



# MERCEDES-BENZ, UUSIN AUTO- KORITEKNIikka. MATERIAALIT, LIITOSMENETELMÄT JA KOR- JATTAVUUS

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Hannu Pursiainen	
Työn nimi Mercedes-Benz, uusin autokoritekniikka. Materiaalit, liitosmenetelmät ja korjattavuus	
Päiväys 28.5.2015	Sivumäärä 47
Ohjaaja(t) Tutkimuspäällikkö Esa Jääskeläinen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t)	
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, onko uusinta autokoritekniikkaa enää mahdollista korjata merkkiorganisaation ulkopuolisissa korikorjaamoissa. Viime vuosikymmeninä on tapahtunut valtavaa kehitystä ajoneuvo-tekniikan kaikilla osa-alueilla. suorituskyky, turvallisuus ja mukavuus ovat parantuneet erityisesti parin viime vuosikymmenen aikana enemmän kuin sitä aikaisemmin yhteensä. Jatkuvasti kehittyvä tekniikka ja uudet ratkaisut autojen tekniikkaan merkitsevät suuria haasteita ajoneuvojen korjauksen parissa työskenteleville autokorjaamoille.</p> <p>Opinnäytetyössä tutkittiin aihetta pienen riippumattoman korikorjaamon näkökulmasta. Työssä tutkittiin Mercedes-Benzin uusinta autokoritekniikkaa, valmistukseen käytettyjä materiaaleja, liitosmenetelmiä ja niiden korjattavuutta korjaamo-olosuhteissa. Tutkitut korimallit olivat S (W222) ja SL (R231), jotka edustavat Mercedes-Benzin uusinta ja kehittyneintä ajoneuvotekniikkaa. Tämä opinnäytetyö keskittyy lähinnä alumiiniosiin ja liitosmenetelmiin.</p> <p>Tämän tutkimuksen tuloksena selvisi, että autojen tekninen kehittyminen vaatii korjaajilta yhä enemmän erikoistunutta osaamista, erikoistyökaluja ja testereitä. Jo nyt on pienten korikorjaamoiden pohdittava toimintaympäristönsä tyyppillistä korjaustyötä, tulevaisuuden korjaustöitä ja sitä kuinka paljon ne ovat valmiita investoimaan henkilöstön koulutukseen ja erikoistyökaluihin.</p>	
Avainsanat Mercedes-Benz, alumiini, autokoritekniikka, korikorjaamo	
Julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Hannu Pursiainen			
Title of Thesis Latest Mercedes-Benz Car Body Technology, Body Materials, Jointing Methods and Repairability			
Date	28 May, 2015	Pages	47
Supervisor(s) Mr Esa Jääskeläinen, Research Manager			
Client Organisation /Partners			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this final year project was to study whether the new car body techniques can still be repaired outside the brand body shop. In the recent decades vehicle technology has tremendously developed in all areas. Performance, safety and comfort have been improved more than ever before. Continuously evolving technology and new solutions to the automotive technology mean great challenges to the car repair shops. The topic was approached from the point of view of small independent car body shop.</p> <p>First, the latest Mercedes-Benz car body technology, the body materials, jointing methods and repairability in the bodyshop conditions were studied. The investigation focused on the latest body types. S (W222) and SL (R231) of Mercedes-Benz. These models are at the top in the car technology. This thesis mainly focuses on the aluminum parts and jointing methods.</p> <p>As a result of this investigation it was found out that the technical development of cars requires more specialized knowledge, special tools and testers. Already now small body repair shops have to consider their working environment as to typical repair work, the repair work in the future and how much are they willing to invest in training the personnel and purchasing special tools.</p>			
Keywords Mercedes-Benz, aluminium, car body technology, body shop			
public			

## ESIPUHE

Haluan kiittää tämän opinnäytetyön tutkimusmateriaaleista ja asiantuntija-avusta TTS Koriakatemian Mikko Kittelää ja Veho Group Oy Ab:n tuotepäällikkö Antti Paasivirtaa.

Kiitokset myös opinnäytetyön ohjaajalle, Savonia-ammattikorkeakoulun tutkimuspäällikkö Esa Jääskeläiselle.

Siilinjärvellä 28.5.2015

Hannu Pursiainen

## SISÄLTÖ

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT .....	7
1 JOHDANTO .....	8
2 MERCEDES-BENZ.....	9
3 KORIKORJAAMOIDEN TYÖT ENNEN, NYT JA TULEVAISUUDESSA .....	10
4 KORIN MATERIAALIT JA LIITOSMENETELMÄT .....	11
4.1 Alumiiniseokset ja käyttökohteet .....	12
4.2 Alumiiniseokset ja valmistusmenetelmät .....	15
4.2.1 Paine- ja tyhjöpainevalu .....	15
4.2.2 Matalapainehiekkamuottivalu .....	15
4.2.3 Matalapainekokillivalu .....	16
4.2.4 Puristetut profiilit .....	16
4.2.5 Yleistä tietoa levyosista .....	16
4.2.6 Turvarakenteet, Crash Management Systems (CMS).....	18
4.3 Alumiiniseoksien ja teräksien liitosmenetelmät tehtaalla .....	20
4.3.1 RobScan .....	20
4.3.2 Itsekierteittävä ruuvi .....	21
4.3.3 Liimaustekniikka.....	22
4.3.4 Muotolukitus .....	22
4.3.5 Stanssiniittaus (SPR) .....	23
4.3.6 Itselävistävä umpiniitti (SSPR) .....	24
4.3.7 Lyöntiniittaus .....	25
5 VAURIOANALYYSI JA KORJATTAVUUDEN MÄÄRITTÄMINEN.....	26
5.1 Korimittaus.....	27
5.2 Oikaisupenkit.....	28
5.2.1 Jigipenkit .....	28
5.2.2 Säätojigipenkit .....	28
5.2.3 Yleispenkit .....	29
5.3 Murtumatarkastus .....	30
6 ALUMIINIRAKENTEIDEN KOLARIKORJAUSVAIHEET .....	32
6.1 Korjausvaihe 1 .....	32
6.2 Korjausvaihe 2.....	33

6.2.1	Rakenneliimaus.....	33
6.2.2	Niittaustekniikka.....	33
6.2.3	Stanssiniittiliitoksen purku.....	34
6.2.4	Stanssiniitin korvaaminen niitillä.....	35
6.2.5	Vetoniitti.....	36
6.2.6	Palkin etuosan vaihto niittausliitoksella .....	37
6.3	Korjausvaihe 3 ja 3+ hitsausliitokset .....	38
6.4	Pintaosien muodon palauttaminen .....	39
7	RESURSSIVAATIMUKSET .....	40
7.1	Alumiinitöiden työpiste .....	40
7.2	Laitteistovaatimukset alumiiniliitoksien korjaukseen.....	40
7.3	Alumiinirakenteiden korjaajien pätevyysprosessi .....	41
7.4	Työturvallisuus ja työsuojelu.....	42
8	MUUT KOLARIKORJAUKSIIN LIITTYVÄT TEKIJÄT .....	43
8.1	Teräs .....	43
8.2	Muovi- ja komposiittirakenteet.....	43
8.3	Elektroniikka.....	43
9	YHTEENVETO.....	44
	LÄHTEET .....	46

## LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

CMS (Crash management system) = turvarakenteet

EPC (Electronic Parts Catalogue) = elektroninen varaosaluettelo

Euro NCAP (The European New Car Assessment Programme) = kolaritestit ja luokitukset euroopan markkinoille suunnatuille autoille.

GOTIS (GSP Online Technics Information System) = Mercedes-Benz hyväksytyt korjaamovarusteet

MAG (Metal active gas welding) = kaasukaarihitsaus aktiivisella suojakaasulla

MIG (Metal inert gas welding) = kaasukaarihitsaus inertillä suojakaasulla

SPR (Self piercing rivet) = stanssiniitti

SSPR (Solid self-piercing rivet) = itselävistävä umpiniitti

WIS (Workshop Information System) = Mercedes-Benzin korjaamokäsikirja

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena ovat uusimman autokoritekniikan materiaalit, liitokset ja niiden korjattavuus korjaamo-olosuhteissa. Ajoneuvotekniikassa on tapahtunut viime vuosikymmeninä valtavaa kehitystä kaikilla osa-alueilla. Suorituskyky, turvallisuus ja mukavuus ovat parantuneet erityisesti parin viime vuosikymmenen aikana enemmän kuin sitä aikaisemmin yhteensä. Jatkuvasti kehittyvä tekniikka ja uudet ratkaisut merkitsevät suuria haasteita ajoneuvojen korjauksen parissa työskenteleville autokorjaamoille.

Opinnäytetyössä tutkitaan aihetta pienen riippumattoman korikorjaamon näkökulmasta ja tarkoituksena on selvittää, ovatko nämä uudet ja tulevaisuuden koritekniikat enää merkkiorganisaation ulkopuolisissa korikorjaamoissa mahdollisia korjata. Liitosmenetelmistä tutkitaan lähemmin niittaus- ja liimaustekniikkaa, koska se on merkittävä ja laajat mahdollisuudet antava liitosmenetelmä.

Tästä opinnäytetyöstä on tarkoituksellisesti jätetty tavanomaisimmat liitostekniikat sekä terästen ja elektroniikan osuus tutkimatta, jotta työn laajuus pysyisi kohtuullisena. Nämä ajoneuvotekniikan osa-alueet ovat myös erittäin haasteellisia korjaamoille.

Tutkittavina kohteina ovat Mercedes-Benzin uusimmat korimallit S (W222) ja SL (R231). Nämä Mercedes-Benz-mallit edustavat edistyksellisintä ajoneuvotekniikkaa maailmassa. Tämä tekniikka, jota nyt on merkin huippumalleissa, nähdään myös halvemmissä ajoneuvoissa muutaman vuoden viiveellä. Tämä opinnäytetyö keskittyy lähinnä alumiiniosien ja liitosmenetelmien tutkintaan.



## 2 MERCEDES-BENZ

Mercedes-Benzin juuret yltävät aivan autoistumisen alkuajoille. Kaksi erillistä autonvalmistajaa Saksassa, Gottlieb Daimler ja Karl Benz, kehittivät tahoillaan maailman ensimmäisiä automalleja 1800-luvun loppupuolella. Mercedes-Benz-automerkin historia alkaa vuodesta 1924, jolloin nämä kaksi Saksan vanhinta autonvalmistajaa aloittivat yhteistyön, joka johti vuonna 1926 fuusioon ja Daimler-Benz AG:n yhtiön syntyyn. Valmistettavien autojen nimeksi tuli Mercedes-Benz. Nykyään yhtiön nimi on Daimler AG ja Mercedes-Benzejä valmistetaan lukuisissa tehtaissa ympäri maailmaa n. 2,5 miljoonaa kappaletta vuodessa. (Daimler AG 2015a.)

Mercedes-Benz on aina ollut tunnettu teknisesti edistyneenä ja laadukkaana ajoneuvona. Turvallisuuden vaikuttavissa ratkaisuissa Mercedes-Benz on aina ollut edelläkävijä. Turvallisuuden kehittämisellä on pitkät perinteet; jo 1940-luvun alkuvuosista siihen on kiinnitetty huomiota. Silloin jo määriteltiin sivutörmäyssuojaus sekä etu- ja takatörmäysvyöhykkeet. Törmäystestejä Mercedes-Benzillä on käytetty tuotteen suunnittelun apuna jo vuodesta 1959. Alkuvuosina käytettiin kauppojen mallinukkeja mallintamassa ihmistä ajoneuvossa, kunnes vuonna 1968 ensimmäiset tehtävään suunnitellut törmäystestinuuket ottivat niiden paikan. (Daimler AG 2015b.)

