20	12,90	9,16
2	155897,44	673,89	867,59	-	994,77	12,21	8,81

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
n = 2							
x	160110,88	671,97	870,02	-	997,98	12,56	8,99
s	5958,71	2,72	3,44	-	4,54	0,49	0,25
v	3,72	0,40	0,40	-	0,46	3,89	2,80

LITEC 1000DP+Z100-M-B, AI 30min100C PI



Simple standard protocol

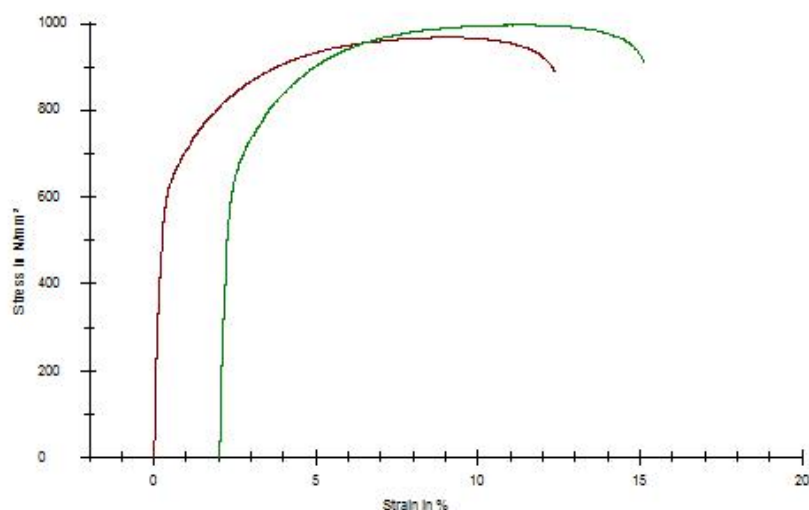
04.10.2011

LITEC 1000DP+Z100-M-B; RR6480; AI 30min100C PI

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	201904,76	626,36	833,19	-	967,20	11,97	8,63
2	192727,29	651,57	869,46	-	995,82	12,66	8,79

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
n = 2							
x	197316,03	638,96	851,33	-	981,51	12,32	8,71
s	6489,45	17,83	25,64	-	20,24	0,48	0,11
v	3,29	2,79	3,01	-	2,06	3,92	1,30

LITEC 1000DP+Z100-M-B, AI 30min100C PO



Simple standard protocol

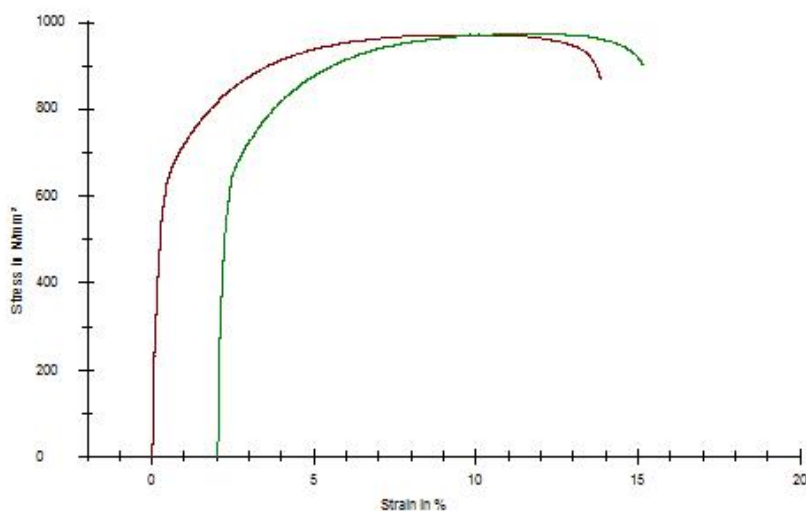
04.10.2011

LITEC 1000DP+Z100-M-B; RR6480; AI 30min100C PO

Results:

	E-Modulus	Rp 0.2	Rp x	ReH	Rm	A80	Tasavienymä
Nr	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
1	193103,46	640,78	843,70	-	971,78	13,42	9,62
2	202172,19	654,23	845,25	-	973,59	12,73	9,16

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus	Rp 0.2	Rp x	ReH	Rm	A80	Tasavienymä
n = 2	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
x	197637,83	647,50	844,47	-	972,68	13,08	9,39
s	6412,56	9,51	1,10	-	1,28	0,49	0,32
v	3,24	1,47	0,13	-	0,13	3,72	3,45

LITEC 1000DP+Z100-M-B, BH2 2% PI



Simple standard protocol

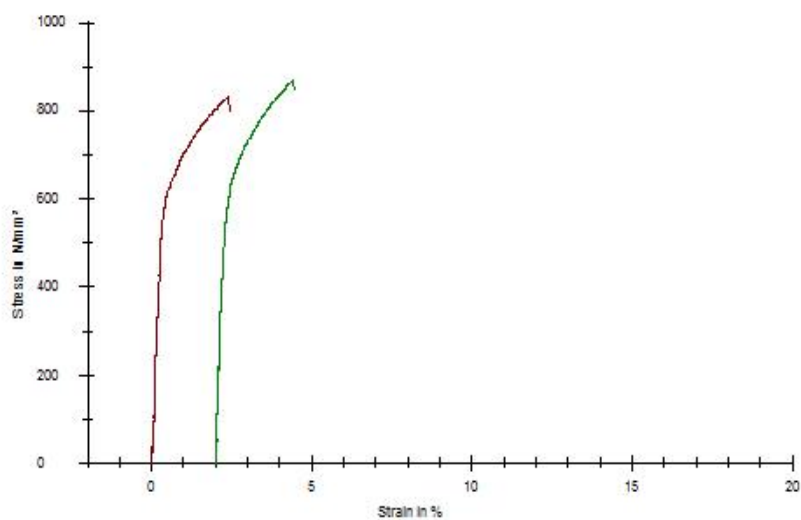
04.10.2011

LITEC 1000DP+Z100-M-B; RR6480; BH2 2% PI

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	210517,30	621,77	829,97	-	830,52	-	1,96
2	196923,07	640,76	866,62	-	869,68	-	2,01

Series graphics:



Statistics:

n = 2	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
x	203720,19	631,26	848,30	-	850,10	-	1,98
s	9612,57	13,43	25,91	-	27,69	-	0,03
v	4,72	2,13	3,05	-	3,26	-	1,53

LITEC 1000DP+Z100-M-B, BH2 2% PO



Simple standard protocol

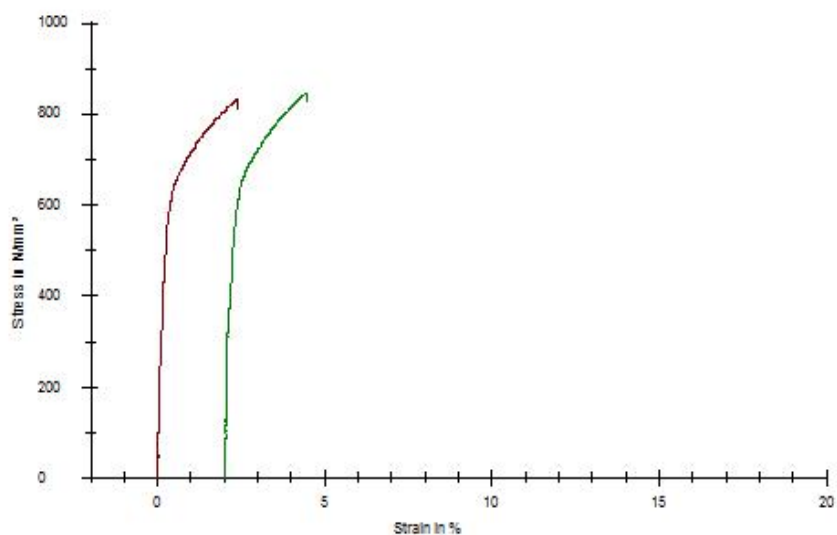
04.10.2011

LITEC 1000DP+Z100-M-B; RR6480; BH2 2% PO

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	ReH N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	Rm N/mm ²	Tasavennymä %	A80 %
1	194285,73	-	642,13	830,01	833,09	1,99	-
2	165333,32	-	656,01	844,37	847,06	1,98	-

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	ε Fmax. %	A80 %	Tasavennymä %	Tasavennymä/kokonais %
n = 2									
x	179809,53	649,07	837,19	-	840,07	2,46	-	1,99	2,42
s	20472,44	9,81	10,15	-	9,88	0,05	-	0,01	0,04
v	11,39	1,51	1,21	-	1,18	2,14	-	0,32	1,64

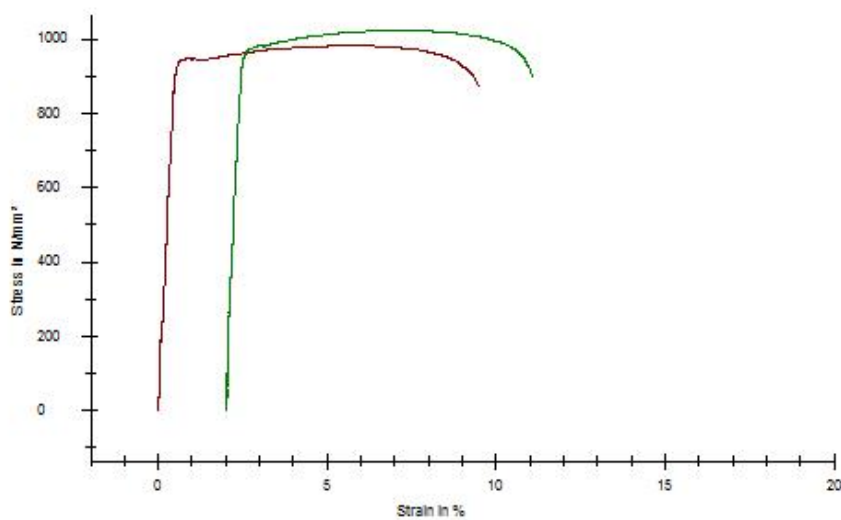
LITEC 1000DP+Z100-M-B, BH2 loppu PI

LITEC 1000DP+Z100-M-B; RR6480; BH2 loppuveto PI

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavenymä %
1	187939,60	943,52	961,62	-	981,73	9,07	5,12
2	215389,74	967,56	1006,00	-	1021,87	8,68	4,74

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavenymä %
n = 2							
x	201664,67	955,54	983,81	-	1001,80	8,87	4,93
s	19410,18	17,00	31,38	-	28,38	0,27	0,27
v	9,62	1,78	3,19	-	2,83	3,08	5,52

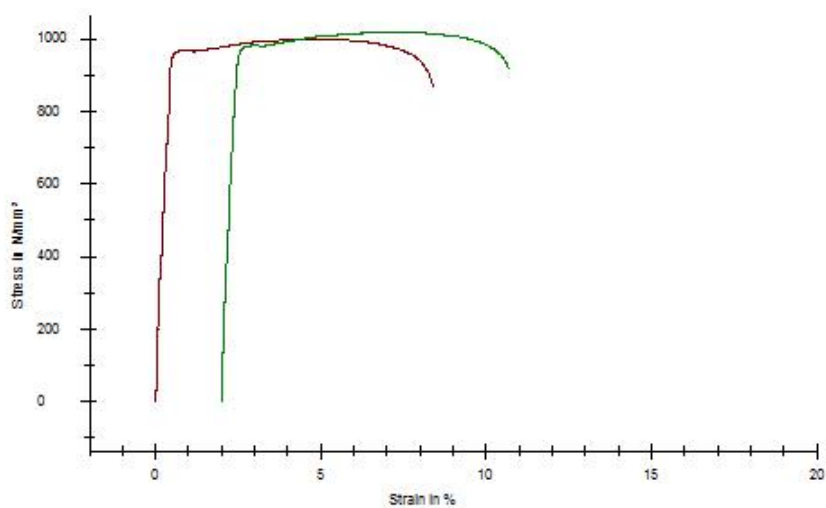
LITEC 1000DP+Z100-M-B, BH2 loppu PO

LITEC 1000DP+Z100-M-B; RR6480; BH2 loppuveto PO

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavenymä %
1	198181,83	965,62	984,39	-	999,14	7,99	4,30
2	200930,16	974,91	999,83	-	1017,69	8,28	4,79

Series graphics:



Statistics:

n = 2	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavenymä %
x	199555,99	970,26	992,11	-	1008,42	8,14	4,54
s	1943,36	6,57	10,92	-	13,11	0,20	0,35
v	0,97	0,68	1,10	-	1,30	2,45	7,76

S280GD+ZA200-A, AI 0-veto PI



Simple standard protocol

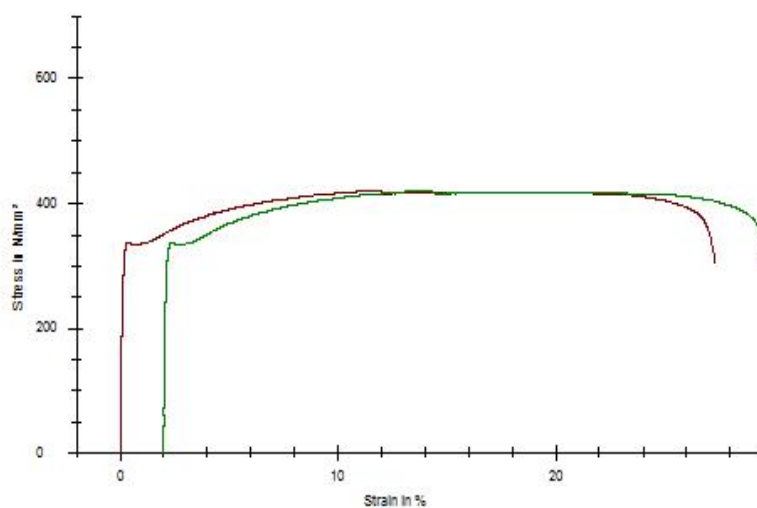
04.10.2011

I
S280GD+ZA200-A; RP8520; AI 0-veto PI

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavenymä %
1	232727,27	336,52	353,84	336,60	420,87	27,17	11,56
2	182857,15	336,54	353,56	336,54	420,86	27,52	11,87

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavenymä %
n = 2	207792,21	336,53	353,70	336,57	420,86	27,34	11,72
s	35263,50	0,01	0,20	0,04	0,01	0,25	0,22
v	16,97	0,00	0,06	0,01	0,00	0,91	1,86

