

Protolabin miehistönkuljetusajoneuvo

- PMPV 6X6 "MiSu" on parempaa suojausta ja lisää liikkuvuutta tutkimuksella ja tuotekehityksellä -

Riku Neuvonen

Teollisuuden ja yliopistojen yhteisten tutkimusohjelmien ansioista on mahdollista ratkoa vaikeita tutkimuksen ja tuotekehityksen haasteita. Parhaimmillaan yhteistyön tuloksena syntyneet ideat mahdollistavat uusien huippuominaisuuksilla varustettujen tuotteiden tuomisen markkinoille. Suomalaisen Protolab Oy:n suurimpana tuotekehityshaasteena oli kevyen, mutta hyvän räjähdysuojauksen saavuttaminen. Tämän ongelman ratkaisu mahdollistui uuden tyyppisen miehistönkuljetusajoneuvon, PMPV 6X6:n, kehittämisen.



PMPV 6X6, tuttavallisemmin MiSu (Miina-Suojattu), on Protolab Oy:n kehittämä miehistönkuljetusajoneuvo. MiSun panssaroitu teräsrakenne tarjoaa erittäin hyvän suojan sekä räjähdyksiä että ballistisia uhkia vastaan. Huipputason suojausominaisuuksista huolimatta MiSu on suhteellisen kevyt, mikä mahdollistaa hyvän liikkuvuuden myös hankalassa maastossa niin kesällä kuin talvellakin, kuva. Näiden kahden ominaisuuden, keveys ja suojaus, yhdistäminen on vaatinut vuosien tuotekehitys- ja tutkimustyön, jonka on mahdollistanut DIMECC:in (ent. FIMECC) BSA-tutkimusohjelma sekä yhteistyö Lappeenrannan teknillisen yliopiston (LUT) ja SSAB:n kanssa.

Protolab Oy on erikoistunut erikoisajoneuvojen ja ajoneuvokomponenttien sekä ballistisilta uhilta ja miinaräjähdyksiltä suojaavien rakenteiden suunnitteluun ja toteutukseen sekä näihin liittyviin konsultointi- ja projekti-johtotöihin. Yhtiön toiminta keskittyy pääasiassa ajoneuvojen kehittämiseen, tuoteistamiseen ja esivalmistukseen. Tämän lisäksi yhtiön liiketoimintaan kuuluu myös valmiiden ajoneuvojen lisävarustelu-, päivitys- ja muutostyöt, joiden tarkoituksena on päivittää ajoneuvo vastamaan muuttuneisiin vaatimuksiin. Protolabin toiminta perustuu tiiviin alihankkija- ja yhteistyöverkoston hyödyntämiseen. Tämä mahdollistaa laajan osaamis-

pohjan sekä riittävät resurssit suunnitteluun ja valmistukseen.

PMPV 6X6 "MiSu" – moderni miinasuojattu erikoisajoneuvo

Maailman erikoisajoneuvomarkkinoilla on pulaa kriisinhallintatehtäviin soveltuvista erittäin hyvin suojatuista, vaikeassa maastossa hyvin liikkuvista ja kohtuuhintaisista miehistönkuljetusajoneuvoista. Nykyisin tuotannossa olevat panssaroidut ajoneuvot ovat



Lapissa tehtyjen talvitestien mukaan MiSu pärjää hyvin myös arktisissa olosuhteissa.

huippukallista teknologiaa hyödyntäviä täysin varusteltuja taistelujoneuvoja, joissa käytetään lukuisien MIL-standardien mukaisia komponentteja. Markkinoiden tarpeeseen vastatakseen Protolab Oy on kehittänyt uudentyyppisen hyvin suojatun sekä ketterän ja kohtuuhintaisen ajoneuvon PMPV 6X6 "MiSu".

MiSun konseptisuunnittelu aloitettiin syksyllä 2009. Alusta lähtien suunnittelun pääpaino on ollut suojauksen ja liikkuvuuden maksimoinnissa ja hinnan minimoinnissa. Suojausta on pyritty kehittämään tekemällä yhteistyötä LUT:n Teräsrakennelaboratorion kanssa.