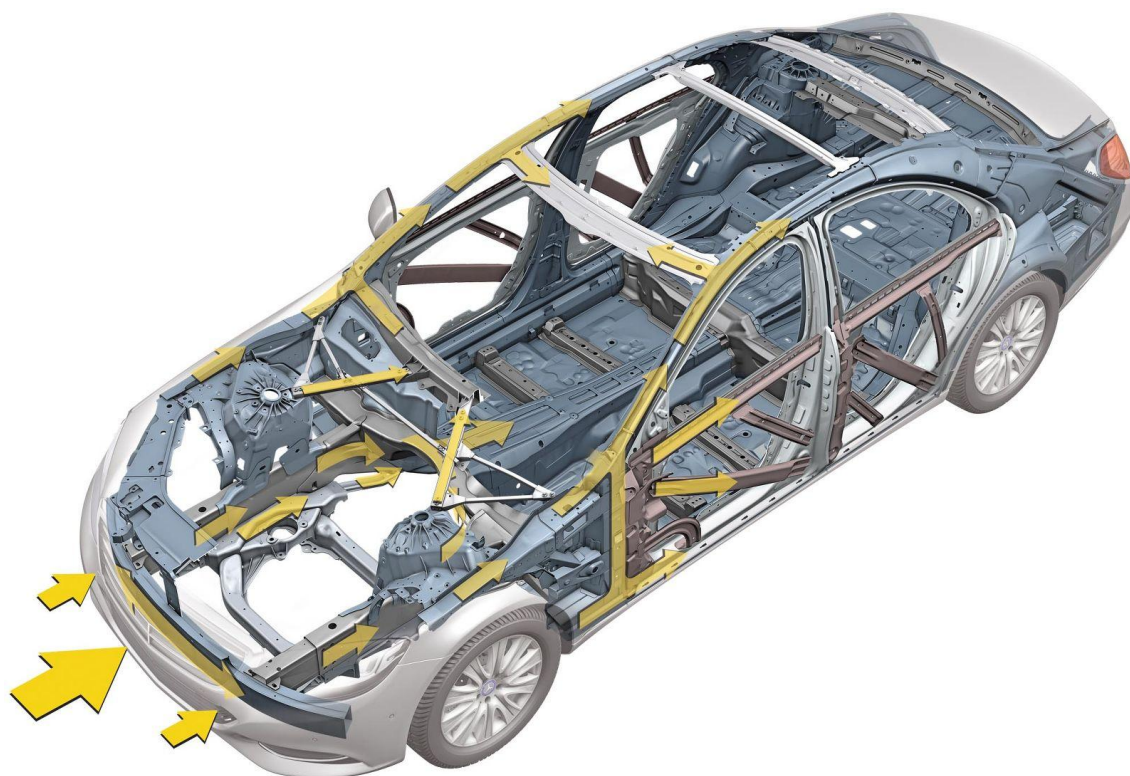
Autokorien suunnittelua ohjaavat lähinnä valmistuskustannukset, korjattavuus kolaroinnin jälkeen, kolariturvallisuus, soveltuvuus tuotantoon ja paino eli polttoainetaloudellisuus. Erityisesti kolariturvallisuus on nykyisin jo markkinointivalttinakin tekijä, johon auton valmistajien on kiinnitettävä erityistä huomiota. Varsinkin 2000-luvulla autotehtaat ovat kehittäneet autoja kolariturvallisemmiksi, mikä on johtanut rakenteiden ja materiaalien kehittymiseen. Suuri kiitos tästä kuuluu Euro NCAP:n järjestämille kolaritesteille ja luokituksille. (Euro NCAP 2015.)

### 3 KORIKORJAAMOIDEN TYÖT ENNEN, NYT JA TULEVAISUUDESSA

Vielä 90-luvun puolella valmistettiin autoja, jotka olivat autokorimekaanikolle verrattain helppoja korjattavia. Yksinkertaiset vastus- ja kaarihitsauslaitteet (MIG/MAG) ja perusvarusteinen korinoikaisupenkki riittivät pahojenkin kolarivaurioiden korjaukseen. Nykyisin suurin osa autojen korirakenteista on itsekantavia teräskoreja, joissa suur- ja ultrasuurlujuusteräksät räätälöityine osarakenteineen ovat haastavia korjauskohteita. Nämä asettavat korimekaanikon osaamiselle ja kalustoresursseille jo korkeampia vaatimuksia. Korjausmenetelmät ovat muuttuneet, suurlujuusteräksien oikaisut eivät enää onnistu, vaan on vaihdettava osia.

Tulevaisuudessa erilaiset hybridi- ja alumiinikorirakenteet mitä todennäköisemmin yleistyvät. Hybridikorirakenteissa on teräskoriin liitetty erilaisin liitosmenetelmin alumiini- ja muoviosia. Ratkaisut, jotka ovat nykypäivänä käytössä vain arvokkaissa Premium-luokan autoissa, nähdään varmasti myös halvempien autojen rakenteissa muutamien vuosien viiveellä

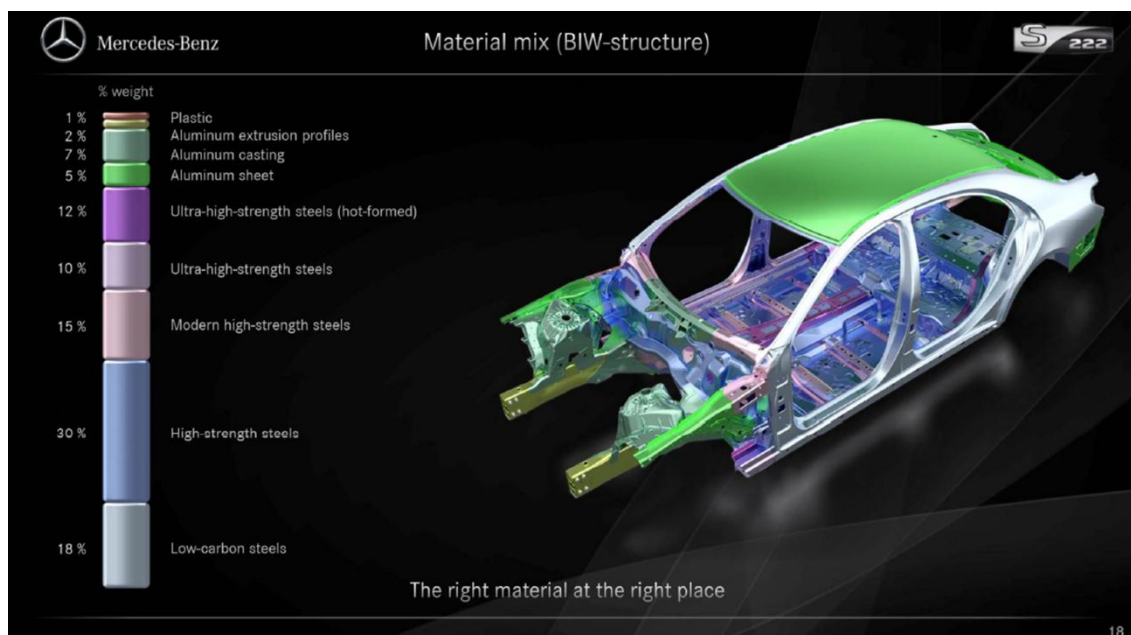
On myös keksitty kolarikorjaustyötä helpottavia ratkaisuja. Tyypillisiä vahinkoja eli pieniä osittais-törmäyksiä varten on keularakenteisiin tehty törmäysvyöhykkeitä, jotka ottavat vastaan törmäysenergian, niin että taaemmat lujemmat osat, varsinkin ihmisten suojana oleva matkustamo, säilyvät mahdollisimman ehjinä. Nämä crash boxeiksi nimetyt osat on kiinnitetty pulttiliitoksien avulla ja ne on helppo vaihtaa. Kuvassa 1 näytetään suunniteltu keulakolarin törmäysvoimien vastaanotto S-sarjan koriin.



KUVA 1. Keulakolarin törmäysvoimien reitit (Daimler AG 2013.)

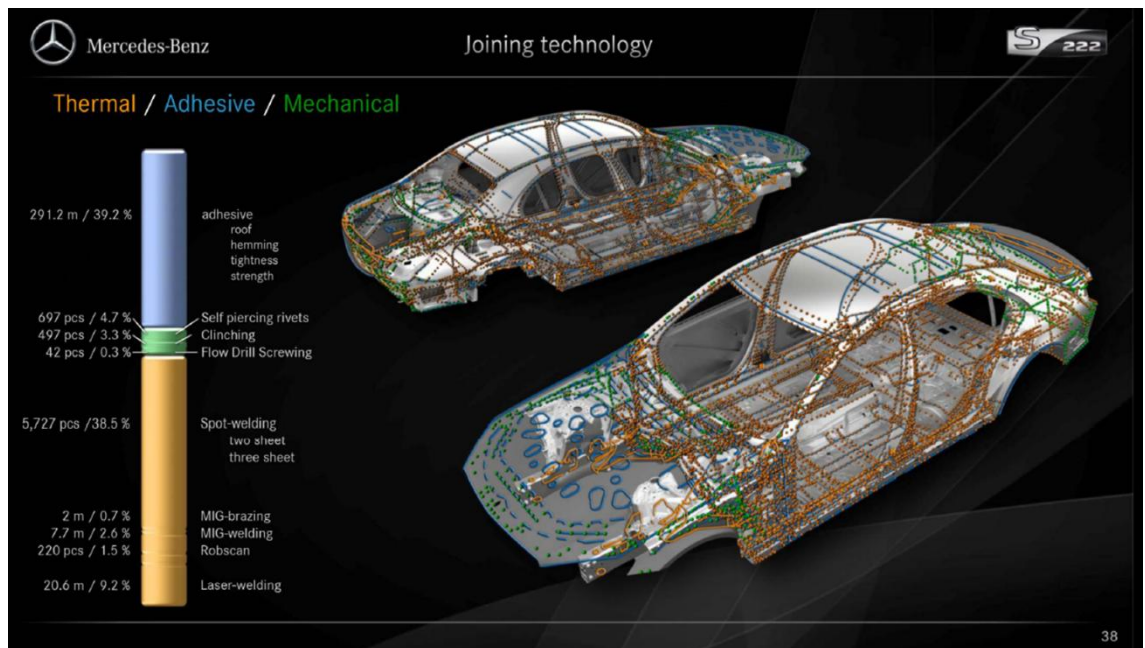
#### 4 KORIN MATERIAALIT JA LIITOSMENETELMÄT

Kuvassa 2 oleva S-sarjan kori on hybridirakenteinen, pääosin erilaisia teräksiä aina perusteräksestä ultralujiin (myötöraja 1500 MPa) teräsiin asti. Korin jokainen osa on optimoitu käyttökohteeseensa niin paksuudeltaan, muodoltaan kuin lujuusominaisuuksiltaan. S-sarjan korirakenteessa on alumiiniosia liitetty keulaan, perään ja kattoon. Ruuvikiinnitteisistä korin osista kaikki ovet, luukut ja etulokasuojat ovat myös alumiinia. (Daimler AG 2013.)



KUVA 2. W222-korin materiaalit (Michalak, Hoefler Ja Ebner 2013, 18.)