S280GD+ZA200-A, AI 0-veto PO



Simple standard protocol

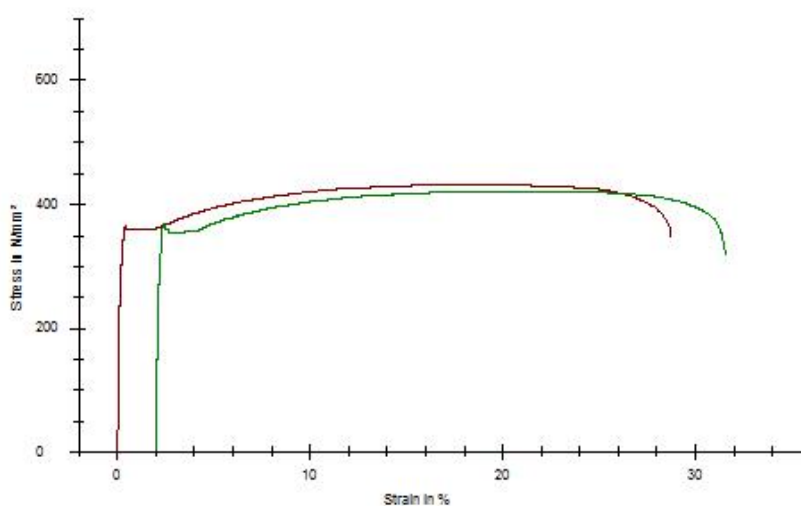
04.10.2011

I
S280GD+ZA200-A; RP8520; AI 0-veto PO

Results:

	E-Modulus	Rp 0.2	Rp x	ReH	Rm	A80	Tasavienymä
Nr	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
1	197647,04	364,38	362,67	364,58	431,23	28,55	18,14
2	188985,63	368,12	358,14	368,13	421,30	29,40	17,91

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus	Rp 0.2	Rp x	ReH	Rm	A80	Tasavienymä
n = 2	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
x	193316,33	366,25	360,41	366,35	426,27	28,97	18,02
s	6124,54	2,64	3,20	2,51	7,02	0,60	0,16
v	3,17	0,72	0,89	0,68	1,65	2,06	0,90

S280GD+ZA200-A, AI 30min100C PI



Simple standard protocol

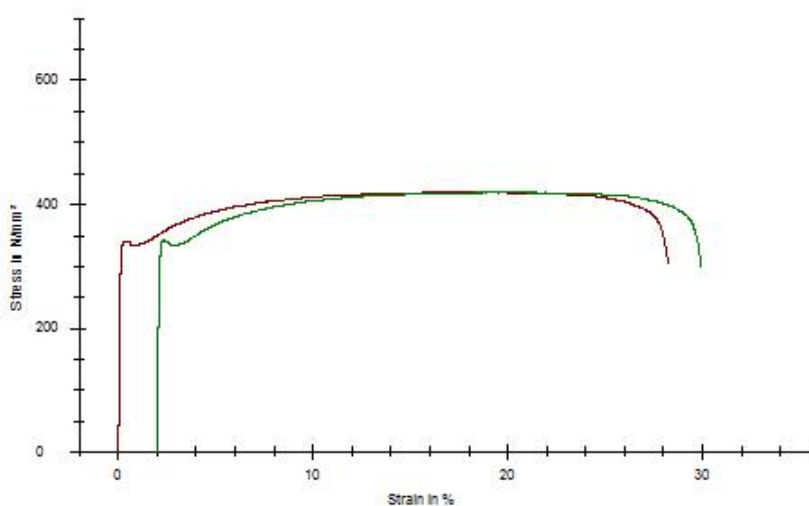
04.10.2011

S280GD+ZA200-A; RP8520; AI 30min100C PI

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	248888,89	340,69	352,39	341,07	419,47	28,11	18,24
2	224000,00	342,66	352,63	342,71	419,19	27,82	17,91

Series graphics:



Statistics:

n = 2	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
x	236444,44	341,68	352,51	341,89	419,33	27,96	18,08
s	17599,10	1,40	0,17	1,16	0,19	0,20	0,23
v	7,44	0,41	0,05	0,34	0,05	0,73	1,28

S280GD+ZA200-A, AI 30min100C PO



Simple standard protocol

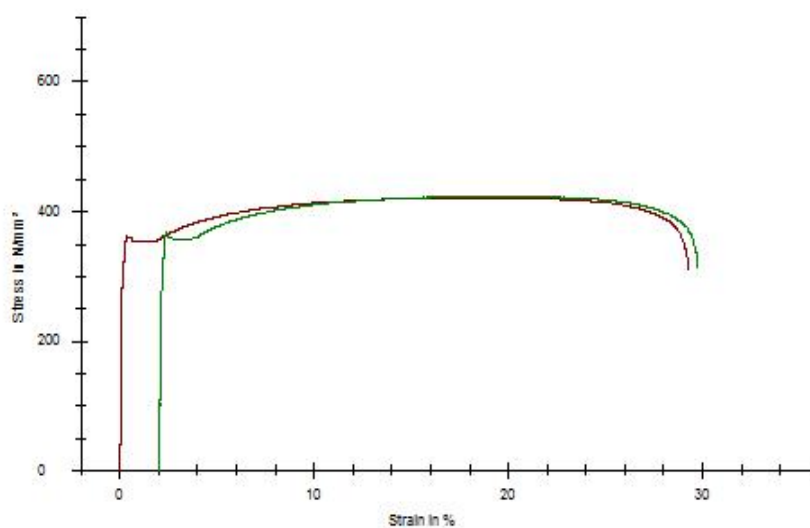
04.10.2011

§280GD+ZA200-A; RP8520; AI 30min100C PO

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavennymä %
1	224000,03	362,16	360,23	362,31	421,20	29,12	18,06
2	263008,79	367,42	364,10	368,30	422,91	27,60	17,47

Series graphics:



Statistics:

n = 2	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavennymä %
x	243504,41	364,79	362,16	365,30	422,06	28,36	17,76
s	27583,36	3,72	2,74	4,24	1,21	1,08	0,42
v	11,33	1,02	0,76	1,16	0,29	3,80	2,37

S280GD+ZA200-A, BH2 2% PI



Simple standard protocol

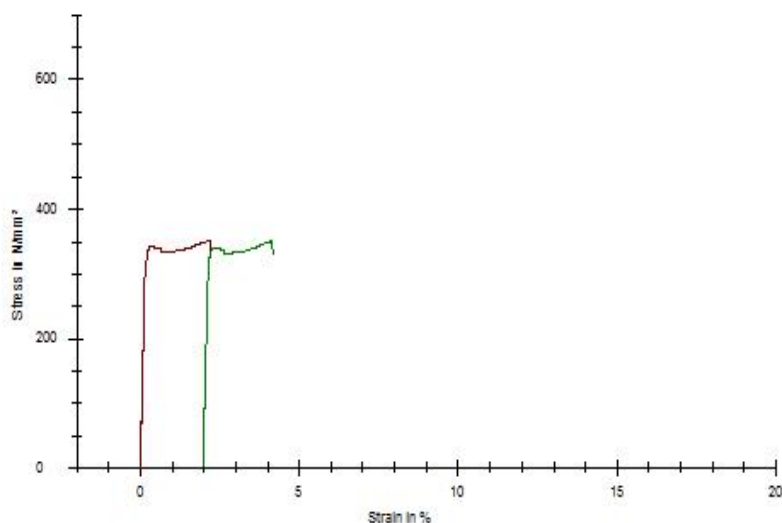
04.10.2011

S280GD+ZA200-A; RP8520; BH2 2% PI

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
1	166626,94	342,18	351,04	342,64	352,17	-	2,01
2	199960,48	340,06	350,15	340,15	351,09	-	2,00

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavienymä %
n = 2							
x	183293,71	341,12	350,59	341,40	351,63	-	2,00
s	23570,37	1,50	0,63	1,76	0,76	-	0,00
v	12,86	0,44	0,18	0,52	0,22	-	0,12

S280GD+ZA200-A, BH2 2% PO



Simple standard protocol

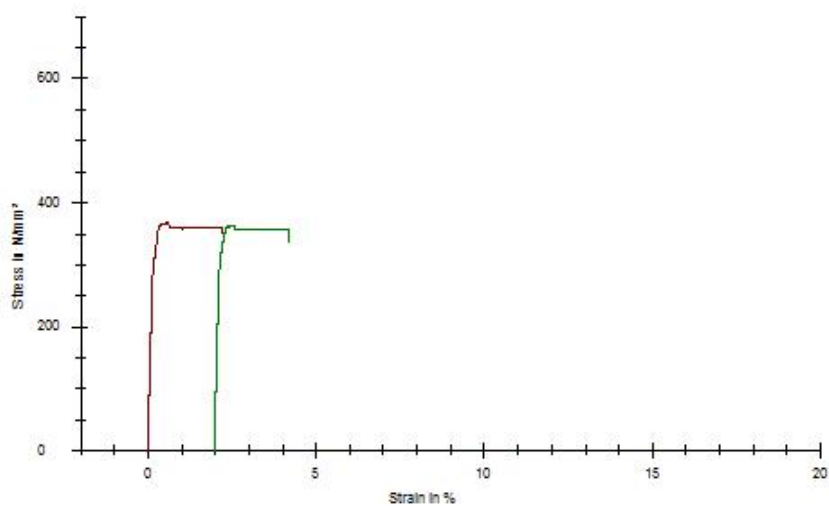
04.10.2011

I
S280GD+ZA200-A; RP8520; BH2 2% PO

Results:

	E-Modulus	Rp 0.2	Rp x	ReH	Rm	A80	Tasavienymä
Nr	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
1	206666,68	364,81	359,30	365,55	366,63	-	0,39
2	233333,34	359,24	357,00	362,53	363,02	-	0,42

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus	Rp 0.2	Rp x	ReH	Rm	A80	Tasavienymä
n = 2	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
x	220000,01	362,03	358,15	364,04	364,83	-	0,40
s	18856,18	3,94	1,62	2,14	2,56	-	0,02
v	8,57	1,09	0,45	0,59	0,70	-	5,93

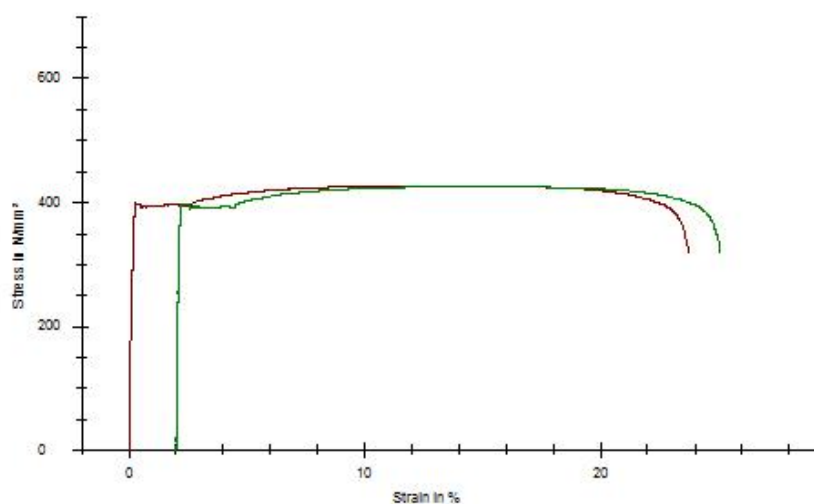
S280GD+ZA200-A, BH2 loppu PI

S280GD+ZA200-A; RP8520; BH2 loppuveto PI

Results:

	E-Modulus	Rp 0.2	Rp x	ReH	Rm	A80	Tasavienymä
Nr	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
1	185263,21	397,80	395,13	399,74	426,21	23,59	12,32
2	234666,68	397,80	393,05	397,12	425,07	22,94	12,71

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus	Rp 0.2	Rp x	ReH	Rm	A80	Tasavienymä
n = 2	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
x	209964,94	397,80	394,09	398,43	425,64	23,27	12,51
s	34933,53	0,00	1,47	1,85	0,81	0,46	0,27
v	16,64	0,00	0,37	0,47	0,19	1,96	2,19

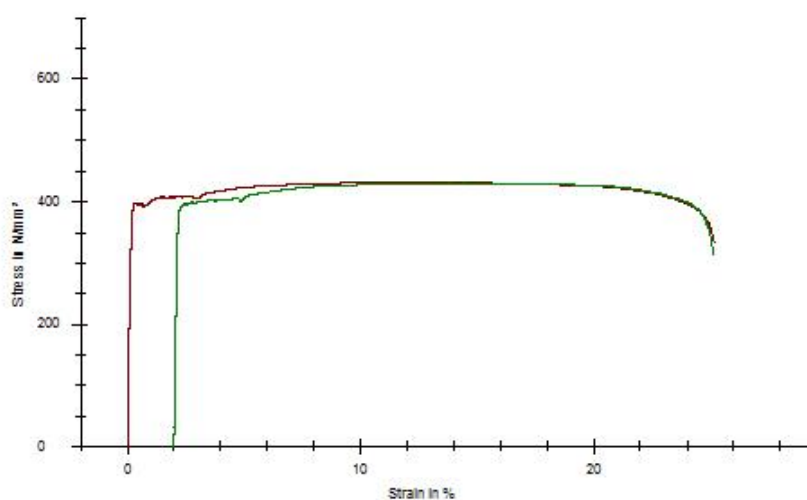
S280GD+ZA200-A, BH2 loppu PO

S280GD+ZA200-A; RP8520; BH2 loppuveto PO

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavenymä %
1	221003,65	395,92	408,56	397,61	431,24	25,04	11,26
2	240000,00	393,27	402,91	397,14	430,20	23,00	12,26

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavenymä %
n = 2							
x	230501,82	394,59	405,73	397,37	430,72	24,02	11,76
s	13432,45	1,87	3,99	0,33	0,74	1,44	0,71
v	5,83	0,47	0,98	0,08	0,17	6,00	6,05

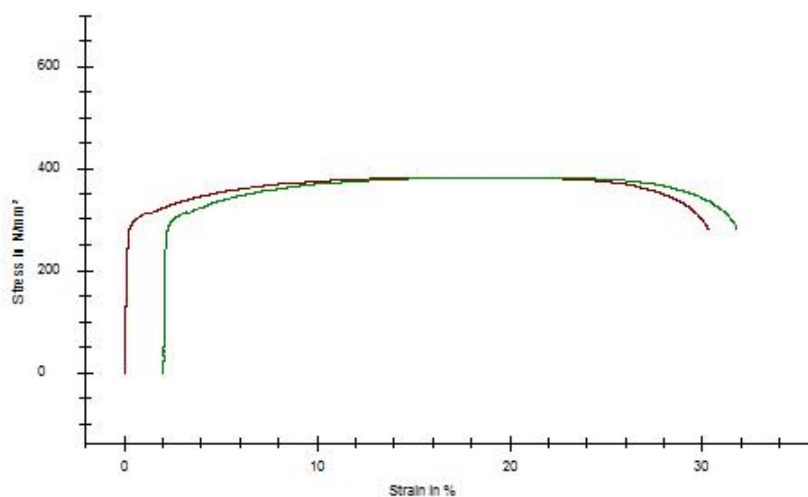
HX260LAD-Z140-B, AI 0-veto PI

MC-HSF-260-Z140B; R51890; AI 0-veto PI

Results:

	E-Modulus	Rp 0.2	Rp x	ReH	Rm	A80	Tasavennymä
Nr	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
1	177142,84	290,69	325,13	-	381,92	30,21	17,35
2	204117,65	290,51	325,69	-	381,82	29,61	17,49

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus	Rp 0.2	Rp x	ReH	Rm	A80	Tasavennymä
n = 2	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
x	190630,25	290,60	325,41	-	381,87	29,91	17,42
s	19074,07	0,12	0,40	-	0,08	0,43	0,10
v	10,01	0,04	0,12	-	0,02	1,42	0,59

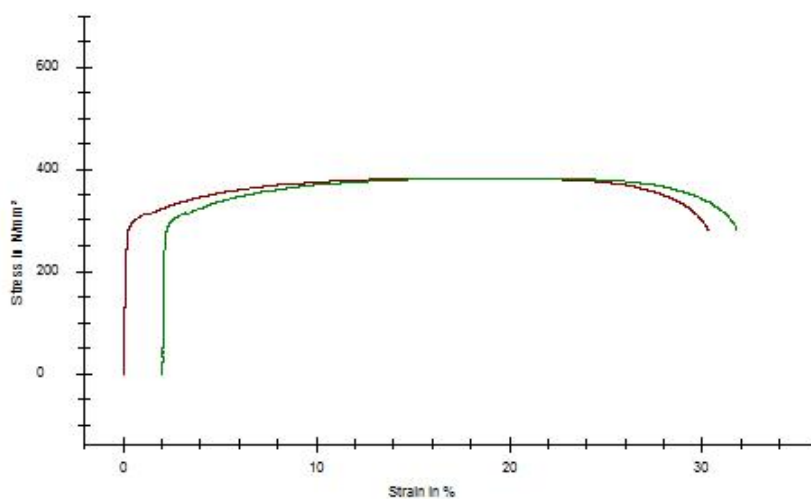
HX260LAD-Z140-B, AI 0-veto PO

MC-HSF-260-Z140B; R51890; AI 0-veto PO]

Results:

	E-Modulus	Rp 0.2	Rp x	ReH	Rm	A80	Tasavennymä
Nr	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
1	177142,84	290,69	325,13	-	381,92	30,21	17,35
2	204117,65	290,51	325,69	-	381,82	29,61	17,49

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus	Rp 0.2	Rp x	ReH	Rm	A80	Tasavennymä
n = 2	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
x	190630,25	290,60	325,41	-	381,87	29,91	17,42
s	19074,07	0,12	0,40	-	0,08	0,43	0,10
v	10,01	0,04	0,12	-	0,02	1,42	0,59

HX260LAD-Z140-B, BH2 2% PI

Zwick / Roell

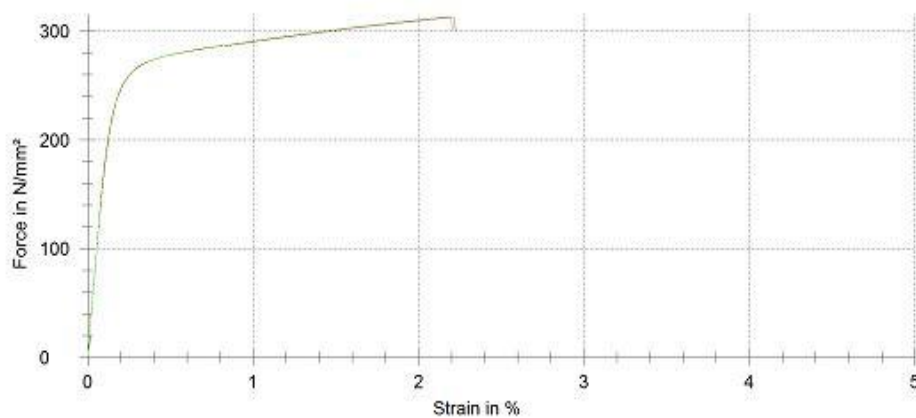
Test report

Material : MC-HSF-260-Z140B; R51890; BH2 2% PI

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 N/mm²s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 N/mm²s

Test results:

Nr	mE GPa	R _{p0.2} MPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
1	178	271	311	-	-	313	2,0
2	187	270	312	-	-	313	2,0

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	mE GPa	R _{p0.2} MPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
x	183	270	312	-	-	313	2,0
s	6,13	0,528	0,504	-	-	0,361	0,0
v	3,36	0,20	0,16	-	-	0,12	0,54

HX260LAD-Z140-B, BH2 2% PO

Zwick / Roell

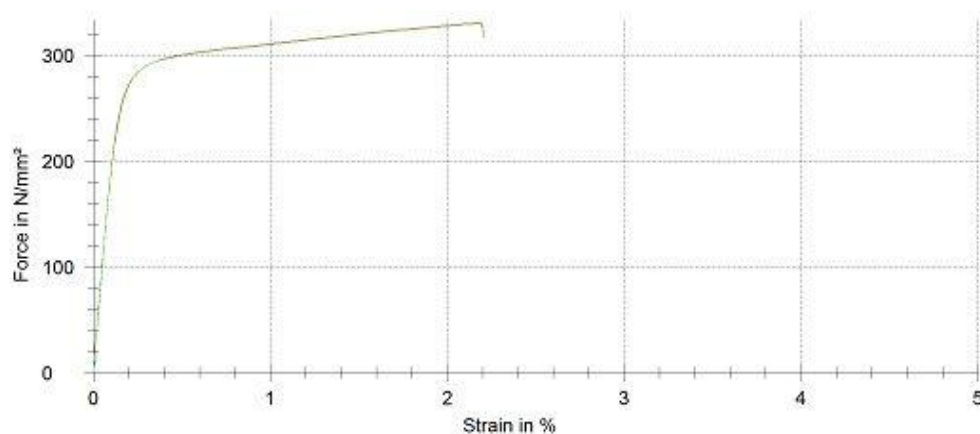
Test report

Material : MC-HSF-260-Z140B; R51890; BH2 2% PO

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 N/mm²s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 N/mm²s

Test results:

Nr	m _E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
1	201	294	330	-	-	331	2.0
2	200	294	329	-	-	330	2.0

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	m _E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
\bar{x}	200	294	329	-	-	330	2.0
s	0,724	0,113	0,641	-	-	0,666	0,0
v	0,36	0,04	0,19	-	-	0,20	0,07

HX260LAD-Z140-B, BH2 loppu PI

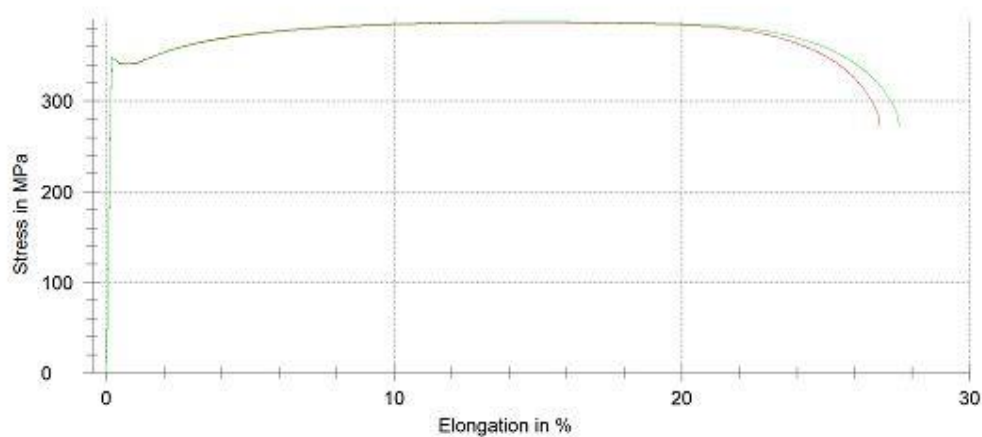
Zwick / Roell**Test report**

Material : MC-HSF-260-Z140B; R51890; BH2 loppuveto PI

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₅₀ %
1	202	344	348	340	387	13,82	26,7
2	202	344	347	340	387	14,92	27,4

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₅₀ %
\bar{x}	202	344	347	340	387	14,37	27,1
s	1	0	0	0	1	0,78	0,5
v	0,29	0,03	0,11	0,00	0,15	5,42	1,76

HX260LAD-Z140-B, BH2 loppu PO

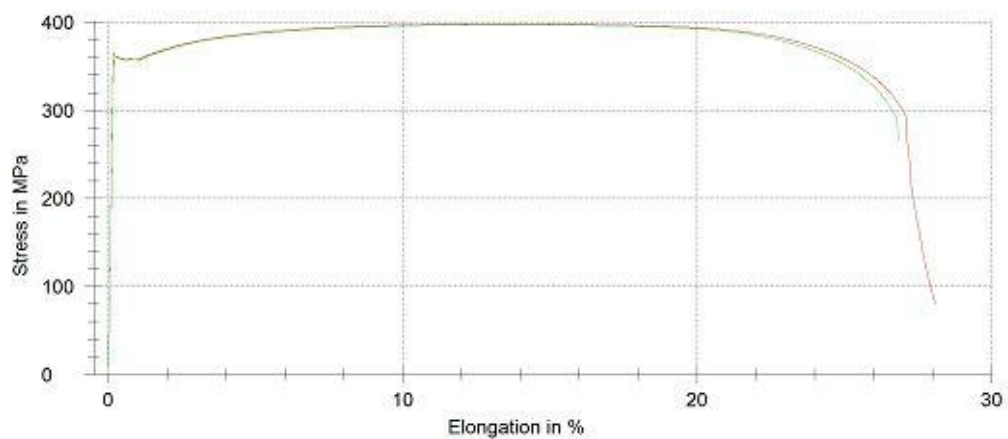
Zwick / Roell**Test report**

Material : MC-HSF-260-Z140B; R51890; BH2 loppuveto PO

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	216	360	365	357	398	13,56	28,1
2	213	359	364	357	397	12,72	26,7

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
x	215	359	364	357	398	13,14	27,4
s	2	1	1	0	1	0,60	1,0
v	1,14	0,17	0,24	0,10	0,15	4,54	3,48

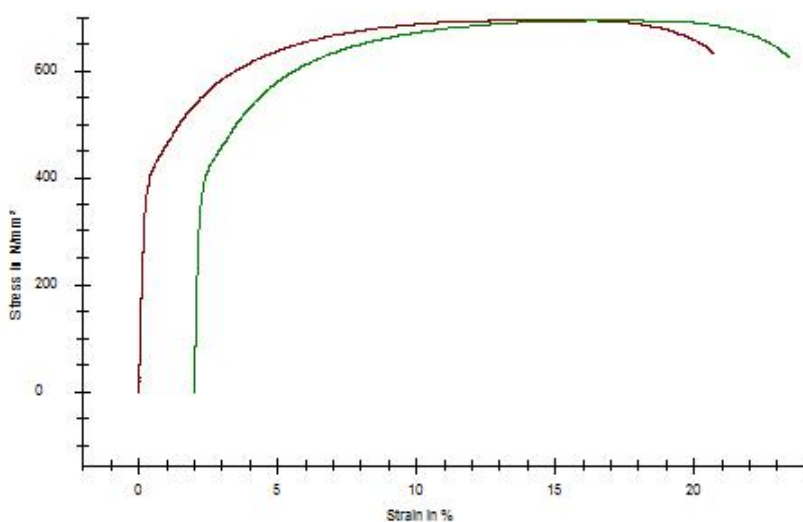
LITEC 600DP+Z100-M-B, AI 0-veto PI

LITEC 600DP+Z100-M-B; R59120; AI 0-veto PI

Results:

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavennymä %
1	213333,33	397,73	550,06	-	695,36	20,43	14,22
2	251428,58	391,36	543,42	-	694,15	21,18	14,48

Series graphics:



Statistics:

	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavennymä %
n = 2							
x	232380,96	394,54	546,74	-	694,76	20,80	14,35
s	26937,40	4,51	4,70	-	0,85	0,53	0,18
v	11,59	1,14	0,86	-	0,12	2,55	1,28

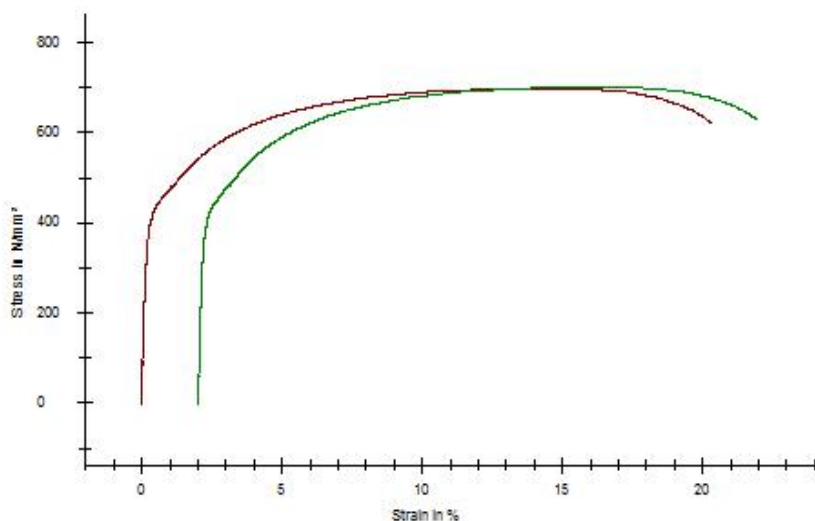
LITEC 600DP+Z100-M-B, AI 0-veto PO

LITEC 600DP+Z100-M-B; R59120; AI 0-veto PO

Results

Nr	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavennymä %
1	338069,32	402,98	549,68	-	698,03	20,17	14,16
2	232139,92	415,30	557,51	-	701,02	19,70	13,68

Series graphics:



Statistics:

n = 2	E-Modulus N/mm ²	Rp 0.2 N/mm ²	Rp x N/mm ²	ReH N/mm ²	Rm N/mm ²	A80 %	Tasavennymä %
x	285104,62	409,14	553,60	-	699,53	19,94	13,92
s	74903,40	8,71	5,54	-	2,12	0,33	0,34
v	26,27	2,13	1,00	-	0,30	1,68	2,41