Ajoneuvotekniikassa on pyritty hyödyntämään siviiliajoneuvosta tuttuja ankarin olosuhteisiin soveltuvia standardikomponentteja. Tämän ansioista ajoneuvon hinta on onnistuttu pitämään kohtuullisena. Siviiliajoneuvoista tuttujen standardikomponenttien hyödyntäminen varmistaa varaosien saannin ja helpottaa ajoneuvojen huoltamista, minkä johdosta myös ajoneuvon elinkaarikustannukset saadaan pidettyä mahdollisimman pieninä.

MiSun dimensiot ja tekniikka mahdollistavat sen rekisteröimisen siviilikäyttöön. Ohjaamoon mahtuu kuljettajan lisäksi apukuljettaja. Takaosaa voidaan hyödyntää 10 henkilön tai vaihtoehtoisesti rahdin kuljettamiseen. Moottorista irtoaa reilusti vääntöä, joka mahdollistaa pituuskaltevuudeltaan jopa 60 % jyrkän mäen nousemisen. MiSun huipponopeus maantiellä on 110 km/h. Maastossa MiSu liikkuu näppärästi myös ahtaissa paikoissa, koska sekä etu- että taka-akselit ovat ohjaavia. Tästä on etua myös miinasuojauksessa, koska kaikki renkaat kulkevat lähestulkoon samassa urassa, mikä pienentää miinaan ajamisen todennäköisyyttä. MiSussa on myös panostettu ajoneuvon käytettävyyteen. MiSun ajamisesta on haluttu tehdä mahdollisimman helppoa, jotta sen käyttäminen ei vaadi pitkää koulutusta. Kuljetta-

jaksi voi hypätä lähestulkoon kuka tahansa.

Vuonna 2015 valmistui ensimmäinen prototyyppi, jonka avulla ajoneuvon toimivuutta on testattu niin maantiellä kuin maastossa sekä kesällä että talvella. Kesätestejä on suoritettu Etelä-Suomessa ja talvitestit tehtiin keskellä talvea Lapissa. MiSun siirtämiseen Etelä-Suomesta Lappiin ei tarvittu lavettia, vaan noin 2000 km edestäkainen matka taitettiin MiSun omin voimin. MiSua ovat ajaneet sotilashenkilöt sekä siviilit ja palaute on ollut positiivista. Tosin Teknavin testissä Markku Alén oli sitä mieltä, että kiihtyvyyks voisi olla parempi. Ehkä Alén on tottunut vähän eri käyttötarkoitukseen valmistettujen ajoneuvojen tuomaan vauhdin hurmaan. Ajettavuuden lisäksi suojauksen toimivuutta on testattu räjähtyskokeiden avulla.

Materiaalitutkimus ja mallinnus avainroolissa

Räjähdyksiltä suojaavan painokriittisen hitsatun teräsrakenteen suunnittelu ja valmistus on erittäin haastavaa. Misun tapauksessa haasteista on selvitty BSA-projektissa sekä LUT:n Teräsrakennelaboratoriossa tehdyn tutkimustyön että Protolabin oman tuotekehityksen avulla. Tämän tyyppinen yritysten ja yliopistojen yhteistyö mahdollistaa sen, että yliopistoissa tehtävä perustutkimus suunnataan kohteisiin, jotka tukevat suomalaista teollisuutta ja sitä kautta koko maan taloutta. Toisaalta yritykset saavat ensikäden tietoa yliopistojen tutkimuksesta sekä saaduista tuloksista ja näin ollen voivat hyödyntää uuinta tietoa tuotekehityksessään.

Tähän mennessä tutkimushanke on tuottanut tietoa uudentyyppisten suorakarkaisemalla (DQ) valmistettujen suojausterästen ominaisuuksista sekä siitä, kuinka näitä teräksiä voidaan tehokkaasti hyödyntää pai-

nokriittisissä rakenteissa. Samaa tietoa voidaan hyödyntää myös muissa rakenteissa, joissa käytetään lujia DQ-menetelmällä valmistettuja teräksiä. Tämän lisäksi hankkeen tavoitteena on kehittää laskentamenetelmiä suunnittelutyön helpottamiseksi. Erityisenä kiinnostuksen kohteena on materiaalin vaurioitumis- ja murtumismallin kehittäminen niin perusaineelle kuin hitsatussa tilassa olevalle materiaalille. Tällaisen mallin rakentaminen vaatii huomattavan määrän aineenkoetusta, esimerkiksi veto-, kovuus- ja hitsauskokeita. Mallin lisäksi koetulosten analysointi auttaa ymmärtämään tämän tyyppisten terästen käyttäytymistä ja lisää sitä kautta tietoa DQ-terästen käytettävyydestä. Kun tietoa terästen käyttäytymisestä erilaisissa suunnittelutilanteissa on tarpeeksi, voidaan tieto koostaa esimerkiksi suunnitteluohjeiksi.