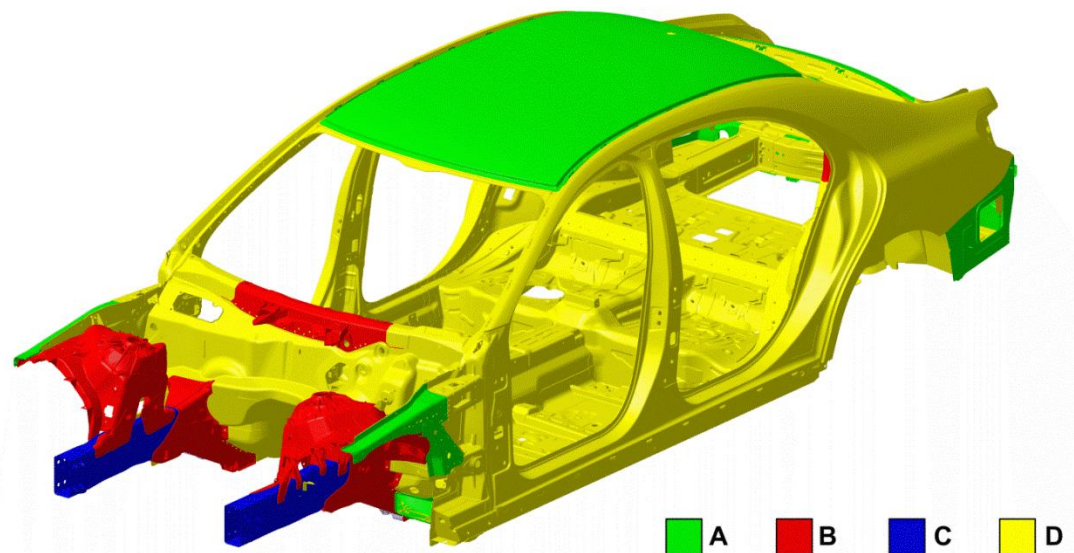
Kuten kuvasta 3 huomataan, W222-korin liitosmenetelmänä käytetään lähinnä pistehitsausta ja liimaliitosta. Perinteistä teräsosien liittämismenetelmää, kaarihitsaamista, käytetään vähän W222-korin valmistuksessa. MIG-hitsauksen käyttöä rajoittaa suuri lämmöntuonti liitospaikkaan. Tämä aiheuttaa suurulujuusteräsiin epäedullisia vaikutuksia. MIG-juottaminen on toinen ainetta lisäävä liittämismenetelmä teräkselle. Sen aiheuttama lämpökuorma liitospaikkaan on vähäisempi, joten se soveltuu myös suurulujuusteräksille. Rakenneseinään käytetään lisäainetta CuAl8:aa, jolla saavutetaan suurempi lujuus. Alumiiniseostuksen vuoksi saumaa ei voida tasoittaa koritinauksella, joten ulkopaneeliin on käytettävä CuSi3-lankaa, jolla on pienempi lujuus mutta jonka päälle voidaan koritinaa. (Daimler AG 2015d.)



KUVA 3. Liitostekniikat W222-kori (Michalak, Hoefler ja Ebner 2013, 18.)

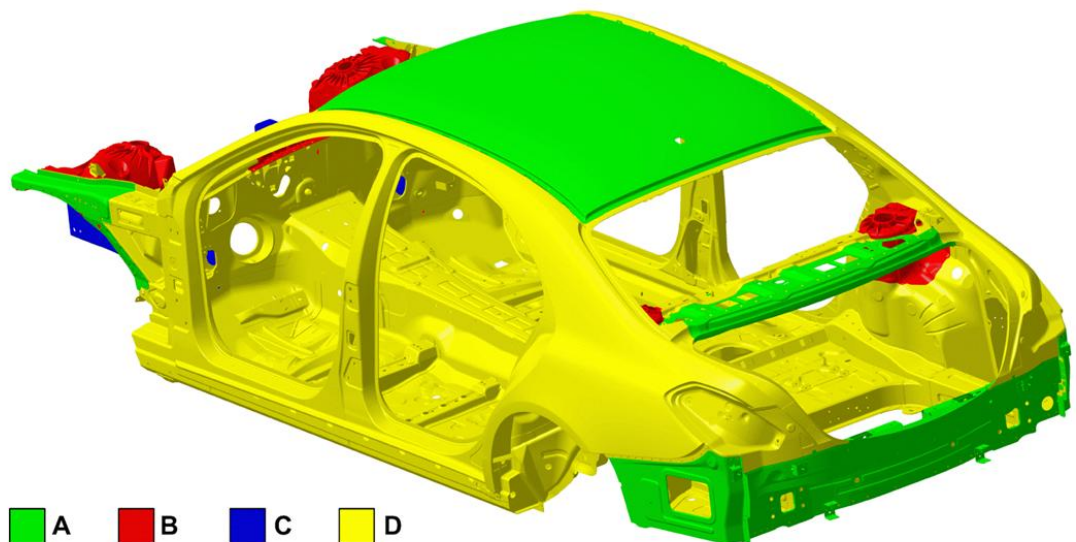
#### 4.1 Alumiiniseokset ja käyttökohteet

Kuvissa 4 - 6 on kaksi toisistaan poikkeavaa nykyaikaista ja edistyneistä Mercedes-Benz-auton koria. S-sarjan W222-kori on hybridirakenteinen. Se on suurimmaksi osaksi terästä, ja siihen on kiinnitetty pääosin niittaus- ja liimaustekniikoilla erilaisin valmistusmenetelmin valmistettuja alumiiniosia.



KUVA 4. W222-korikehikko edestä (Daimler AG 2015d.)





KUVA 5. W222-korikehikko takaa (Daimler AG 2015d.)

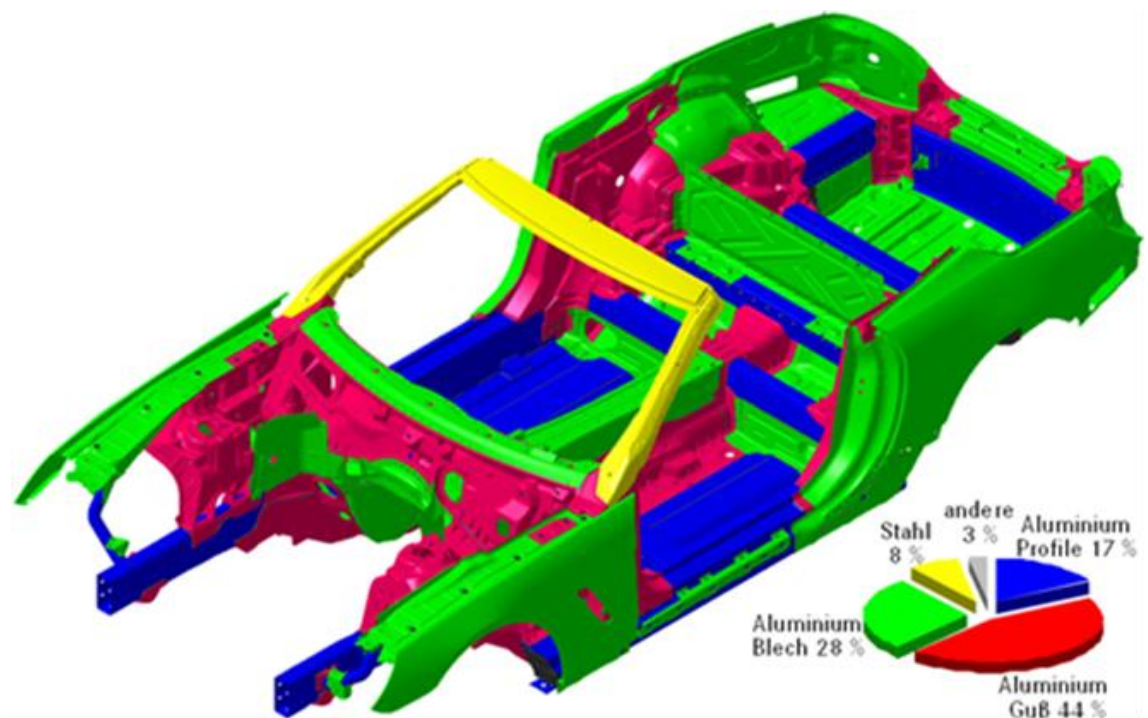
Keltaiset osat ovat terästä

Punaiset osat ovat alumiinivalua

Siniset osat ovat pursotettua alumiinia

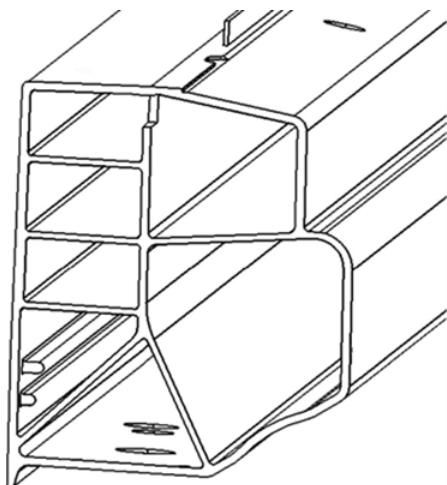
Vihreät ovat alumiinisia levyosia

Kuvassa 6 oleva SL-sarjan R231 on Mercedes-Benzin urheilullinen avoauto. Ainoastaan tuulilasikehys on valmistettu teräksestä, muuten korirakenne on alumiinisia valu-, pursotus- tai levyosia. (Daimler AG 2015d.)



KUVA 6. R231-korikehikko (Daimler AG 2015d.)

R231-korin jäykisteenä ja sivutörmäyksien vastaanottajana on 7-kammioinen pursotetusta alumiinista tehty helmakotelorakenteen palkki (kuva 7).



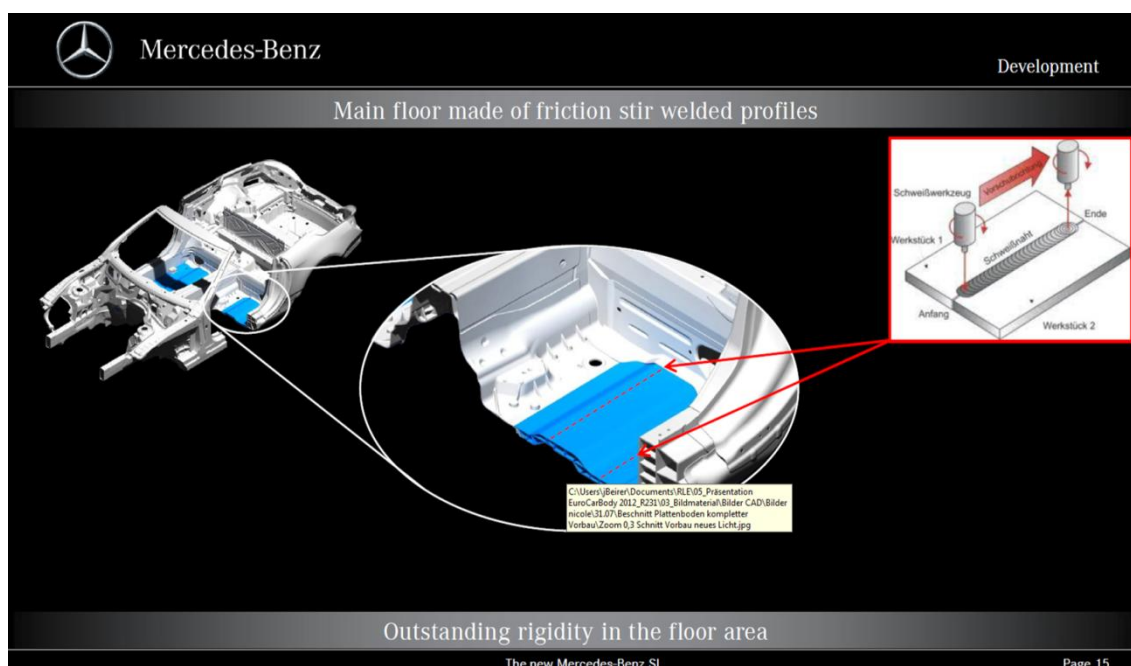
KUVA 7. R231-korin helmakotelopalkki (Daimler AG 2015d.)

Kuvassa 8 on halkaisukuva R231-korin pohjalevystä. Ohutseinämäisiä alumiiniprofiileita on pyörivällä työkalulla kitkahitsaten liitetty toisiinsa. Näin on saatu erinomaisen luja ja kevyt rakenne. (Ast ja Trabner 2012, 15.)



KUVA 8. R231-korin pohjalevy (Daimler AG 2015d.)

Kuvassa 9 on esitetty R231-korin pohjalevyn sijainti ja periaatekuva kitkahitsauksesta.



KUVA 9. R231-kori ja kuvaus pohjalevyn kitkahitsauksesta (Ast ja Trabner 2012, 15.)

## 4.2 Alumiiniseokset ja valmistusmenetelmät

Mercedes-Benzissä käytetään lähinnä kolmea erilaista alumiinista puolivalmistetta.

- valettavat alumiinit
- puristetut alumiiniprofiilit
- alumiinilevyt

Valetut alumiinit ovat tyhjöpaine-, matalapaine-, ja matalapainehiekkamuottivaluja. Valuominaisuuksien parantamiseksi alumiiniin on lisätty piitä enintään 13 %. Hitsattavuuden kannalta alumiinivaluosista ovat kokilli- ja hiekkamuottivalumateriaalit helpoimpia käsitellä. Hankalinta on painevalun hitsaus. Puristusprofiilit, levyt ja muokatut kappaleet ovat myös hyvin hitsattavissa. (European Aluminium Association (EAA) 2015.)