LITEC 600DP+Z100-M-B, Al 30min100C PO

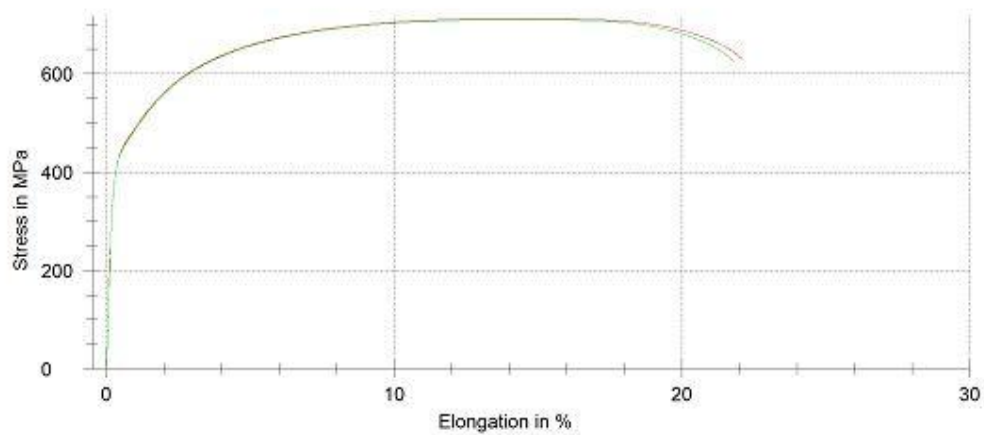
Zwick / Roell**Test report**

Material : LITEC 600DP+Z100-M-B; R59120; Al 30min100C PO

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{0,2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₅₀ %
1	190	428	-	-	712	14,40	21,8
2	187	429	-	-	710	13,78	21,5

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{0,2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₅₀ %
x	188	428	-	-	711	14,09	21,6
s	2	0	-	-	1	0,44	0,2
v	1,14	0,11	-	-	0,15	3,16	0,98

LITEC 600DP+Z100-M-B, BH2 2% PI

Zwick / Roell

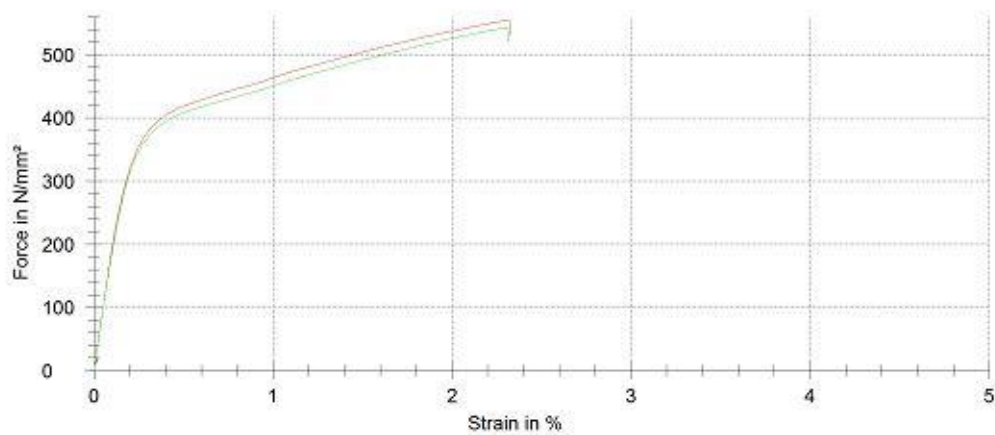
Test report

Material : LITEC 600DP+Z100-M-B; R59120; BH2 2% PI

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 N/mm²s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 N/mm²s

Test results:

Nr	m _E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
1	191	406	551	-	-	555	2,0
2	190	395	539	-	-	543	2,0

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	m _E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
\bar{x}	191	401	545	-	-	549	2,0
s	0,424	7,63	8,07	-	-	8,40	0,0
v	0,22	1,90	1,48	-	-	1,53	0,34

LITEC 600DP+Z100-M-B, BH2 2% PO

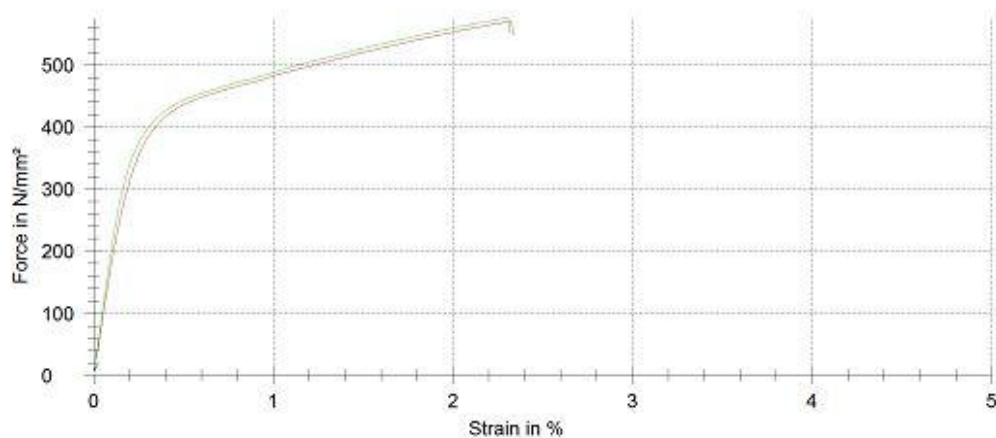
Zwick / Roell**Test report**

Material : LITEC 600DP+Z100-M-B, R59120; BH2 2% PO

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 N/mm²s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 N/mm²s

Test results:

Nr	m _E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
1	186	423	567	-	-	570	2,0
2	207	427	572	-	-	576	2,0

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	m _E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
x	197	425	569	-	-	573	2,0
s	15,2	2,91	3,50	-	-	3,89	0,0
v	7,71	0,68	0,61	-	-	0,68	0,48

LITEC 600DP+Z100-M-B, BH2 loppu PI

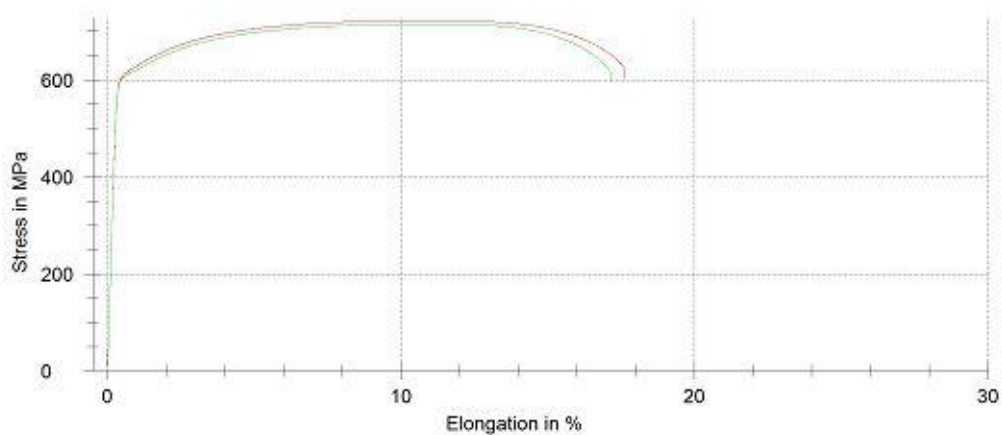
Zwick / Roell**Test report**

Material : LITEC 600DP+Z100-M-B; R59120; BH2 loppuveto PI

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₅₀ %
1	194	608	-	-	723	10,39	17,3
2	189	604	-	-	715	10,42	16,8

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₅₀ %
\bar{x}	192	606	-	-	719	10,40	17,1
s	4	3	-	-	5	0,02	0,3
v	1,87	0,43	-	-	0,73	0,15	1,99

LITEC 600DP+Z100-M-B, BH2 loppu PO

Zwick / Roell

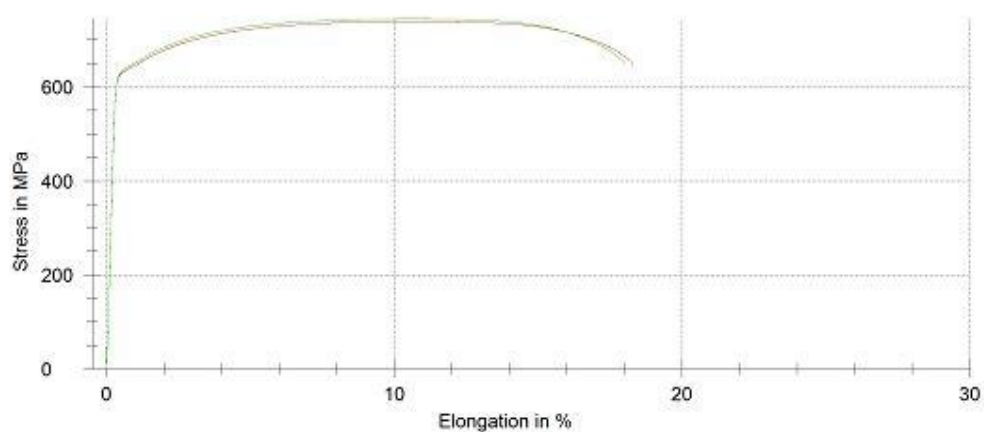
Test report

Material : LITEC 600DP+Z100-M-B; R59120; BH2 loppuveto PO

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	212	627	-	-	739	10,21	18,0
2	210	632	-	-	744	10,36	17,7

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
x	211	629	-	-	742	10,29	17,8
s	1	3	-	-	4	0,10	0,2
v	0,64	0,52	-	-	0,53	1,01	0,97

DX51D+Z275-M-A, Al 0-veto PI



Test report

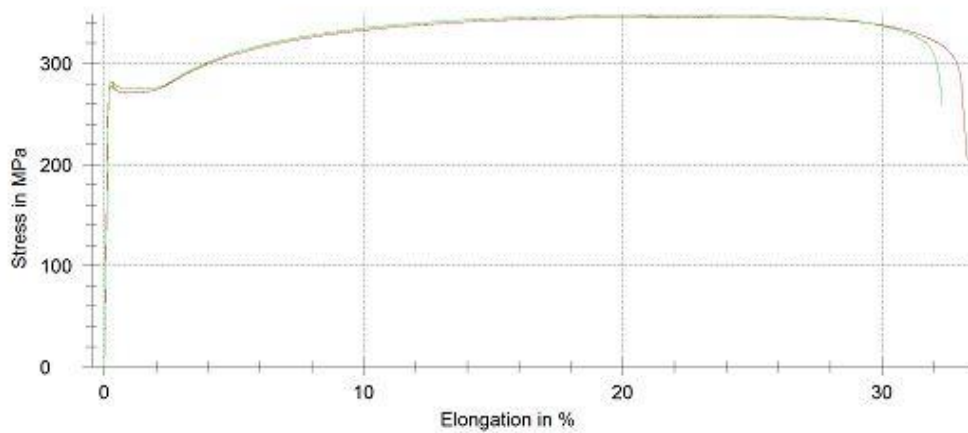
Material : DX51D+Z275-M-A; R58100; Al 0-veto PI

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	191	278	277	271	346	22,88	33,2
2	190	281	282	275	348	20,95	32,2

Series graph:



Statistics:

Series n = 2	E GPa	R _{0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
x	191	280	280	273	347	21,91	32,7
s	1	2	3	3	1	1,37	0,7
v	0,59	0,76	1,18	1,06	0,41	6,24	2,14

DX51D+Z275-M-A, AI 0-veto PO

Zwick / Roell

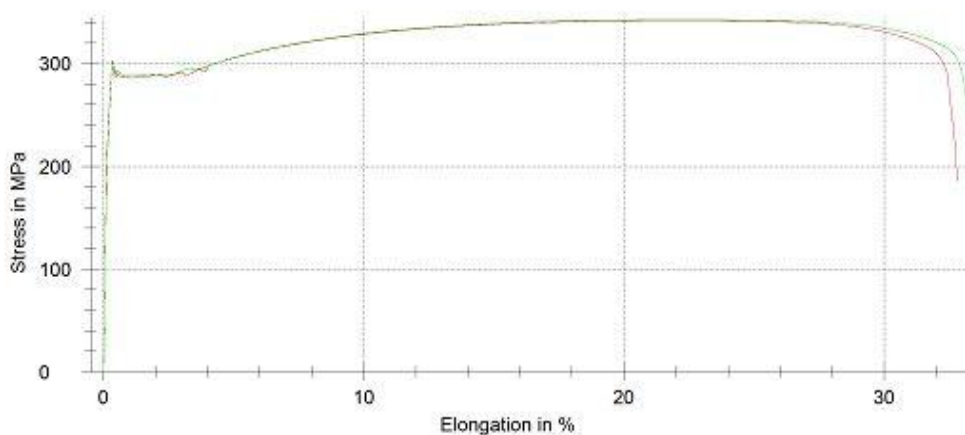
Test report

Material : DX51D+Z275-M-A; R58100; AI 0-veto PO

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	204	303	303	286	342	22,01	32,7
2	188	301	301	288	343	22,17	33,1

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
x	196	302	302	287	342	22,09	32,9
s	11	1	1	1	1	0,11	0,3
v	5,64	0,31	0,34	0,46	0,19	0,50	0,78

DX51D+Z275-M-A, Al 30min100C PI

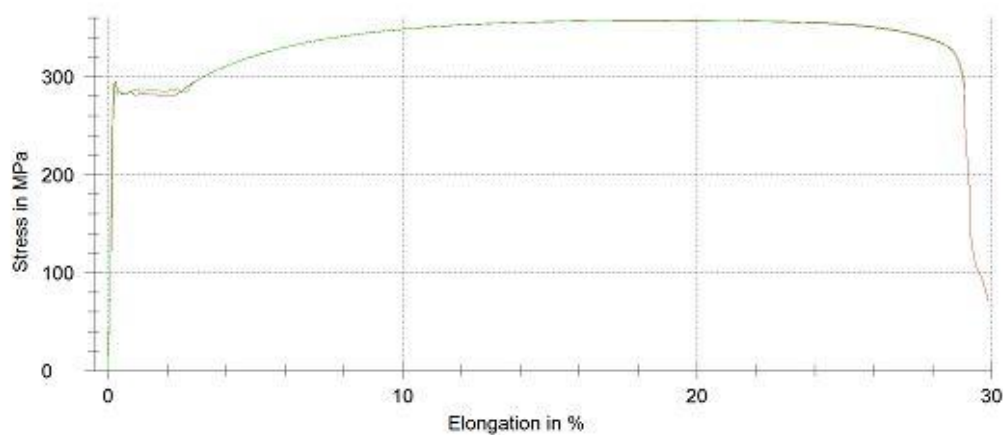
Zwick / Roell**Test report**

Material : DX51D+Z275-M-A; R58100; Al 30min100C PI

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	168	285	234	122	358	18,73	29,8
2	182	284	294	281	358	19,60	28,9