Suojausteräksset ja niiden tehokas hyödyntäminen

Suojausteräksiä käytetään kohteissa, joissa tarvitaan suojaa räjähdyksiltä tai ballistisilta uhilta. Ballistisen suojauksen kannalta tärkeimmät ominaisuudet ovat kovuus ja lujuus. Räjähdyssuojauksessa puolestaan lujuus ja sitkeys ovat tärkeimmät ominaisuudet. Yleisesti suojausterästen myötölujuus on luokkaa 1000-1200 MPa, murtolujuus 1200-1500 MPa, kovuus 400-600 HBW ja sitkeys A_5 8-10 %. Ajoneuvon tapauksessa suojaus kannattaa integroida runkorakenteeseen. Tällöin myös konepajavalmistettavuus, erityisesti hitsattavuus, on merkittävässä roolissa.

MiSun suojauksessa hyödynnetään SSAB:n kehittämiä DQ-menetelmällä tuotettuja suojausteräksiä. DQ-menetelmässä teräs karkaistetaan välittömästi termomekaanisen valssauksen jälkeen. Menetelmä mahdollistaa matalahiiliisten martensiittisten teräslevyjen tuottamisen kustannustehokkaasti. Nämä teräkset toimitetaan karkaistuna hiilikvivalentin ollessa luokkaa 0,6. Pelkästään korkea hiilikvivalentti sekä martensiittinen mikrorakenne aiheuttavat päänsisäisiä hitsauksia. Tämän lisäksi räjähdysten aiheuttama kuormitus on erittäin voimakas ja iskumainen, joten hitsien on oltava erittäin laadukkaita. Korkeat laatuvaatimukset yhdistettynä perusaineen ominaisuuksiin tekevät hitsauksesta erittäin haastavaa.

Suojausterästen tehokas hyödyntäminen vaatii suunnittelijoilta ja valmistukselta paljon. Erityisesti räjähdysuojauksessa rakenteen muodonmuutoskyky tulee maksimoida, jotta rakenne kestää murtumatta siihen kohdistuvan iskumaisen kuorman. Perusaineen A_5 -sitkeyden ollessa luokkaa 9 %, hitsatusta tilasta puhumattakaan, rakenneratkaisut tulee miettiä tarkkaan. Erityisesti rakenteelliset jännityspiikit tulee minimoida muotoilemalla



Räjähdyksen aiheuttama kuormitus on erittäin raju.

osat siten, että rakenteen kriittisissä kohdissa ei ole suuria paikallisia jäykkyseroja. Yksi tehokas tapa on suunnitella rakenne siten, että myötäminen ja muodonmuutokset tapahtuvat hallitusti, kuten ajoneuvojen kolarisuojauksessa. Tämä parantaa rakenteen kestävyyttä ja pienentää miehistöön kohdistuvia kuormia.

Nykyisin lähes jokaisella teollisuuden alalla suunnittelun ja tuotekehityksen yhteydessä valmistettävien prototyyppien ja suuren mittakaavan kokeiden määrä pyritään minimoimaan käyttämällä hyväksi 3D-suunnitteluohjelmien lisäksi luotettavia simulointityökaluja. Erityisesti autoteollisuudessa

simulointi on arkipäivää, ainakin kolariturvallisuuden osalta. Simulointimallit tarvitsevat kuitenkin tarkat lähtötiedot, jotta saatavat tulokset ovat luotettavia. Suojaavien rakenteiden simulointimalleissa yhtenä tärkeimpänä osana on materiaalimallinnus. Hitsatuissa rakenteissa perusaineen käyttäytymisen lisäksi täytyy tuntea myös hitsien ja hitsauksessa syntyvien vyöhykkeiden käyttäytyminen.