### 4.2.1 Paine- ja tyhjöpainevalu

Painevalussa ruiskutetaan sula metalli suurella paineella ja nopeudella kestormuottiin. Nopean jäähtymisen ansiosta syntyy hyvä mikrorakenne ja siten hyvä sitkeys.

Tyhjöpainevalussa muotista poistetaan ensin ilma ja valun aikana ilmaa imetään pois. Näin pyritään minimoimaan kaasusulkeumien määrää, minkä ansiosta hitsattavuus ylipäänsä on mahdollista.

Ulkonäöltään painevalu- ja tyhjöpainevalukappaleiden pinta on erittäin tasainen. Puristettujen profiilien sulamispiste on korkeampi painevalujen. Tämä pitää ottaa huomioon kun osia hitsataan toisiinsa. Painevaluosa on jo plastista kun puristettu profiili on vielä kiinteää. Tämän vuoksi hitsattaessa hitsauspistooli on suunnattava enemmän kohti puristettua profiilia. (European Aluminium Association (EAA) 2015.)

### 4.2.2 Matalapainehiekkamuottivalu

Kvartsihiekkasta ja sideaineesta valmistettu muotti täytetään sulalla metallilla, kaasut poistuvat sen huokoisen rakenteen ansiosta hyvin ja metallin jähmettyminen on hidasta. Tämän ansiosta saadaan parempi hitsattavuus kuin painevalukappaleilla. Sen mikrorakenne on karkeampi ja vetolujuus pienempi. Pinnan ulkonäkö on karkea ja matta. (European Aluminium Association (EAA) 2015.)

Hiekkamuotti on monipuolisin valumenetelmä, sillä päästään ohuisiin seinämäpaksuuksiin (min. 2,5 mm) ja pieniin valupäästöihin. Näin saadaan painoetua muihin menetelmiin verrattuna. Valumuotit ovat kertakäyttöisiä, sillä ne tuhoutuvat kappaletta muotista otettaessa. (European Aluminium Association (EAA) 2015.)

### 4.2.3 Matalapainekokillivalu

Sula metalli johdetaan muottiin alhaaltapäin nousuputkea pitkin n. 0,7 bar ylipaineella. Muotti täyttyy hitaasti ja lähes täysin ilman sulan pyörteilyä, on valmiin kappaleen materiaaliominaisuudet homogeeniset ja sen hitsattavuus on hyvä. Muotti on valmistettu metallista jonka hyvän lämmönjohtavuuden takia sula alumiini jähmettyy nopeasti. Näin syntyy hieno ja tiivis mikrorakenne jonka ansiosta alumiini saavuttaa hyvän lujuuden. (European Aluminium Association (EAA) 2015.)

### 4.2.4 Puristetut profiilit

Puristus (pursotus) on kustannustehokas menetelmä valmistaa erilaisia profiileja alumiinista. Periaatteeltaan se on yksinkertainen menetelmä, puolijuokseva (plastinen) metalli puristetaan profiilin muodon antavan ns. kiven rakojen läpi ja lopuksi katkaisu oikeaan mittaan. Auton korissa erilaiset vahvikepalkit ovat tyypillisesti valmistettu puristamalla. Valmiin profiilin pinta on siisti ja oksidikerros vakio, joten hitsaus on helppo suunnitella. Puristettujen profiilien muodot on tutkittava tarkasti ennen hitsausta esim. erilaiset rivat ja vahvikkeet takapuolella vaikuttavat hitsaukseen. Näiden kohdalla on hitsaustehoa lisättävä tai hidastettava kuljetusnopeutta. Muutoin näihin materiaalikeskittymiin ei synny kunnollista tunkeumaa.

### 4.2.5 Yleistä tietoa levyosista

Levyosat on valmistettu seoksesta AlMgSi ja ne ovat helppoja hitsattavuudeltaan. Levyosia valmistetaan valssaamalla ja syvävetämällä, pinnan laatu on siisti ja oksidikerros on tasainen.

Auton korinvalmistuksessa käytetään yleisimmin nopeasti karkenevia seosmetalleja joilla on korkea myötöraja, sillä niitä pitää pystyä taittamaan hyvin. Tämän vuoksi ne eivät saa olla etukäteen karkaistuja. (European Aluminium Association (EAA) 2015.)

Korin osien valmistusmenetelmät levyaihioista ovat: Venytysmuovaus, syväveto, jatkoveto ja kääntö veto. Nestemuovausmenetelmät ja hydromekaaninen syväveto. Suurpainemuokkaus on tärkein autoteollisuudessa käytetty levynmuovausmenetelmä. (European Aluminium Association (EAA) 2015.)

Rakenneosissa käytettäviltä prässätyiltä alumiinilevyiltä vaaditaan erinomaista muovattavuutta, lujuutta, jäykkyyttä ja korroosion kestävyttä. Suuren volyymin massatuotannoissa käytetään prässättyjä levyosia mieluummin kuin pursotettuja osia. (European Aluminium Association (EAA) 2015.)

Osan jäykkyys riippuu levyn paksuudesta ja muotoilusta, materiaalin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa vain vähän, sillä kimmomoduuli E on kaikilla alumiiniseoksilla välillä 69–73 GPa. (European Aluminium Association (EAA) 2015.)



5xxx-sarjan alumiinit (Al-Mg) ovat karkenematonta laatua. Ne valmistetaan kuumavalssauksella ja pehmeäksi hehkuttamalla, niiden vahvuus perustuu liukenemiskovenemiseen ja keinovanhentamiseen. Tämä laatu saa lopullisen lujuutensa valmistuksen kylmämuokkaus vaiheessa. (European Aluminium Association (EAA) 2015.)

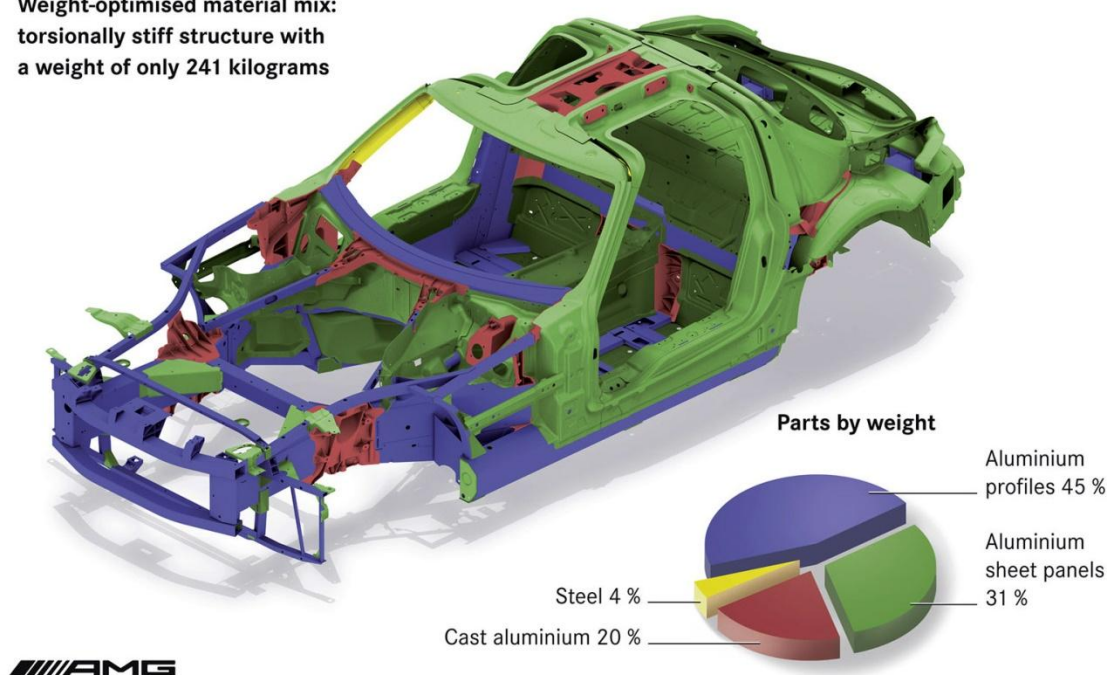
Magnesium on tärkein 5xxx-sarjan seosaine (käytetään 6 paino- %) joka johtuu seoksen liukenemiskarkenemisestä ja tehokkaasta muokkauslujittumisesta, tuloksena on kohtalainen lujuus. Nämä seokset ovat yleensä vahvempia kuin keskivahvat 3xxx-sarjan seokset, omaten erittäin hyvän muovattavuuden. Lukuun ottamatta alttiutta raerajakorroosiolle erittäin epäsuotuisissa oloissa (jos Mg pitoisuus > 3 paino- %) 5xxx-sarjan seokset ovat hyvin korroosiota kestäviä ja erityisesti niiden korrosio kestävyys merivedessä ja meri-ilmastossa on parempi kuin muilla seoksilla. (European Aluminium Association (EAA) 2015.)

6xxx- ja 7xxx-sarjan alumiinit ovat karkenevaa tyyppiä. Ne vaativat erkautuskarkaisun saavuttaakseen lopullisen lujuutensa. Erkautuskarkaisu on kaksivaiheinen lämpökäsittely: liuotushehkutus n. 500 °C lämpötilassa, sen jälkeen jäähditys ja vanhennuskäsittely matalammassa lämpötilassa. (European Aluminium Association (EAA) 2015.)

Teräs antaa lujuutta ja jäykkyyttä korirakenteelle ja alumiini keveyttä esim. luukuissa, ovissa ja valikoiduissa rakenneosissa. Alumiinin ja teräksen sekakäytössä on yksi huono puoli pidettävä mielessä: alumiini sijoittuu teräksen alapuolelle sähkökemiallisessa jännitesarjassa eli nämä rakenteet ovat erittäin alttiita sähkökemialliselle korroosiolle. (European Aluminium Association (EAA) 2015.)

Kuva 10 esittää Mercedes-Benz SLS AMG urheiluauton paino-optimoitua korikehikkoa ilman ulkopuolisia muoto-osia ja luokkuja. Autossa sinisellä kuvatut osat ovat alumiiniprofiileja, punaiset ovat valettuja alumiiniosia, keltaiset teräksiä ja vihreät prässättyjä alumiiniseos levyjä.

**Weight-optimised material mix:  
torsionally stiff structure with  
a weight of only 241 kilograms**



KUVA 10. Korin alumiinirakenteita: Mercedes-Benz SLS AMG (Daimler AG 2011. )

Ajoneuvojen pintaosien (etu- ja takaluukku, kattopelti, etulokasuojat, ovet ja takaneljännekset) käyttöominaisuusvaatimukseen kuuluvat taivutusjäykkyys, lommoutumisen vastustuskyky, korroosion kesto ja ulkonäköominaisuudet. (European Aluminium Association (EAA) 2015.)

Valmistettavuuden päävaatimukset ovat hyvä muovattavuus ja liitettävyyys. Taivutusjäykkyys riippuu kimmomoduulista, ja lommoutumisen vastustuskyky edellyttää riittävän korkeaa myötölujuutta pysyvien muodonmuutosten estämiseksi. Siksi alumiiniseosmateriaaliksi valitaan pääasiassa vanhetessaan lujittuvia 6000-sarjan alumiiniseoksia. Luukuissa saatetaan käyttää myös eri alumiinilaatujen yhdistelmiä, oven runko saattaa olla 5xxx-sarjan alumiinia sen paremman muovattavuuden takia ja oven pinta 6xxx-sarjan alumiinia. Tämä aiheuttaa sen, että ne eivät ole enää taloudellisesti kannattavia kierrätyskäyttöön. (European Aluminium Association (EAA) 2015.)

#### 4.2.6 Turvarakenteet, Crash Management Systems (CMS)

Lujia alumiinirakenteita käytetään ajoneuvojen etu- ja takaosien turvarakenteissa, puskuripalkeissa ja törmäysenergiaa absorboivissa crash boxeissa. Niillä on kaksi tarkoitusta: suojata ja turvata suurien nopeuksien törmäyksissä ja alentaa korjauskustannuksia matalien nopeuksien kolarikorjauksissa. Korjauskustannuksien kurissa pitämiseksi nämä osat on suunniteltu helposti vaihdettaviksi.