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
x	175	285	264	201	358	19,17	29,4
s	10	0	42	112	0	0,62	0,6
v	5,57	0,02	15,90	55,70	0,00	3,21	2,14

DX51D+Z275-M-A, AI 30min100C PO

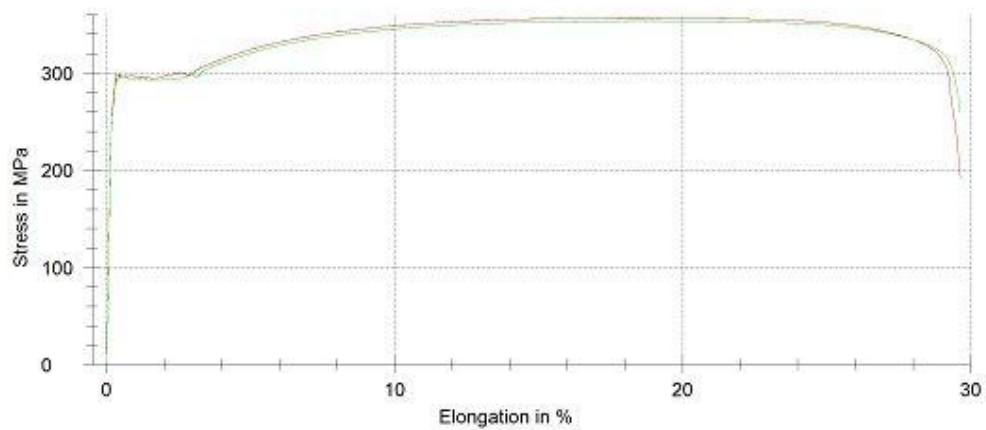
Zwick / Roell**Test report**

Material : DX51D+Z275-M-A; R58100; AI 30min100C PO

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	180	298	299	294	357	18,93	29,5
2	185	292	295	292	354	18,31	29,5

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
x	183	295	297	293	355	18,62	29,5
s	4	4	3	1	2	0,43	0,0
v	1,95	1,41	0,92	0,47	0,70	2,32	0,14

DX51D+Z275-M-A, BH2 2% PI

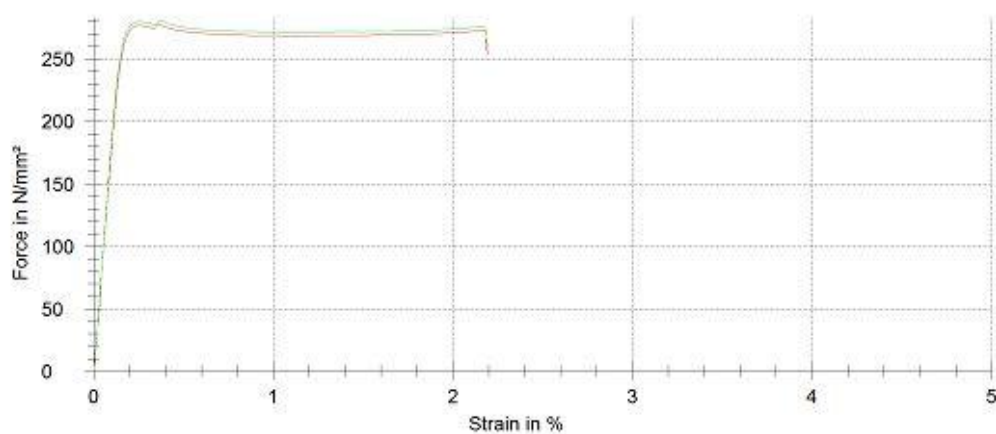
Zwick / Roell**Test report**

Material : DX51D+Z275-M-A; R58100; BH2 2% PI

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 N/mm²s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 N/mm²s

Test results:

Nr	mE GPa	R _{p0.2} MPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
1	179	278	272	277	-	-	-
2	182	278	275	280	-	-	-

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	mE GPa	R _{p0.2} MPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
x	181	278	273	278	-	-	-
s	1,57	0,136	2,17	2,18	-	-	-
v	0,87	0,05	0,79	0,78	-	-	-

DX51D+Z275-M-A, BH2 2% PO 1

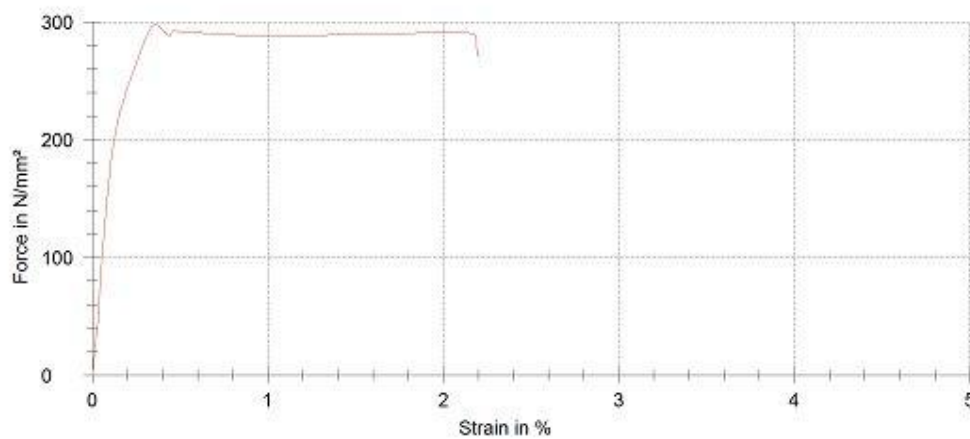
Zwick / Roell**Test report**

Material : DX51D+Z275-M-A; R58100; BH2 2% PO1

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 N/mm²s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 N/mm²s

Test results:

Nr	m _E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
1	182	298	291	298	-	-	-

Series graph:**Statistics:**

Series	m _E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
n = 1							
x	182	298	291	298	-	-	-
s	-	-	-	-	-	-	-
v	-	-	-	-	-	-	-

DX51D+Z275-M-A, BH2 2% PO 2



Test report

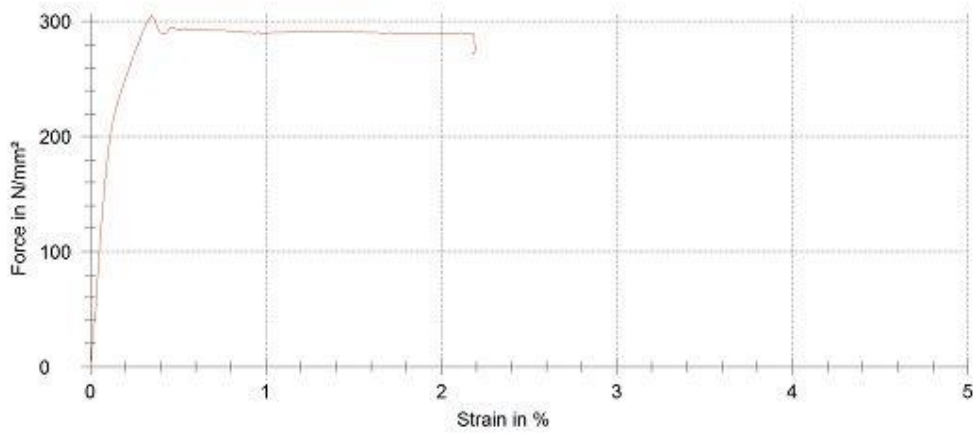
Material : DX51D+Z275-M-A; R58100; BH2 2% PO2

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 N/mm²s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 N/mm²s

Test results:

Nr	mE GPa	R _{p0.2} MPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
2	211	304	290	304	-	-	-

Series graph:



Statistics:

Series n = 1	mE GPa	R _{p0.2} MPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
x	211	304	290	304	-	-	-
s	-	-	-	-	-	-	-
v	-	-	-	-	-	-	-

DX51D+Z275-M-A, BH2 loppu PI

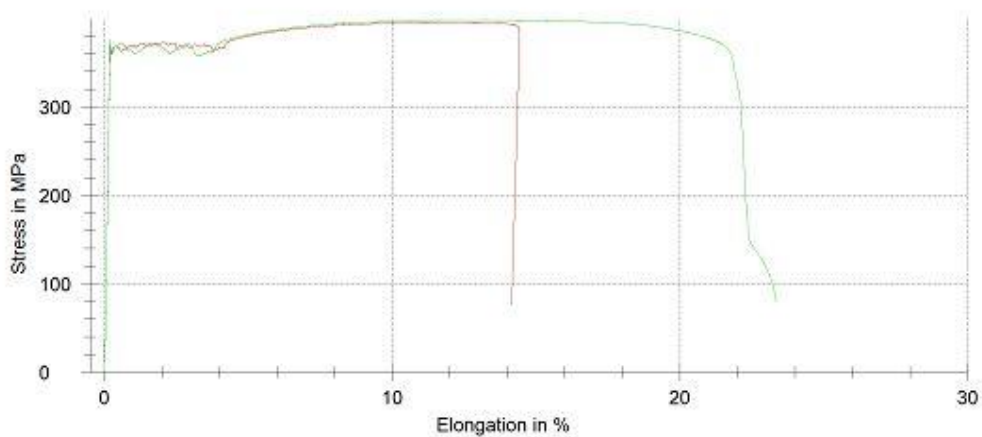
Zwick / Roell**Test report**

Material : DX51D+Z275-M-A; R58100; BH2 loppuveto PI

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₉₀ %
1	194	368	375	350	396	11,29	14,1
2	197	368	377	356	398	12,25	23,3

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₉₀ %
\bar{x}	196	368	376	354	397	11,77	18,7
s	2	0	1	5	2	0,68	6,5
v	0,81	0,08	0,37	1,46	0,50	5,79	34,79

DX51D+Z275-M-A, BH2 loppu PO

Zwick / Roell

Test report

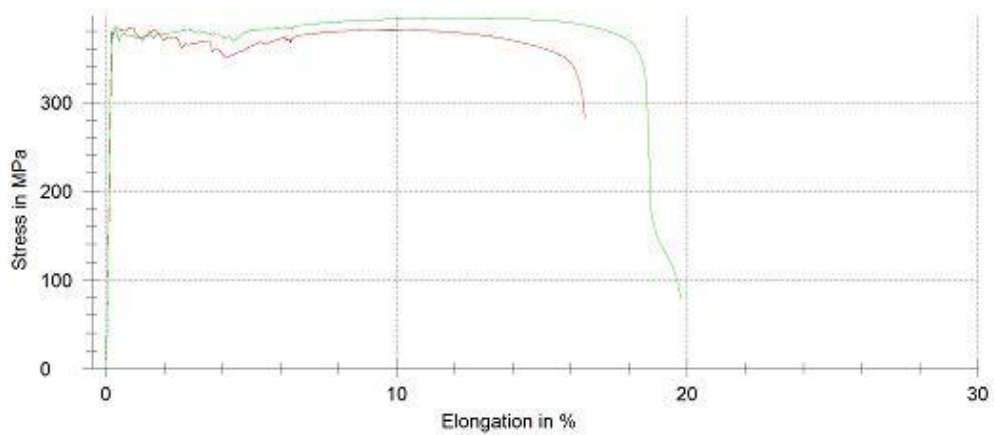
Material : DX51D+Z275-M-A; R58100; BH2 loppuveto PO

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{0,2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	194	384	380	350	382	9,54	16,3
2	205	377	379	368	395	11,50	19,8

Series graph:



Statistics:

Series n = 2	E GPa	R _{0,2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
\bar{x}	199	381	380	359	388	10,52	18,0
s	8	5	1	13	9	1,38	2,4
v	4,02	1,34	0,33	3,49	2,43	13,16	13,47

S350GD+Z275-M-C, AI 0-veto PI

Zwick / Roell

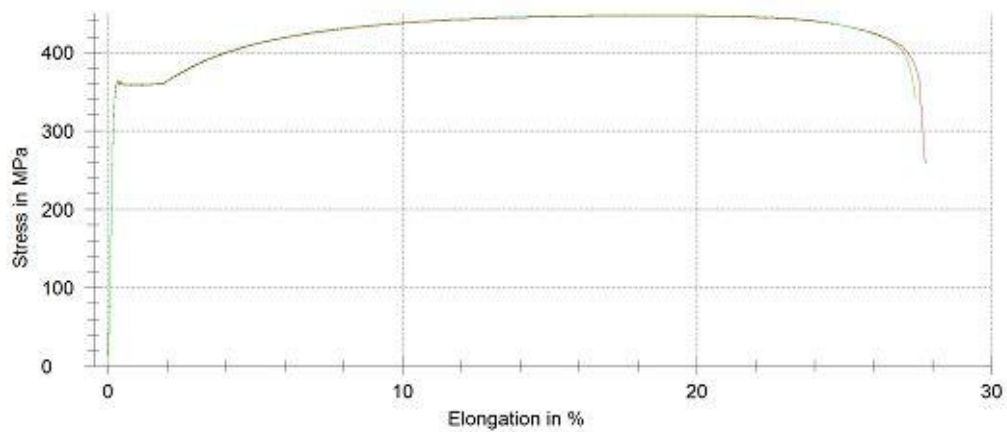
Test report

Material : S350GD+Z275-M-C; R92091; AI 0-veto PI

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	187	359	362	358	447	17,97	27,6
2	184	361	364	359	448	17,99	27,2

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
\bar{x}	186	360	363	358	447	17,98	27,4
s	2	1	2	1	1	0,01	0,3
v	1,00	0,40	0,45	0,26	0,23	0,06	0,96

S350GD+Z275-M-C, AI 0-veto PO

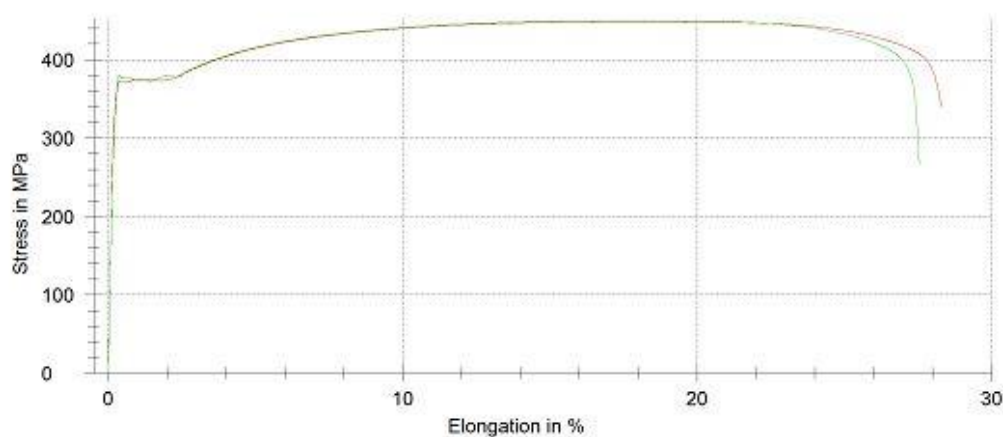
Zwick / Roell**Test report**

Material : S350GD+Z275-M-C; R92091; AI 0-veto PO

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	186	373	-	-	449	18,42	28,1
2	196	378	381	374	450	16,42	27,4