Liikkuvan kaluston suojaavan rakenteen suunnittelussa pyritään optimoimaan massasuojaussuhde. Optimiin päästään, kun materiaalin venymäkapasiteetti saadaan hyödynnettyä täysimääräisesti. Jotta materiaalia voidaan mahdollisimman turvallisesti kuor-

mittaa lähelle todellista murtumispistettä, täytyy sen pisteen olla tarkasti suunnittelijan tiedossa.

Terästen ja muiden metallisten materiaalien murtumista on tutkittu paljon. Perusaineille löytyy useita materiaalmalleja, jotka ottavat huomioon materiaalin murtumisen. Vaikuttaa siltä, että jo olemassa olevia menetelmiä voidaan soveltaa myös DQ-teräksiin. Tutkimusten mukaan DQ-terästen tasavienmän jälkeinen venymäkapasiteetti on perinteisillä menetelmillä valmistettuihin teräksiin nähden suurempi. Tämä ominaisuus hankaloittaa olemassa olevien mallien soveltamista, mutta alustavien tulosten mukaan ongelma on ratkaistavissa.

Vaikka perusmateriaalin vaurioitumis- ja murtumismallinnusta on tutkittu paljon, hitsatussa tilassa olevalle materiaalille tällaista tutkimusta ei ole tehty tai ainakaan julkaistu. Tällä hetkellä LUT:n Teräsrakennelaboratoriossa meneillään olevan tutkimuksen tarkoituksena on luoda menetelmä, jonka avulla myös hitsien vaurioituminen ja murtuminen saadaan mallinnettua. Ensisijaisesti tarkoituksena on pyrkiä hyödyntämään kaupallisista FE-laskentaohjelmista valmiiksi löytyviä materiaalmalleja, jotta menetelmää olisi helppo soveltaa teollisuudessa. Myös tarvittavien käytännön kokeiden lukumäärä pyritään pitämään mahdollisimman pienenä. Tutkimuksen aikana tullaan tekemän hitsauskokeita ja selvittämään hitsatessa syntyvien vyöhykkeiden ominaisuudet, kuten mikrorakenne, kovuus, lujuus ja iskusitkeys. Näitä tuloksia voidaan käyttää sellaisenaan esimerkiksi optimaalisten hitsausparametrien määrittämisessä.

Tutkimusprojektin päätavoite on kuitenkin vaurioitumis- ja murtumismallin luominen DQ-suojausteräkselle. Vaikkakin malleissa käytettävät parametrit ovat materiaaliikohtaisia, mallin luomiseen tarvittavat kokeet sekä menetelmät parametrien etsimiseen ovat luonteeltaan yleisiä ja niitä voidaan käyttää myös muille materiaaleille. Näin ollen tästä tutkimuksesta on hyötyä myös muiden DQ-teräksestä valmistettujen rakenteiden suunnittelussa ja valmistuksessa.

Nykyisin lähestulkoon kaikista rakenteista halutaan tehdä mahdollisimman kevyitä, koska se alentaa tuotteen elinkaarikustannuksia. Kuitenkaan rakenteiden turvallisuudesta ei pidä tinkiä. Valitettavasti, ainakin vielä nykyisin, lujuuden lisääminen teräkseen pienentää sitkeyttä ja hankaloittaa hitsaamista. Lujien terästen tehokas käyttö edellyttää, että suunnittelijalla ja valmistajalla on riittävästi tietoa terästen käyttäytymisestä, jotta rakenteisiin saadaan riittävästi muodonmuutoskykyä. Tätä tietotaitoa tulee lisätä ja vaalia, jotta Suomessa voidaan suunnitella ja valmistaa kilpailukyisiä tuotteita maailman markkinoille.

Riku Neuvonen
DI, IWE, R&D Engineer
Protolab Oy

VERKKOKAUPPA AVATTU!
www.hitsaus.net

TILAA NYT UUTUUSKIRJA
Hitsauksen materiaalioppi 1 ja 2

HITSUKSEN MATERIAALIOPPI
Liikkarit Myröläinen Kauppi
OSA 1: Metallien perusteet, terästen luokittelu ja valmistus, rakenneterästen käyttäytyminen ja murtuminen ja korjaus

HITSUKSEN MATERIAALIOPPI
Liikkarit Myröläinen Kauppi
OSA 2: Metallit ja niiden hitsattavuus