Kuvassa 11 on S-sarjan etuosan pulttiliitoksin olevat turvarakenneosat. Pitkittäiset palkinpäät ovat törmäysvyöhykettä, joka antaa ensimmäisenä periksi kolarin sattuessa. Pienissä kolarikorjauksissa palkkien päät yhdessä poikittaisen puskuripalkin kanssa ovat helposti vaihdettavissa olevia osia.



KUVA 11. W222-etupuskuripalkki, crash boxit ja lujitemuovinen etuosa (Kittelä 2013-9-24.)

Alumiiniset puskuripalkit on pursotettu 6xxx (Al-Mg-Si) tai 7xxx (Al-Zn-Mg) -lämpökäsiteltävistä seoksista. Suurlujuksinen 7000-sarja tarjoaa suurimmat mahdollisuudet painon vähentämiseen, koska seinämän paksuuksia voidaan pienentää. Suuri törmäysenergian absorbointikyky saadaan erikoisseoksilla ja lämpökäsittelyllä. Hyvä sitkeys ja lujuus yhdistyvät pursotettavuuteen ja hitsattavuuteen. Lisäksi muotoilulla on tärkeä merkitys energian absorptioon törmäyksessä. Esimerkiksi monireikäisillä puristeilla on edullisempia taitto-ominaisuuksia kuin yhden reiän puristeilla ja suunnitellusti kasaan painuva osa heikennetään rypyttämällä. (European Aluminium Association (EAA) 2015.)

### 4.3 Alumiiniseoksien ja teräksien liitosmenetelmät tehtaalla

S- ja SL-sarjan korien valmistuksessa käytetään seuraavia liitostekniikoita:

- vastuspistehitsaus
- useita erilaisia niittaustekniikoita
- liitokset itsekierteittäville ruuveilla
- liimaus
- MIG-hitsaus
- MIG-juottaminen
- laserhitsaus
- RobScan-hitsaus.

Liitosmenetelmistä käsitellään vain muutamia tekniikoita.

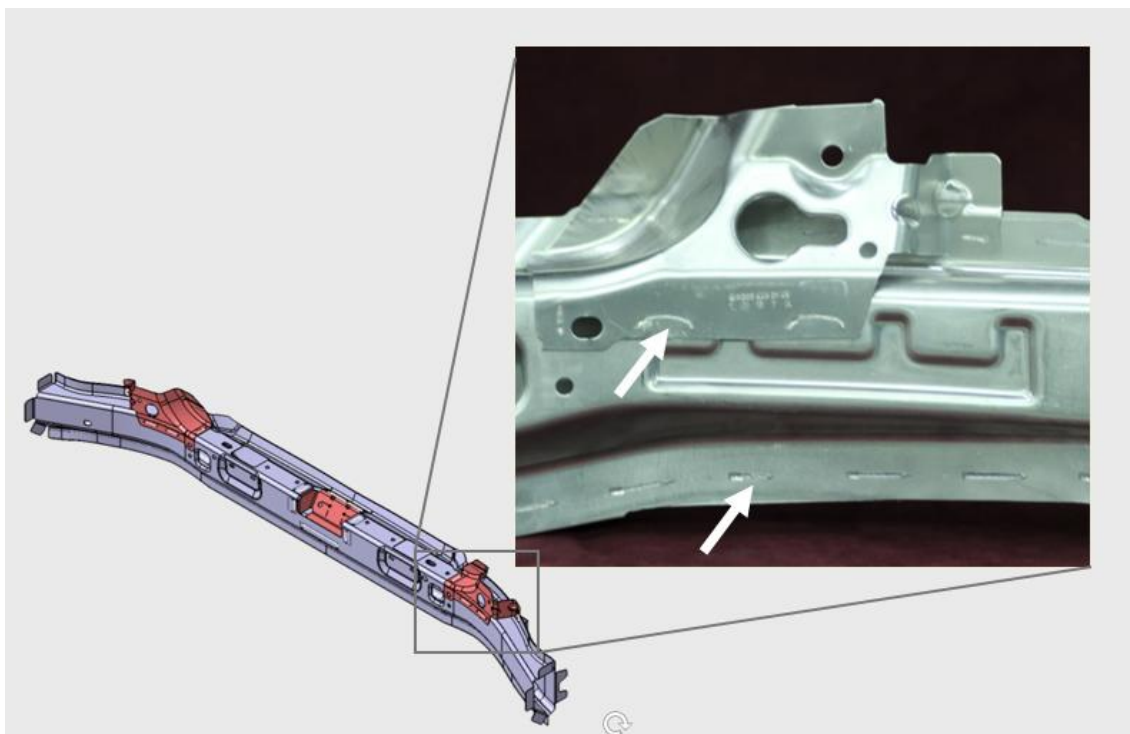
#### 4.3.1 RobScan

RobScan kehitettiin monikerroksisten alumiinilevyjen laserhitsaukseen. Laserenergian lähde voi sijaita jopa 100 m päässä, ja hitsausenergia johdetaan valokuitua pitkin työpisteelle. RobScanilla saavutetaan jopa 15-kertainen hitsausnopeus verrattuna pistehitsaukseen. Nopeus perustuu siihen, että robotin varsi ja RobScan-peiliyksikkö voivat olla etäämpänä hitsauskohteesta. Peilit säätyvät eri kohteisiin ja useampia hitsejä saadaan tehtyä samasta robotin asemasta. Hitsit voivat olla minkä tahansa muotoisia. Tämä menetelmä kehitettiin ensimmäisenä maailmassa Mercedes-Benz S -mallien korien hitsaukseen. Kuvassa 12 on robotin varren päässä RobScan-peiliyksikkö. Hitsauksen lisäksi se suorittaa hitsauksen laadunvalvontaa. (Apricon Oy 2012.)



KUVA 12. RobScan-hitsausta auton oven sisäosiin (Apricon Oy 2012.)

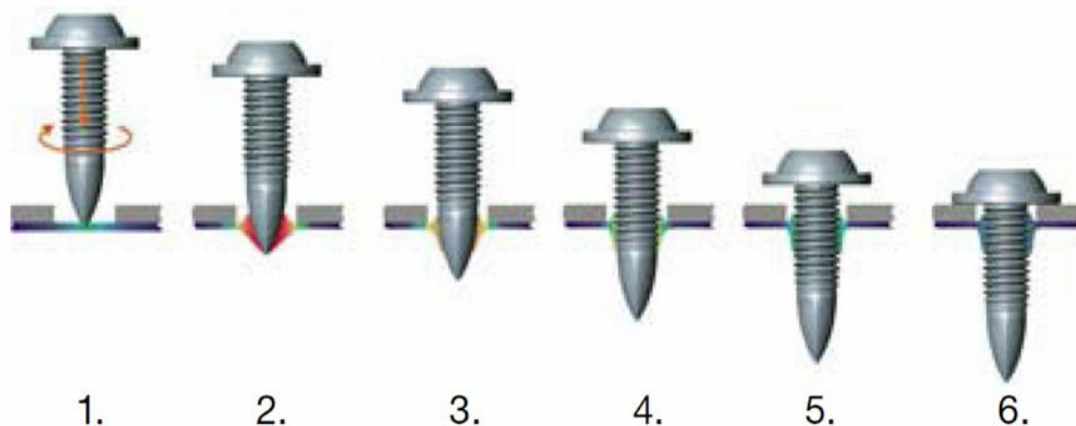
Kuvassa 13 on RobScan-hitsausliitoksia takapellin poikittaispalkissa. Hitsausliitokset voivat olla geometrisesti minkä tahansa muotoisia.



KUVA 13. RobScan-hitsausliitoksia (Daimler AG.)

#### 4.3.2 Itsekierteittävä ruuvi

Itsekierteittävä ruuvi on nopea tapa liittää levyjä toisiinsa. Kuvassa 14 on päällimmäisessä levyssä reikä, mutta ruuviliitos on myös mahdollista tehdä ilman alkureikää. Peltiä kohti määrättyllä voimalla ja pyörimisnopeudella painettu pyörivä ruuvi kuumentaa pellin, ja tunkeutuessaan pellin läpi ruuvi muodostaa lastuamatta itsekierteittäen kierteen. Lopuksi ruuvi pysähtyy saavuttaessaan määrätyn kiristysmomentin. (TTS Koriakatemia 2011.)



KUVA 14. Itsekierteittävä ruuvi (TTS Koriakatemia 2011.)

1. Kumentaminen
2. Tunkeutuminen
3. Pellin lävistäminen
4. Kierteen muodostuminen
5. Täysin läpi oleva ruuvi
6. Kiristäminen

#### 4.3.3 Liimaustekniikka

Auton korissa on monenlaisia liimaliitoksia, joista jotkin ovat hyvin elastisia eikä niillä ole suurta lujuusvaatimusta. Ne toimivat lähinnä tukea antavina resonanssin estäjinä ja tiivistyksenä.

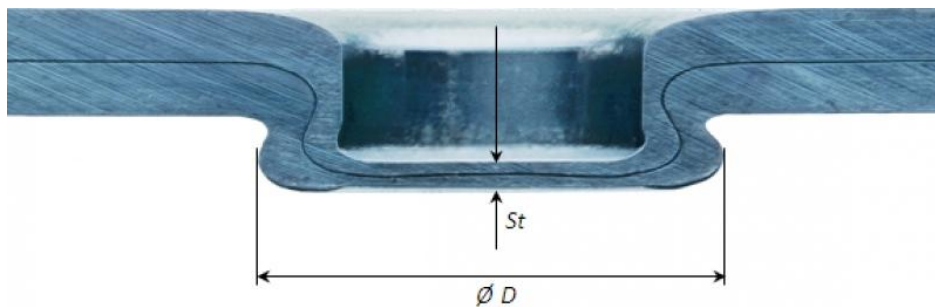
Rakenneliimaus on lujin liimaliitos, vetolujuus 30 – 40 MPa, ja sitä käytetään auton korin kantavissa rakenteissa lisäämässä vastuspistehitsaus-, niittaus- ja ruuviliitoksien lujuutta. Rakenneliimaus lisää korirakenteen jäykkyyttä. Sen ansiosta voidaan materiaalivahvuuksia pienentää ja näin saadaan alennettua painoa. Lisäksi laippojen välissä olevat liimat estävät sähkökemiallista ja rakokorroosiota.

Autotehtaiden tuotannossa käytetään yksikomponenttisiä rakenneliimoja, jotka kovettuvat maalausprosessin kuivatuksen suurissa lämpötiloissa. Korikorjaamokäyttöön tarkoitettu rakenneliima on kaksikomponenttinen epoksiliima.

#### 4.3.4 Muotolukitus

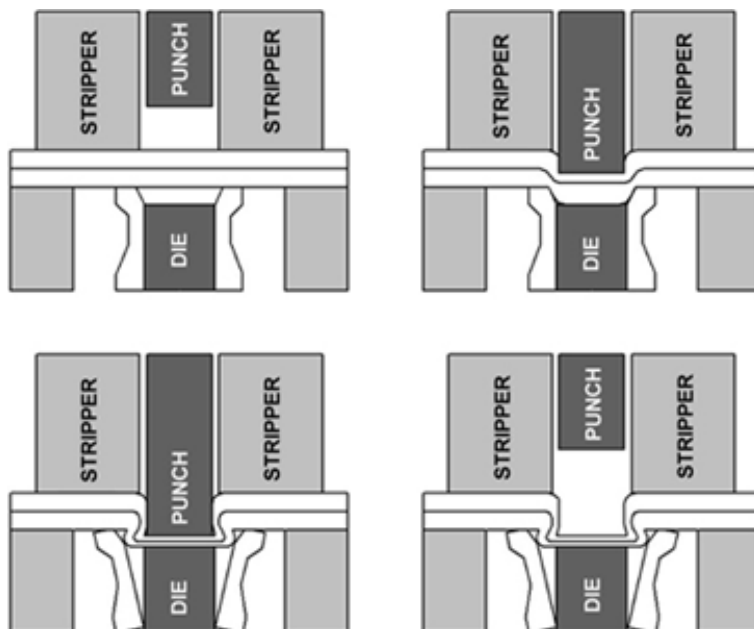
Muotolukituksessa ei liitokseen tule ylimääräistä tavaraa, vaan niittaustyökalulla stanssataan liitettäviin pelteihin kuvassa 16 oleva nepparin näköinen plastinen muodonmuutos. Mikäli eripaksuisia levyjä liitetään toisiinsa, on muotolukitus yksi parhaista liitosmenetelmistä. Sillä voidaan saavuttaa jopa 1,5-kertainen staattinen kuormitus pistehitsaukseen verrattuna. Erilaisia materiaaleja ja/tai eri tavoin

pinnoitettuja levyjä voidaan liittää toisiinsa. Rakenneliimaa voidaan käyttää levyjen välissä lujutta lisäämässä. (Kittelä 2014.)