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
x	191	375	381	374	450	17,42	27,8
s	8	4	-	-	1	1,42	0,5
v	3,98	0,94	-	-	0,14	8,12	1,80

S350GD+Z275-M-C, AI 30min100C PI

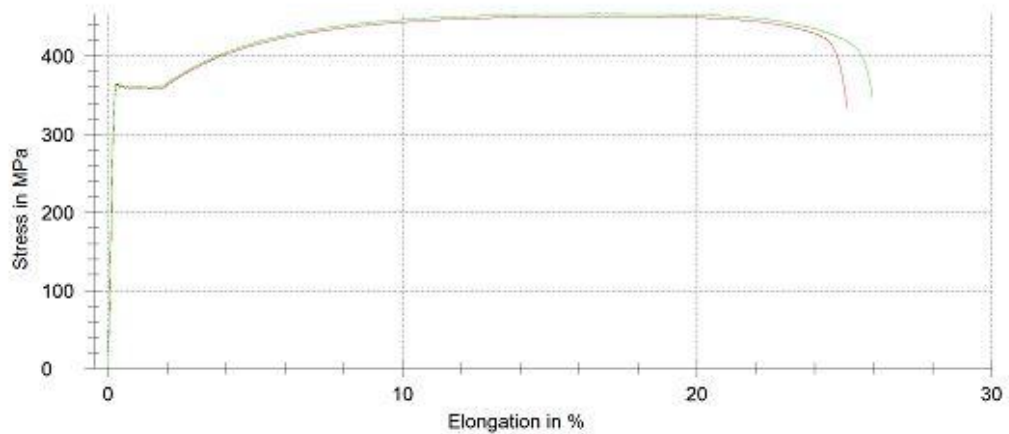
Zwick / Roell**Test report**

Material : S350GD+Z275-M-C; R92091; AI 30min100C PI

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	186	361	364	357	451	16,18	24,9
2	186	365	365	360	454	16,39	25,8

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
x	186	363	365	358	452	16,29	25,3
s	0	3	0	2	2	0,15	0,6
v	0,05	0,79	0,09	0,45	0,52	0,91	2,38

S350GD+Z275-M-C, AI 30min100C PO

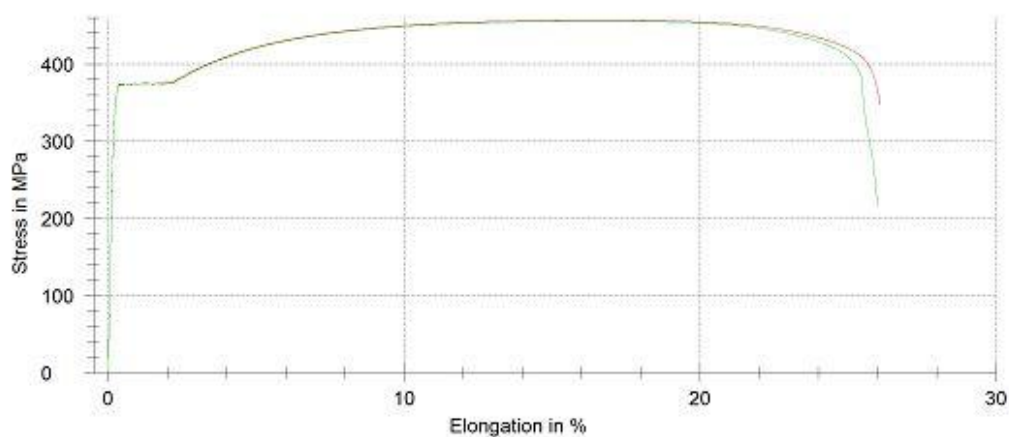
Zwick / Roell**Test report**

Material : S350GD+Z275-M-C; R92091; AI 30min100C PO

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₅₀ %
1	192	373	-	-	457	16,33	25,9
2	195	372	-	-	456	17,04	25,9

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₅₀ %
\bar{x}	193	373	-	-	456	16,68	25,9
s	2	1	-	-	1	0,50	0,0
v	1,03	0,25	-	-	0,13	3,00	0,03

S350GD+Z275-M-C, BH2 2% PI

Zwick / Roell

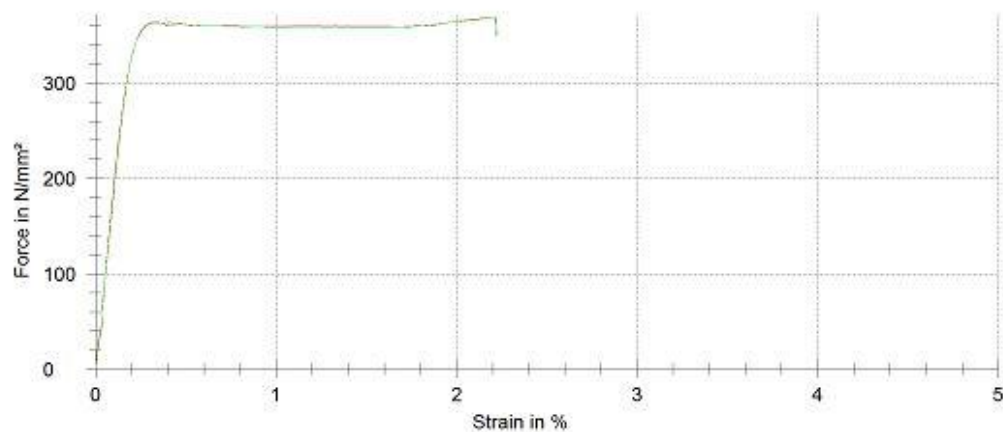
Test report

Material : S350GD+Z275-M-C; R92091; BH2 2% PI

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 N/mm²s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 N/mm²s

Test results:

Nr	mE GPa	R _{p0.2} MPa	R _{px2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
1	188	360	368	364	-	-	-
2	199	362	367	363	-	-	-

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	mE GPa	R _{p0.2} MPa	R _{px2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
\bar{x}	194	361	367	363	-	-	-
s	7,48	0,950	0,430	0,480	-	-	-
v	3,86	0,26	0,12	0,13	-	-	-

S350GD+Z275-M-C, BH2 2% PO

Zwick / Roell

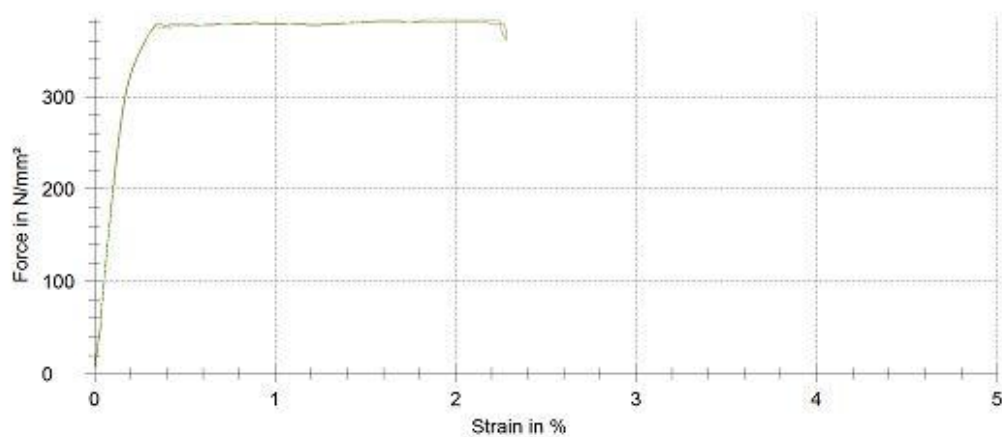
Test report

Material : S350GD+Z275-M-C; R92091; BH2 2% PO

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 N/mm²s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 N/mm²s

Test results:

Nr	m _E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
1	205	377	380	379	-	-	-
2	198	374	384	376	-	-	-

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	m _E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
x	201	376	382	378	-	-	-
s	5,33	2,06	2,24	2,04	-	-	-
v	2,64	0,55	0,59	0,54	-	-	-

S350GD+Z275-M-C, BH2 loppu PI

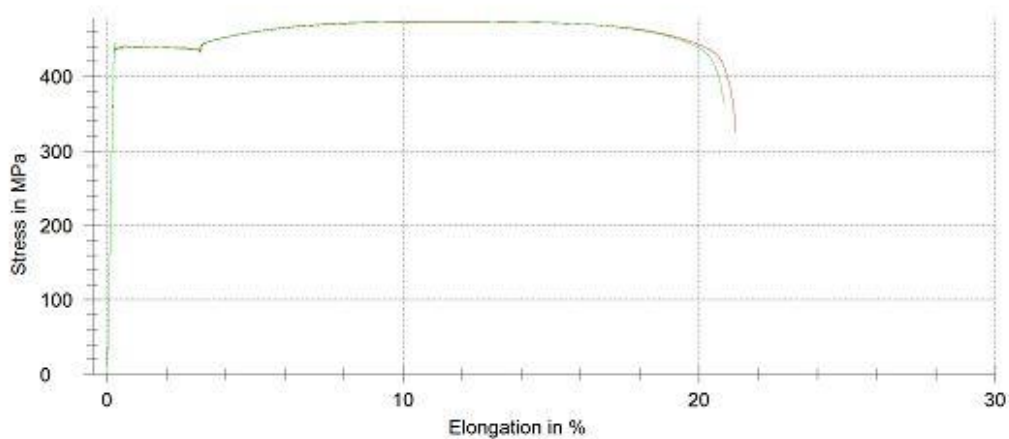
Zwick / Roell**Test report**

Material : S350GD+Z275-M-C; R92091; BH2 loppuveto PI

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	188	439	440	432	474	10,52	21,1
2	187	439	446	428	475	10,89	20,6

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
\bar{x}	187	439	443	430	474	10,71	20,8
s	1	0	4	3	0	0,26	0,3
v	0,49	0,09	0,93	0,77	0,08	2,41	1,40

S350GD+Z275-M-C, BH2 loppu PO

Zwick / Roell

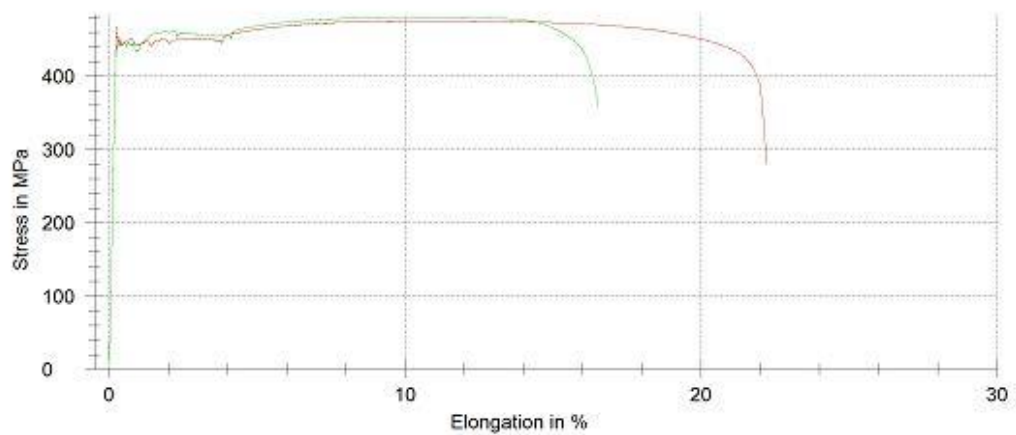
Test report

Material : S350GD+Z275-M-C; R92091; BH2 loppuveto PO

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	193	443	468	441	476	10,41	22,1
2	195	447	447	434	481	10,16	16,3

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
\bar{x}	194	445	458	437	478	10,29	19,2
s	1	3	15	5	3	0,18	4,1
v	0,72	0,69	3,17	1,21	0,72	1,70	21,21

HX340LAD+Z140-M-B, AI 0-veto PI

Zwick / Roell

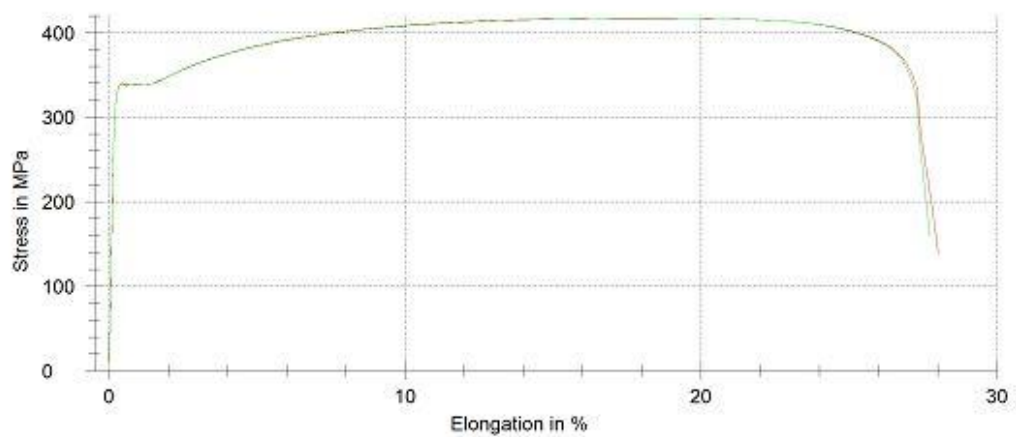
Test report

Material : HX340LAD+Z140-M-B; R97620; AI 0-veto PI

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	177	339	340	337	417	17,71	27,9
2	197	339	340	338	417	17,37	27,6

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
\bar{x}	187	339	340	338	417	17,54	27,8
s	14	0	0	0	0	0,24	0,2
v	7,59	0,01	0,13	0,06	0,05	1,36	0,72