KUVA 16. Muotolukituksen halkaisukuva (Bollhoff Attexor SA 2015.)

Kuvassa 17 esitetään muotolukituksen tekeminen. Yläpuolen tuurna iskee kohti alapuolen vastinta. Alapuolen vastimen muotoilun ja toiminnan ansiosta valmistuu muotolukitus.



KUVA 17. Periaatekuva muotolukituksen teosta (Sheetmetal 2015.)

#### 4.3.5 Stanssiniittaus (SPR)

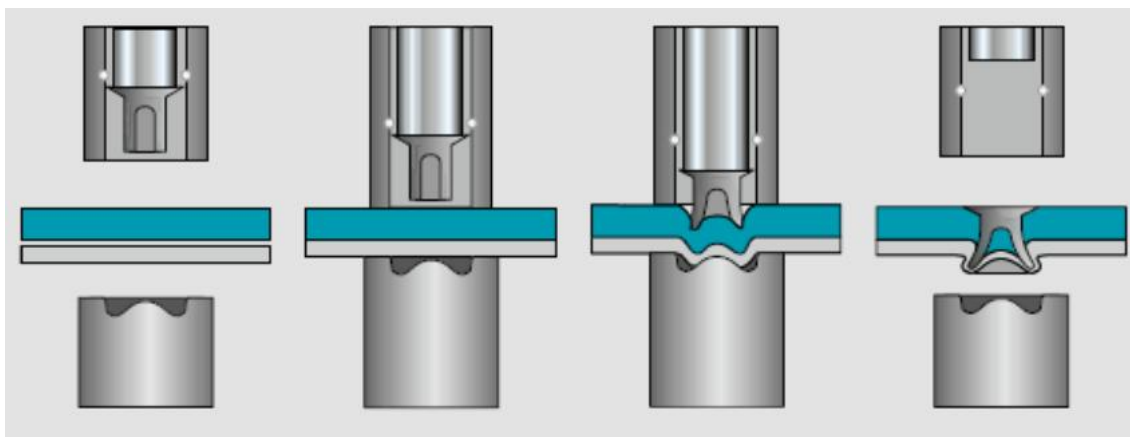
Stanssiniittauksessa (SPR) puristetaan niittaustyökälulla holkkimainen niitti liitettäviin pelteihin. Niitti lävistää ylimmäisen pellin, mutta alemman stanssin muotoilun ansiosta niitti taittuu ja tyssäytyy muodostaen ikään kuin juuret alempaan peltiin, niin että syntyy pitävä liitos. Niitin pituuden pitää olla juuri sopiva; liian lyhyt tai liian lyhyt niitti aiheuttaa heikon liitoksen. Tässä niittausmenetelmässä pitää päästä molemmiin puolin käsiksi liitokseen. Mercedes-Benz-autojen korikorjauksissa stanssiniitti korvataan tyssä- tai vetoniitillä korjattavan kohteen mukaan. (Daimler AG 2013.) Kuvassa 18 on stanssiniittauksen halkaisukuva ja stanssiniitti.





KUVA 18. Stanssiniitti ja valmiin liitoksen halkaisukuva (Coffey ja Strasser 2012.)

Kuvassa 19 esitetään stanssiniittauksen tekeminen, vasemmalta alkaen: komponentit, asemointi, niitin painaminen ja valmis stanssiniittiliitos.



KUVA 19. Stanssiniittauksen toimintaperiaate (Coffey ja Strasser 2012.)

#### 4.3.6 Itselävistävä umpiniitti (SSPR)

Itselävistävä umpiniitti (SSPR) painetaan niittauslaitteella kohteeseen. Niitti lävistää pellit ja alapuolinen stanssi puristaa yhdessä yläpuolisen stanssin kanssa reiän ympäriltä suurella voimalla, jolloin reiän reunat painuvat niitin urituksiin ja muodostuu pitävä liitos (kuva 20). (aluMatter 2011.)



KUVA 20. SSPR-niittiliitoksen halkaisukuva (Tox® Pressotechnik 2015.)

Itselävistävää umpiniittiä käytettäessä täytyy päästä molemmiin puolin käsiksi kohteeseen. Tätä niittimallia käytetään silloin, kun liitettävät materiaalit ovat liian ohuita tai kun alempi levy on liian ohut tai kova stanssiniitille (SPR). Kuvassa 21 on erilaisia SSPR-niittejä. Tässä menetelmässä niitti ei muuta muotoaan lainkaan, ainoastaan liitettävät levyt muuttavat muotoaan. (aluMatter 2011.)






KUVA 21. SSPP-umpiniittejä (Direct Industry 2015.)

#### 4.3.7 Lyöntiniittaus

Itsekierteittäviä ruuveja korvaamaan on kehitetty lyöntiniittaus (kuva 22). Tällä menetelmällä saavutetaan huomattava ajansäästö tuotannossa. Periaate on sama kuin naulapysyissä, eli suurella voimalla ja nopeudella ammutaan lyöntiniitti peltien lävitse.

Lyöntiniittauksen hyviä puolia on, että sillä voidaan liittää eri materiaaleja, se ei tarvitse esivalmisteluja, on yhdeltä puolelta tehtävissä, sopii yhteen koriliimauksen kanssa, sopii hyvin monikerrosliitoksiin ja on erittäin nopea liitosmenetelmä. Haittana on työssä syntyvä melu ja paikallinen muodonmuutos lyöntiniitin kohdalla. SL-mallin tuotannossa lyöntiniittausta käytetään takalattian osakokoonpanon valmistukseen. Melun vuoksi työ suoritetaan äänieristetyssä tilassa. (Ast ja Trabner 2012.)


Mercedes-Benz
Production at the Bremen plant

### ImpAcT as further development of flow drill screws

**Challenge:**

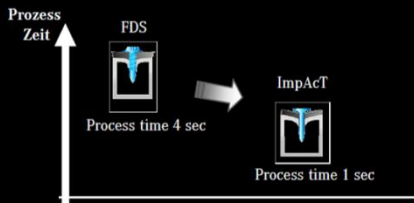
- > Long process time for flow drill screws (FDS)
- > Restrictions within the process window

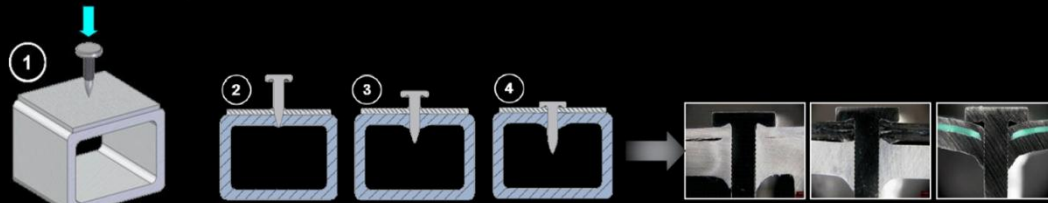
**Measure:**

- > Development of new "ImpAcT" joining method
- > Validation & automation in the rear floor area

**Result:**

- > Changing of 14 flow drill screws to the „ImpAcT” joining method as the series-production solution





September 07, 2012
The new Mercedes-Benz SL
Page 41

KUVA 22. Lyöntiniittaus (ImpAct) (Ast ja Trabner 2012, 41.)

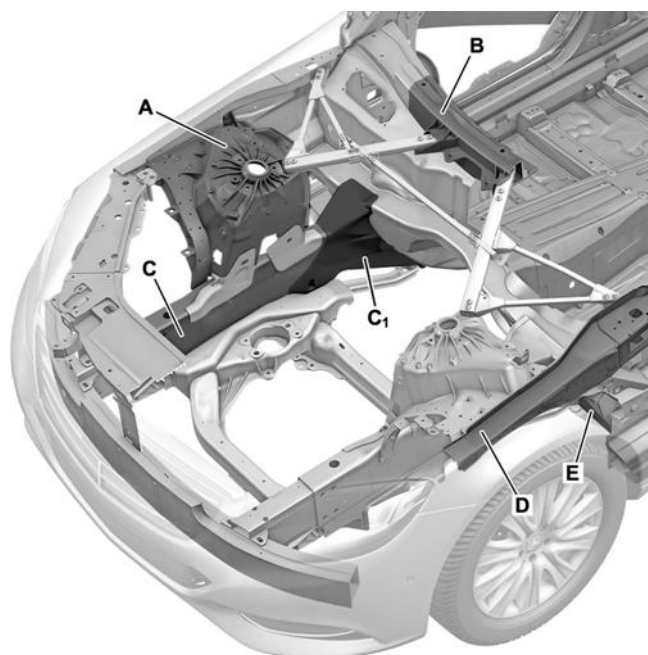
## 5 VAURIOANALYYSI JA KORJATTAVUUDEN MÄÄRITTÄMINEN

Vaurioanalyysi eli törmäysvauriodiagnoosi kuten Mercedes-Benzin korjausohjeissa sanotaan, on kolari-  
vauriokorjauksissa aina ensimmäinen toimenpide ja erittäin tärkeä työ, jolla määritetään korjaus-  
menetelmä ja arvioidaan korjauksen kannattavuus.

Rakennealueilla alumiiniosien oikaisu- ja korjausmahdollisuudet ovat yleensä hyvin vähäiset; tehtaan  
ohjeissa annetaan vain muutamia poikkeuksia. W222-korin vaurioanalyysin ohjeistus löytyy WIS-  
dokumentista AR60.00-P-1105LF

Törmäysvauriodiagnoosin tekemiseen tarvittavat WIS-dokumentit ovat:

- vauriodiagnoosin tarkastuslista (OF60.00-P-1000-01LF)
- auton ulkopintojen tarkastus (AP60.00-P-0050LF)
- auton alustan komponenttien ja auton alapuolen tarkastus, tarvittaessa alustanmittauksen  
teko
- rakenneosien tarkastus katsomalla (AR62.10-P-1101-01LF)
- rakenneosien mittaus (AR62.10-P-1110-02LF).



KUVA 23. W222-korin etuosan tarkastettavat rakenneosat (Daimler AG 2015d.)

- A. Joustintukiholvi (alumiinivaluosa)
- B. Poikkipalkki tuulilasin alapuolella (alumiinivaluosa)
- C. Pitkittäispalkki (pursotettu alumiiniprofiili)
- C1. Pitkittäispalkin takaosa (alumiinivaluosa)
- D. Etuyläpoikkittäispalkki (puristettu alumiinilevyosa)
- E. Pyöräkotelon alaosan vahvike (puristettu alumiinilevyosa)

Alumiinisten rakenneosien vaurioiden tarkastus käsittää kuvassa 23 merkityt komponentit. Mikäli valuosissa on murtumia, teräviä taitoksia tai muodonmuutoksia, on valuosat aina vaihdettava. Myös pyöräkotelon alaosan vahvike (alumiinilevy-puristusosa) on aina vaihdettava, jos siinä havaitaan vaurioita. Muotoaan muuttaneen pitkittäispalkin C (puristettu profiili) ja yläpitkittäispalkin D (alumiinilevy-puristusosa) muotoon palauttaminen on tietyissä tilanteissa mahdollista. Muotoon palauttaminen riippuu muodonmuutoksen suuruudesta ja suunnasta, mutta ei ole sallittua, mikäli löytyy murtuma tai terävä taitos. (Daimler AG 2015d.)

## 5.1 Korimittaus

Muodonmuutosten suuruus määritetään mittaamalla käyttäen GOTIS-järjestelmässä määriteltyä, hyväksyttyä elektronista diagnoosi- ja mittausjärjestelmää. Poikkeamat kirjataan ylös GOTIS-järjestelmästä löytyvään taulukkoon ja taulukkoa apuna käyttäen määritetään korjaustapa.

Mittausjärjestelmäksi on hyväksytty neljän valmistajan mittalaitteet, vain nämä valmistajat saavat Mercedes-Benz autojen rakennetiedot, joilla he voivat valmistaa mittausjärjestelmänsä. (Daimler AG 2015d.)

Mittalaitteet:

- Celette: Naja ja E-guan
- Car Bench: Contact
- Car-O-Liner: Car-O-Tronic Vision X3
- Blackhawk: SHARK

Mittalaitteet jaetaan kolmeen kategoriaan:

Mittalaite toimii ehdottoman tarpeellisena osana oikaisujärjestelmää (Car-O-Liner)

Mittalaite toimii täydennyksenä oikaisujärjestelmälle (Celette, Car-Bench)

Mittalaite toimii itsenäisesti vaikka ilman hyväksyttyä oikaisujärjestelmää (Blackhawk, Car-o-liner)

Mekaanisesti suoritettua etäisyys- ja vertailumittausta mittaharpilla (tankoharppi) ei voida käyttää R231 ja W222 korimallien mittaukseen, koska niiden mittaustarkkuus vaadittuihin tarkkuustoleransseihin nähden ei ole tarpeeksi hyvä ja luotettava törmäysvauriodiagnoosin tekemiseen. Tämän mittausmenetelmän haittapuolena on lisäksi mittatiedon saaminen vain kahden pisteen välisenä etäisyytenä, kun olisi tarpeen saada 3D mittatieto. (Daimler AG 2015d.)

## 5.2 Oikaisupenkit

Mercedes-Benz autojen oikaisujärjestelmiksi eli oikaisupenkeiksi on hyväksytty toimintaperiaatteelta kolmenlaisia laitteita (kuva 24). Yhteistä näille on toimintaperiaate, että auto saadaan tukevasti oikaisupenkkiin kiinni ja vetopuomilla vedetään muotonsa ja sijaintinsa muuttanut osa paikoilleen. Oikaisupenkit jaotellaan ajoneuvon kiinnitysmenetelmän perusteella: Jigi, säätöjigi ja yleisoikaisupenkeihin. (Daimler AG 2015d.)

### 5.2.1 Jigipenkit

Jigipenkit ovat automallikohtaisilla oikaisukulmilla varustettuja oikaisupenkkejä. Oikaisupenkinrungon päälle asetetaan pystytyssuunnitelman mukaiset oikaisukulmat eli jigit määrättyyn paikkaansa. Nämä jigit tukevat autoa veto-oikaisujen aikana ja toimivat samalla mittapisteinä, jos jigi menee mittojen mukaiseen paikkaansa on kyseinen piste mitoissaan. Kuvassa 25 on Celeten jigipenkki oikaisukulmat asennettuna.



Kuva 25 Celette jigipenkki (Celette 2015.)

### 5.2.2 Säätöjigipenkit

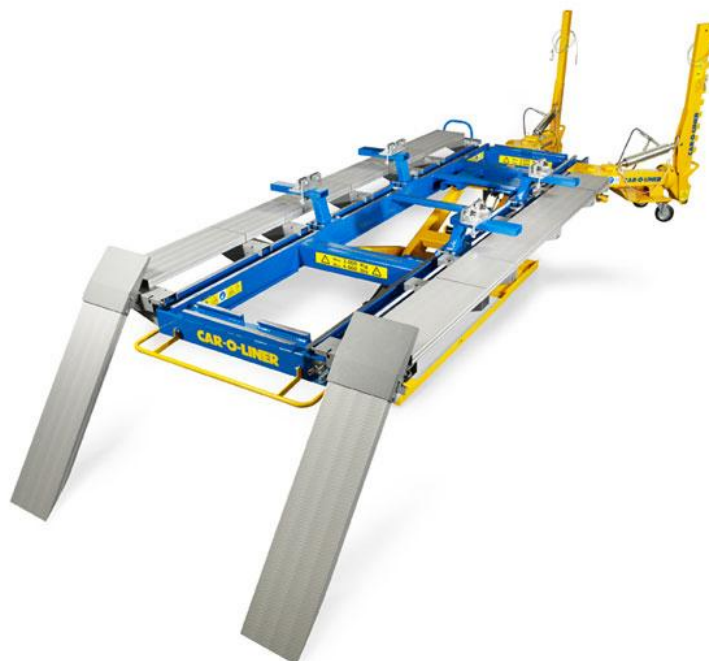
Säätöjigipenkit ovat auton kiinnityspeiraatteeltaan samankaltaisia kuin jigipenkit. Erot ovat oikaisukulmissa eli jigeissä. Samaa jigisarjaa voidaan säätää eri automallien mittoihin sopivaksi. Säätöjigin osat voidaan säätää x, y ja z suuntiin. Näin ollen hankittavien osien määrä on vähäinen verrattuna jigipenkkiin. (kuva26) (Car-Bench 2015.)



KUVA 26. Car-Bench Octopus säätöjigipenkki (Car Bench 2015.)

### 5.2.3 Yleispenkit

Yleisoikaisupenkeissä tapahtuu auton kiinnitys oikaisupenkkiin erilaisilla helmakiinnikkeillä ja/tai aluskiinnikkeillä. Nämä oikaisupenkit tarvitsevat mittalaitteen. (kuva 27) (Car-O-Liner 2015.)

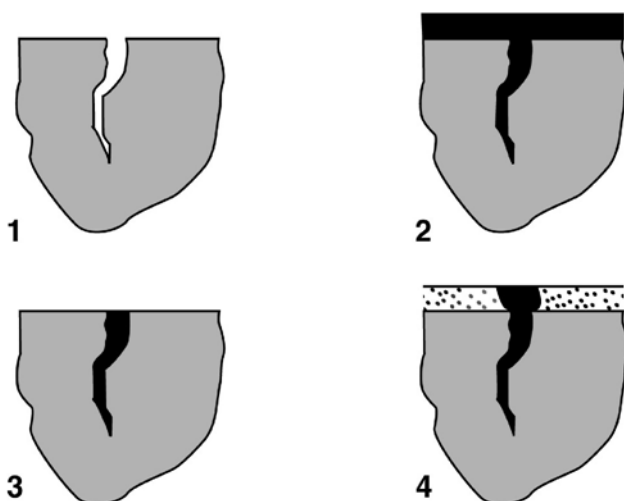


KUVA 27. Car-O-Liner korinoikaisupenkki (Car-O-Liner 2015.)

### 5.3 Murtumatarkastus

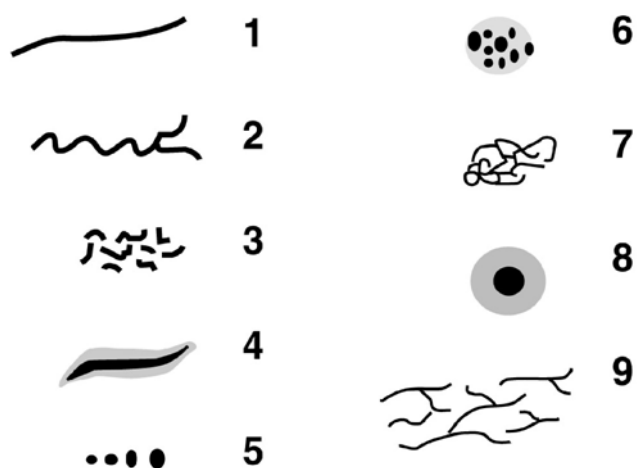
Murtumatarkastus suoritetaan ennen ja jälkeen alumiinirakenteiden korjaustöitä. Sillä pyritään löytämään murtumat, sulkeumat ja hitsin mahdolliset virheet.

Tunkeumanestetarkastus on tähän soveltuva menetelmä. Tämän tarkastuksen periaate on yksinkertainen: tarkastettavalle alueelle levitetään suihkuttamalla tai sivelemällä värjätty tunkeumaneste, joka tunkeutuu silmällä havaitsemattomiin säröihin koska sillä on hyvin vähäinen pintajännitys. Aineen annetaan vaikuttaa 5-30 minuuttia ja tämän jälkeen käytetään kehiteainetta jolla tunkeumaneste saadaan imeytymään pois vauriokohdasta. Näin virheet saadaan näkymään kontrastierona kehiteainekerroksessa. Tällä menetelmällä saadaan selville vain pintaan asti ulottuvat virheet. (Daimler AG 2015d.)



KUVA 28. Murtumatarkastus tunkeumanesteellä (Daimler AG 2015d.)

1. Murtuma puhdistuksen jälkeen
2. Murtuma kontrastiaineen levittämisen jälkeen
3. Virheeseen tunkeutumattoman osuuden poiston jälkeen
4. Kehiteaineen levittämisen jälkeen virheet tulee näkyviin



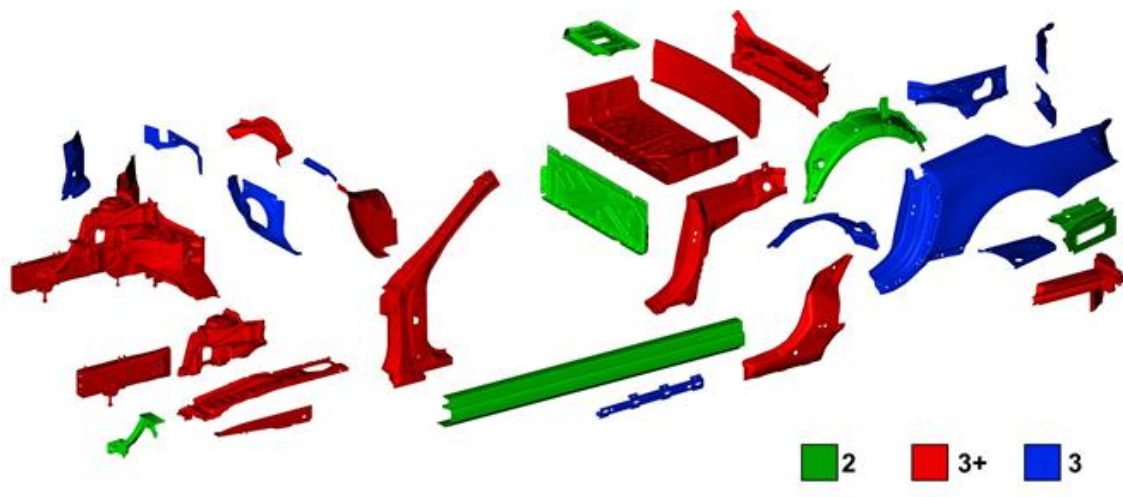
KUVA 29. Vikakohtamuotoja tunkeumanestetarkastuksessa (Daimler AG 2015d.)

1. Kylmähalkeama
2. Lämpöhalkeama
3. Hiontahalkeama
4. Halkeama jossa paha juurivaluma
5. Erikokoisia huokosia
6. Huokosia
7. Mikrorakennevirhe
8. Huokonen jossa juurivaluma
9. Hiertymiskorroosio

## 6 ALUMIINIRAKENTEIDEN KOLARIKORJAUSVAIHEET

Alumiinirakenteiden kolarikorjaukset jakautuvat 4:n vaiheeseen (kuva 30).

- korjausvaihe 1 (ruuvein kiinnitetyt osat)
- korjausvaihe 2 (liimatut ja niitatut osat)
- korjausvaihe 3 (hitsatut osat)
- korjausvaihe 3+ (hitsatut kantavat rakenteet)



KUVA 30. Kolarikorjausvaiheet

Koska alumiinirakenteiden veto-oikaisu ja muotoon palauttamiset pakottamalla ovat hyvin rajalliset, niin joudutaan usein suorittamaan osan vaihto. Osan vaihto voidaan tehdä komponentti kerrallaan kokonaisuudessaan tai vaihtamalla osa isommasta kokonaisuudesta. Esim. etummaisen pitkittäispalkin etuosa on hyvin tyyppilinen kohde osittain vaihdettavalle osalle. Osan vaihdolle annetaan katkaisukohdat WIS-järjestelmässä.