HX340LAD+Z140-M-B, AI 0-veto PO

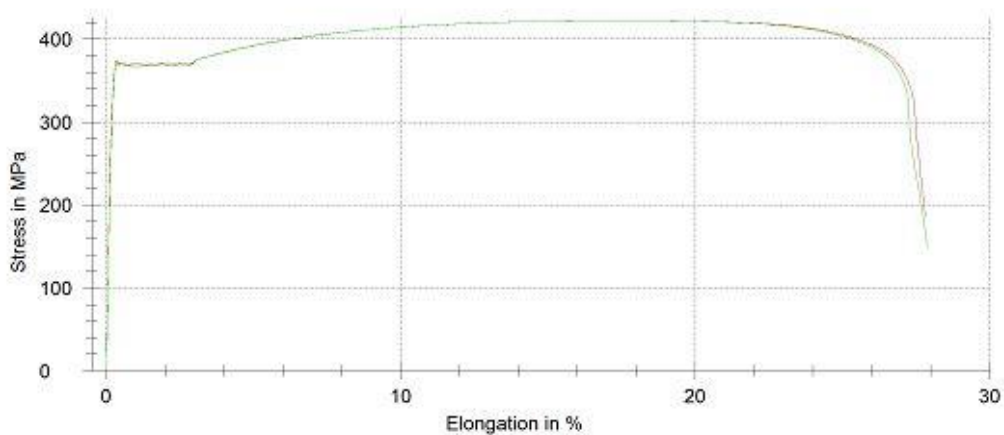
Zwick / Roell**Test report**

Material : HX340LAD+Z140-M-B; R97620; AI 0-veto PO

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	201	370	374	367	422	16,87	27,7
2	197	371	373	368	422	16,81	27,8

Series graph:**Statistics:**

Series	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
n = 2							
\bar{x}	199	370	374	367	422	16,84	27,8
s	3	0	1	1	0	0,05	0,1
v	1,56	0,13	0,21	0,16	0,01	0,27	0,21

HX340LAD+Z140-M-B, AI 30min100C PI

Zwick / Roell

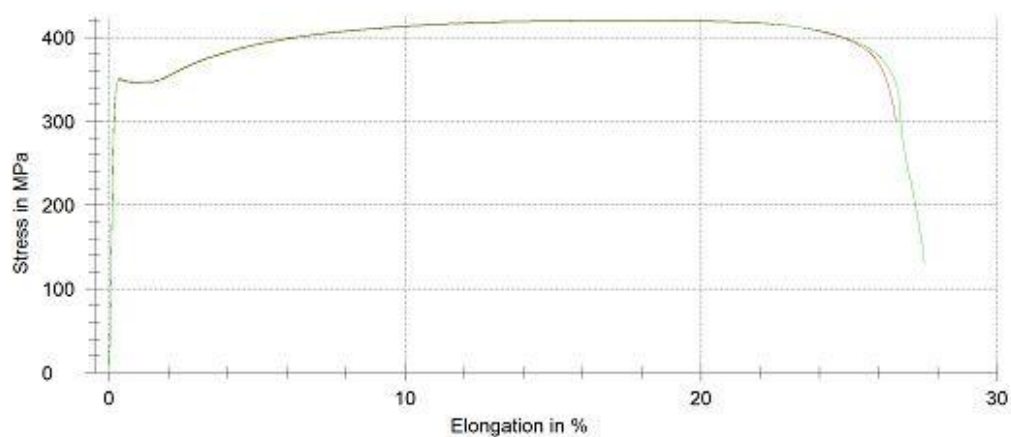
Test report

Material : HX340LAD+Z140-M-B; R97620; AI 30min100C PI

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{0,2} MPa	R _{0H} MPa	R _{0L} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	193	349	350	345	421	16,83	26,4
2	186	350	351	347	420	17,83	27,5

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{0,2} MPa	R _{0H} MPa	R _{0L} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
x	189	350	351	346	420	17,33	26,9
s	5	1	1	1	0	0,71	0,7
v	2,46	0,23	0,27	0,25	0,11	4,10	2,78

HX340LAD+Z140-M-B, AI 30min100C PO

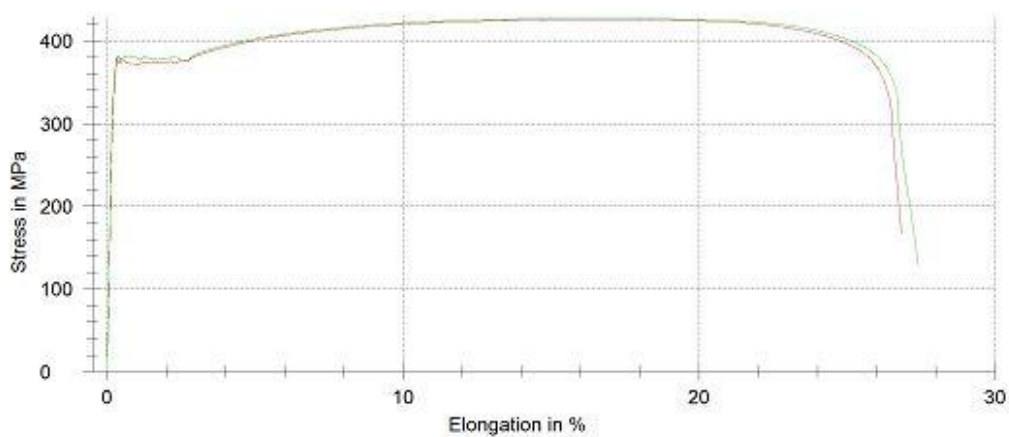
Zwick / Roell**Test report**

Material : HX340LAD+Z140-M-B; R97620; AI 30min100C PO

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	188	375	379	371	426	15,94	26,7
2	199	381	382	375	427	16,04	27,3

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
x	194	378	380	373	426	15,99	27,0
s	8	5	2	2	1	0,07	0,4
v	3,89	1,24	0,53	0,65	0,25	0,42	1,55

HX340LAD+Z140-M-B, BH2 2% PI

Zwick / Roell

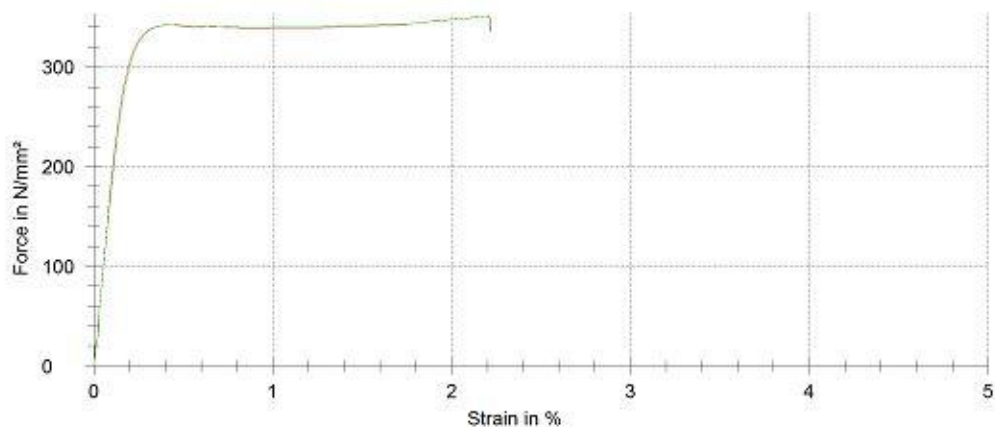
Test report

Material : HX340LAD+Z140-M-B; R97620; BH2 2% PI

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 N/mm²s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 N/mm²s

Test results:

Nr	m _E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
1	193	342	350	342	-	-	-
2	187	342	350	342	-	-	-

Series graph:**Statistics:**

Series	m _E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
n = 2							
\bar{x}	190	342	350	342	-	-	-
s	3,67	0,105	0,0830	0,0207	-	-	-
v	1,93	0,03	0,02	0,01	-	-	-

HX340LAD+Z140-M-B, BH2 2% PO

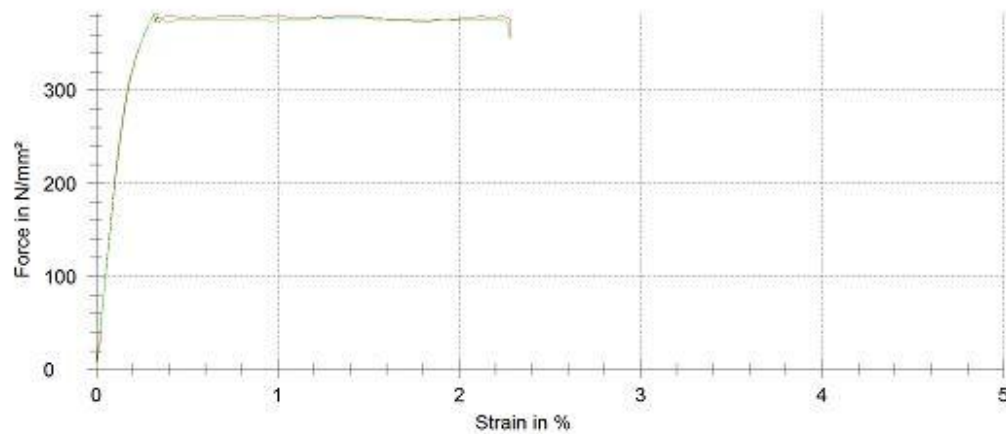
Zwick / Roell**Test report**

Material : HX340LAD+Z140-M-B; R97620; BH2 2% PO

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 N/mm²s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 N/mm²s

Test results:

Nr	mE GPa	R _{p0.2} MPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
1	198	379	379	380	-	-	-
2	193	373	377	383	-	-	-

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	mE GPa	R _{p0.2} MPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
x	195	376	378	381	-	-	-
s	3,48	4,12	1,70	1,70	-	-	-
v	1,78	1,09	0,45	0,45	-	-	-

HX340LAD+Z140-M-B, BH2 loppu PI

Zwick / Roell

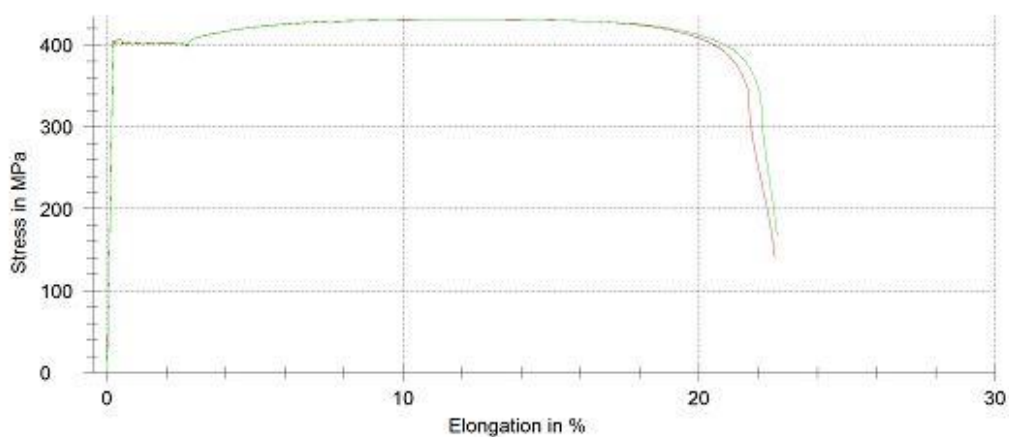
Test report

Material : HX340LAD+Z140-M-B; R97620; BH2 loppuveto PI

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	199	406	405	398	432	11,61	22,5
2	196	404	404	398	431	11,68	22,6

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
\bar{x}	197	405	404	398	431	11,64	22,5
s	2	2	1	0	0	0,05	0,0
v	1,01	0,51	0,25	0,08	0,03	0,44	0,18

HX340LAD+Z140-M-B, BH2 loppu PO

Zwick / Roell**Test report**

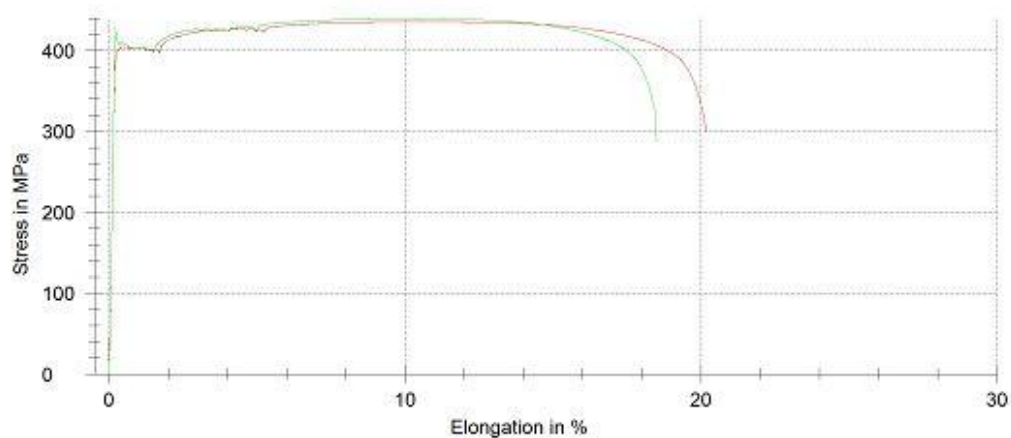
Material : HX340LAD+Z140-M-B; R97620; BH2 loppuveto PO

Machine data :

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	206	404	404	397	436	10,29	20,0
2	206	410	430	397	439	10,18	18,4

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
\bar{x}	206	407	417	397	438	10,24	19,2
s	0	4	18	1	3	0,08	1,2
v	0,08	1,01	4,32	0,15	0,60	0,82	6,17

HX220D-Z140-B, AI 0-veto PI

Zwick / Roell

Test report

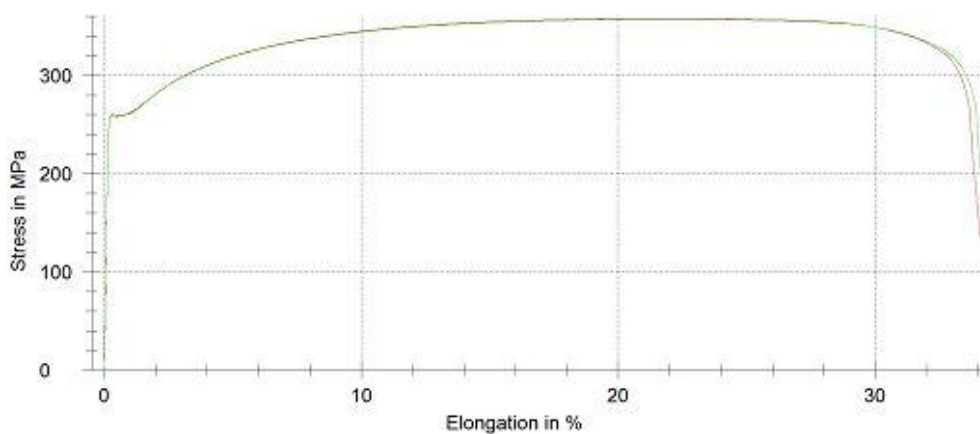
Material : V-1357-53-Z100B; R87310; AI 0-veto PI

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	164	261	261	259	358	21,11	34,0
2	159	258	259	257	357	21,11	34,3

Series graph:



Statistics:

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
\bar{x}	161	259	260	258	358	21,11	34,2
s	4	2	1	1	0	0,00	0,2
v	2,38	0,58	0,56	0,46	0,12	0,02	0,64

HX220D-Z140-B, AI 0-veto PO

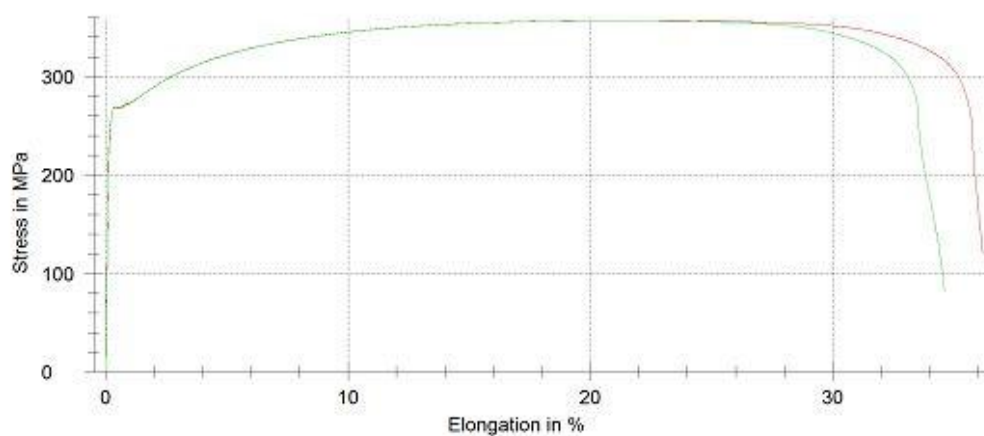
Zwick / Roell**Test report**

Material : V-1357-53-Z100B; R87310; AI 0-veto PO

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₅₀ %
1	199	269	-	-	357	20,96	36,1
2	189	269	-	-	357	20,89	34,6

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₅₀ %
x	194	269	-	-	357	20,93	35,4
s	7	0	-	-	0	0,04	1,1
v	3,54	0,02	-	-	0,03	0,21	3,12

HX220D-Z140-B, Al 30min100C PI

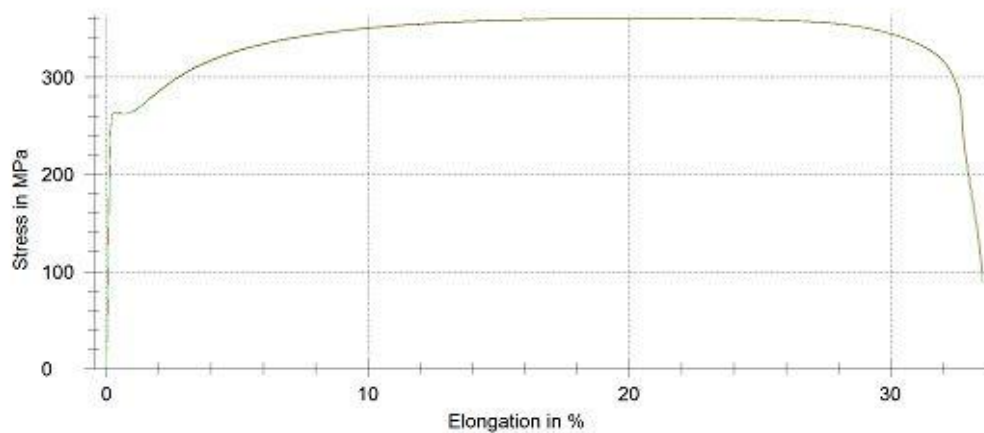
Zwick / Roell**Test report**

Material : V-1357-53-Z100B; R87310; Al 30min100C PI

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{sL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	196	264	264	262	361	21,09	33,5
2	189	264	264	262	360	20,16	33,5

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{sL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
\bar{x}	193	264	264	262	361	20,62	33,5
s	5	0	0	0	0	0,66	0,0
v	2,72	0,03	0,02	0,08	0,12	3,19	0,01

HX220D-Z140-B, Al 30min100C PO

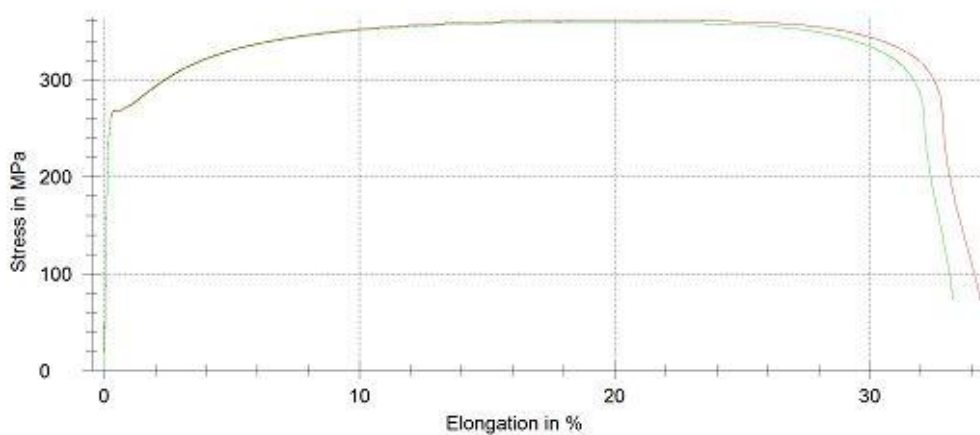
Zwick / Roell**Test report**

Material : V-1357-53-Z100B; R87310; Al 30min100C PO

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	188	267	-	-	362	20,18	34,3
2	195	266	-	-	359	19,47	33,2

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
x	191	267	-	-	360	19,83	33,8
s	4	1	-	-	2	0,50	0,8
v	2,29	0,24	-	-	0,44	2,53	2,25

HX220D-Z140-B, BH2 2% PI

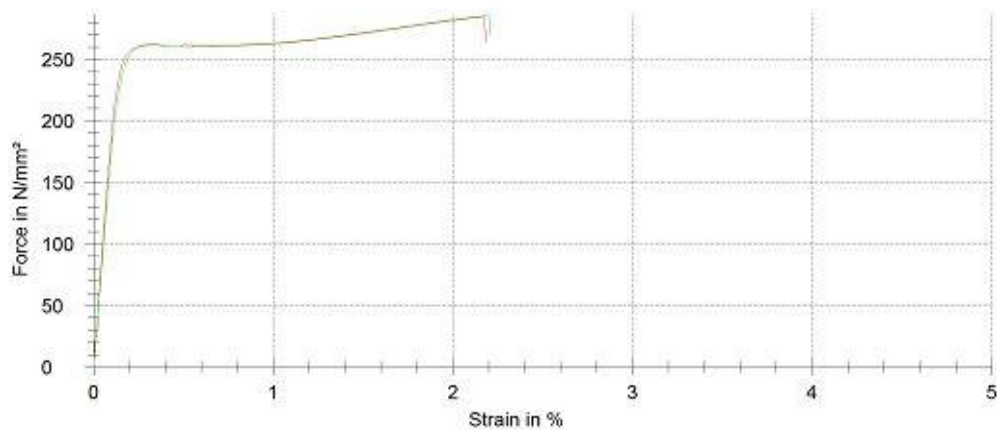
Zwick / Roell**Test report**

Material : V-1357-53-Z100B; R87310; BH2 2% PI

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 N/mm²s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 N/mm²s

Test results:

Nr	m_E GPa	$R_{p0.2}$ MPa	$R_{p0.2}$ MPa	R_{eH} MPa	R_{eL} N/mm ²	R_m MPa	A_g %
1	191	262	283	262	260	285	2,0
2	178	261	284	262	260	286	2,0

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	m_E GPa	$R_{p0.2}$ MPa	$R_{p0.2}$ MPa	R_{eH} MPa	R_{eL} N/mm ²	R_m MPa	A_g %
\bar{x}	185	262	284	262	260	285	2,0
s	9,86	0,384	0,621	0,414	0,135	0,828	0,0
v	5,34	0,15	0,22	0,16	0,05	0,29	0,56

HX220D-Z140-B, BH2 2% PO

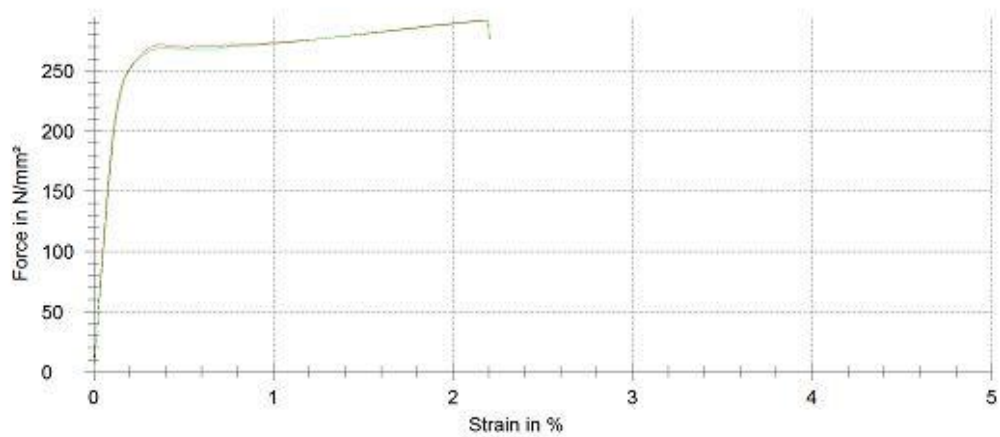
Zwick / Roell**Test report**

Material : V-1357-53-Z100B; R87310; BH2 2% PO

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 N/mm²s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 N/mm²s

Test results:

Nr	m _E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
1	191	271	291	272	270	292	2,0
2	186	268	291	-	-	292	2,0

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	m _E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} N/mm ²	R _m MPa	A _g %
x	188	270	291	272	270	292	2,0
s	3,79	2,02	0,416	-	-	0,321	0,0
v	2,01	0,75	0,14	-	-	0,11	0,13

HX220D-Z140-B, BH2 loppu PI

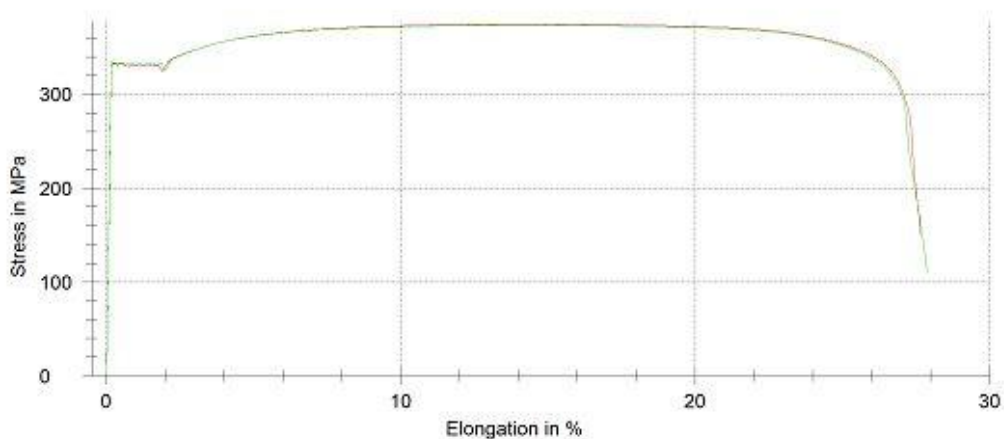
Zwick / Roell**Test report**

Material : V-1357-53-Z100B; R87310; BH2 loppuveto PI

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	190	331	334	324	374	14,39	27,6
2	193	334	334	326	374	14,76	27,8

Series graph:**Statistics:**

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
x	192	332	334	325	374	14,58	27,7
s	3	2	0	1	1	0,26	0,2
v	1,32	0,53	0,02	0,30	0,16	1,81	0,61

HX220D-Z140-B, BH2 loppu PO

Zwick / Roell

Test report

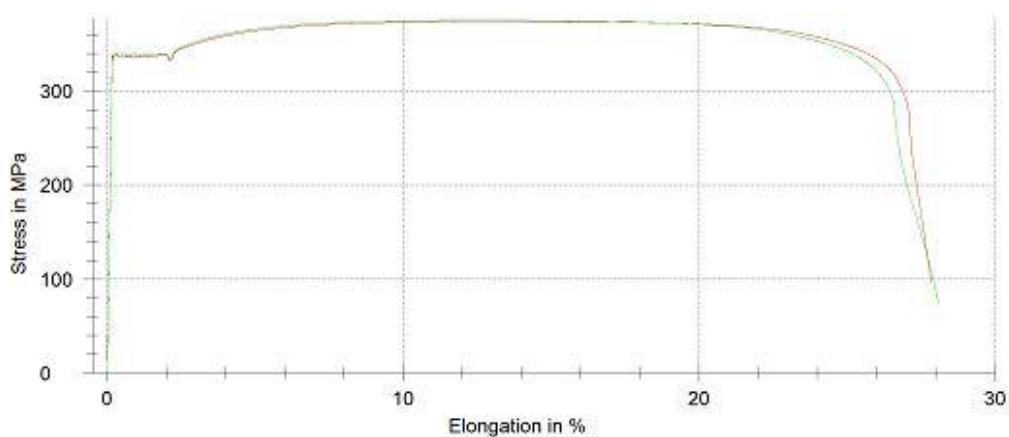
Material : V-1357-53-Z100B; R87310; BH2 loppuveto PO

Pre-load : 2 MPa Speed in the yield range : 0,0015 1/s
 Speed, E-Modulus : 20 MPa/s Test speed : 0,0015 1/s
 Speed, yield point : 20 MPa/s

Test results:

Nr	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
1	198	337	339	332	374	13,06	27,8
2	200	340	339	334	375	12,41	28,0

Series graph:



Statistics:

Series n = 2	E GPa	R _{p0.2} MPa	R _{eH} MPa	R _{eL} MPa	R _m MPa	A _g %	A ₈₀ %
\bar{x}	199	338	339	333	375	12,74	27,9
s	2	2	0	2	1	0,46	0,2
v	0,79	0,47	0,00	0,57	0,17	3,61	0,65