### 6.1 Korjausvaihe 1

Korjausvaihe 1:een kuuluvat kaikki ruuviliitoksien vaihdettavat osat kuten ovet, luukut, etulokasuojat, törmäysvyöhykkeen puskuripalkit ja crash boxit. Ruuviliitoksissa ei joissakin tapauksissa tapahtuvaa lämmittämistä lukuun ottamatta ole eroa teräskorisen auton korjaamiseen. Alumiinirakenteissa olevat itsekierteittävät ruuvit täytyy lämmittää lämpötilaan 100 – 120 °C ennen aukaisua. Lämmitykseen suositellaan käytettäväksi kuumailmapuhallinta. (Daimler AG 2015d.)

Itsekierteittäviä ruuveja voidaan käyttää uudelleen, mutta ohjeissa voidaan myös määrätä korvaamaan ruuvit niiteillä. Alumiinipuristusprofielien ruuviliitoksista ruuvit voidaan poistaa akkukäyttöisellä ruuvinvääntimellä, sen sijaan alumiinivalurakenteiden ruuviliitokset pitää aina kiertää irti käsin. Varsinkin törmäysvyöhykkeiden osien kiristysmomentit on hyvä muistaa tarkistaa korjaamokäsikirjasta. (Daimler AG 2015d.)



## 6.2 Korjausvaihe 2

Korjausvaihe 2:een kuuluvat niittaus- ja liimaustekniikat. Niittaus- ja liimaustekniikka on erinomainen liitosmenetelmä, sillä voidaan liittää lujasti erilaiset materiaalit, eri pinnoitteella olevat, eri paksuudet ja monikerrosrakenteet luotettavasti ja lujasti.

### 6.2.1 Rakenneliimaus

Ennen liimaliitoksen purkamista on liimaliitos lämmitettävä lämpötilaan 100 – 120 °C. Lämmitys tapahtuu kuumailmapuhaltimella ja liitosta raotetaan varovaisesti meisselillä. Yli 180 °C lämpötila vaurioittaa liimaa syvemmälle rakenteeseen, joten sitä on vältettävä.

Korjaamokäyttöön tarkoitettut rakenneliimat ovat 2-komponenttisiä epoksiliimoja ja ne voivat vaatia pohjustuksen tekemisen primerillä ennen liimausta. Liimaliitosta käytetään rakenneosissa niittauksen, ruuviliitoksen ja vastuspistehitsauksen yhteydessä. Korjausvaiheessa pitää huomioida, että oikeanlainen liima tulee korjattavaan kohteeseen. Erilaisille materiaaliyhdistelmille ja lujuusvaatimuksille on useita erilaisia koriliimoja. (Daimler AG 2015d.)

### 6.2.2 Niittaustekniikka

Niittausliitoksiin käytetään kohteittain joko yhdeltä tai kahdelta puolelta käsiksi päästäviä niittejä. Stansattujen niittiliitosten irrottamiseen ja täysmetalliniittiliitosten tekemiseen saa käyttää vain Daimler AG:n hyväksymiä työkaluja. Vain toiselta puolelta käsiksi päästäviin niittiliitoksien purkamiseen käytetään porausta, jyrshintää tai hiontaa. Lastut ja hiontajäänteet on poistettava välittömästi, koska ne voivat aiheuttaa kontaktikorroosiota. Korjausohjeissa annetaan ohjeet kuinka niittien reiät on valmistettava, ja ohjeissa mainitaan, mikäli on käytettävä koriliimaa niittiliitoksen vahvistuksena. Korroosioaurioiden syntymisen ehkäisemiseksi on niittiliitosten korilaippapinnat aina tiivistettävä koritiivistysaineella esim. polyuretaanisaumamassalla. (Kittelä 2014.)

Niittien pitää olla samaa tai samantyyppistä materiaalia kuin liitettävät rakenneosat. Näin ehkäistään sähkökemiallisen korroosion syntyminen ja lämpölaajenemisen aiheuttamaa löystymistä.

Niittien materiaalit ovat kohteen mukaan alumiiniseosta tai jopa suurlujuusterästä. (Daimler AG 2015d.)

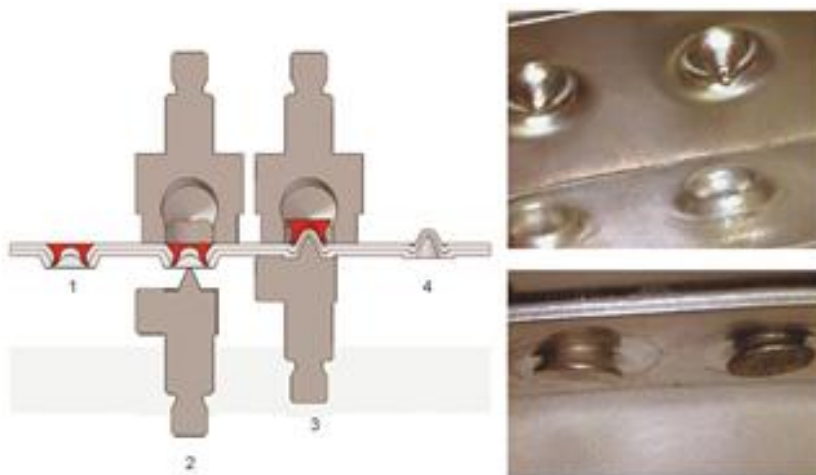
Taulukossa 1 esitetään eri niittaus- ja liimausmenetelmien yhdistelmien vaikutusta vetomurtolujuuteen. Taulukossa esitetyt arvot ovat koekappaleille tehtyjen vetolujuuskokeiden mittauservoja. Koekappaleet olivat peltiliuskoja, joiden limittäinen liitosalue oli 16 mm \* 45 mm. Tuloksista voidaan todeta, että liimauksella saavutetaan huomattava lisäys liitoksen lujuuteen.

TAULUKKO 1. Liitosmenetelmät ja vetomurtolujuus (Wielander &amp; Schill AG 2013.)

Liitosmenetelmä	Vetomurtolujuus kN
Alumiininen tyssäniitti ja liimaus	11,8
Alumiininen vetoniitti ja liimaus	10,9
Teräksinen tyssäniitti ja liimaus	10,5
Stanssiniitti ja liimaus	8,2
Stanssiniitti	6,3
Teräksinen tyssäniitti	6,2
Alumiininen tyssäniitti	5,1
Alumiininen vetoniitti	4,5

### 6.2.3 Stanssiniittiliitoksen purku

Stanssiniittiliitoksen purku aloitetaan asentamalla niittauskoneeseen stanssiniitin irrottamiseen sopivat päät ja puristetaan niitti irti liitoksesta (kuva 31). Toinen menetelmä on yksinkertaisesti porata 6 mm poralla niitti pois. Korjauksissa stanssiniittausta ei enää tehdä uudelleen, vaan tilalle asennetaan tyssäniitti. (Kittelä 2014.)

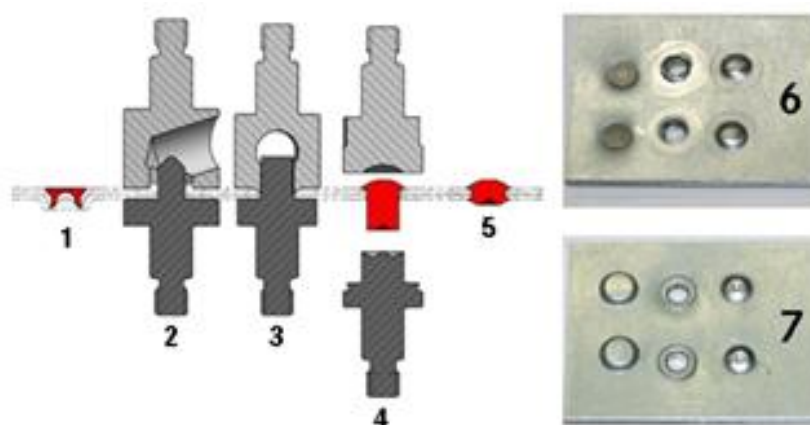


KUVA 31. Stanssiniitin irrottaminen niittauslaitteella (TKR Automotive GMBH 2009.)

1. Stanssiniittiliitos
2. Asemointi
3. Niitin ulos puristus
4. Auki oleva liitos

#### 6.2.4 Stanssiniitin korvaaminen niitillä

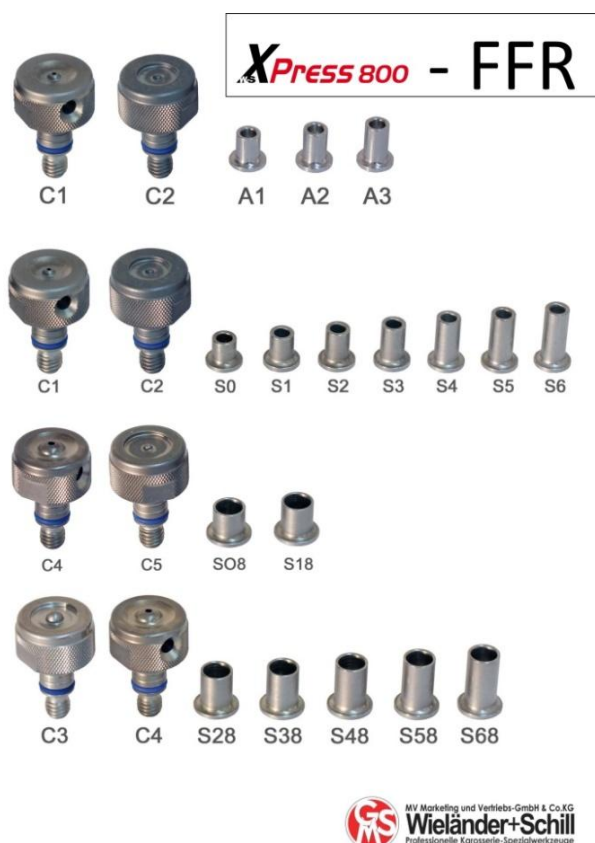
Stanssiniitin korvaaminen tyssäniitillä (kuva 32) aloitetaan asentamalla irrotuspäät niittauskoneeseen ja puristetaan stanssiniitti ulos. Tämän jälkeen asennetaan niittauskoneeseen umpiniitille sopivat reiän kalibrointipäät, joilla valmistellaan niitille sopiva reikä. Lopuksi vaihdetaan stanssipäät niittauslaitteeseen ja stanssataan umpiniitti liitokseen.



KUVA 32. Stanssiniitin korvaaminen niitillä (TKR Automotive GMBH 2009.)

1. Tuotannossa tehty stanssiniitti
2. Stanssiniitin poistaminen
3. Lävistys ja reiän kalibrointi
4. Asennetaan niitti
5. Prässätään niitti
6. Prosessin vaiheet etupuoli
7. Prosessin vaiheet takapuoli

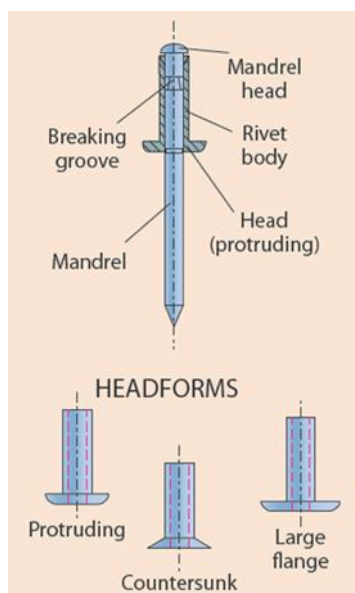
Liitoksien korjaustöihin on käytettävä aina liitoksen suunniteltua niittiä ja niittipuristimeen oikeanlaisia stansseja (kuva 33). WIS-ohjeista ja EPC:sta löytyvät lukumäärät, sijainti ja niitin varaosnumero niittien tilausta varten. Jokaiseen kohteeseen on suunniteltu tarvittava niitin muoto, materiaali ja koko.



KUVA 33. Stansseja ja tyssäniittejä (Wielander + Schill 2015.)

## 6.2.5 Vetoniitti

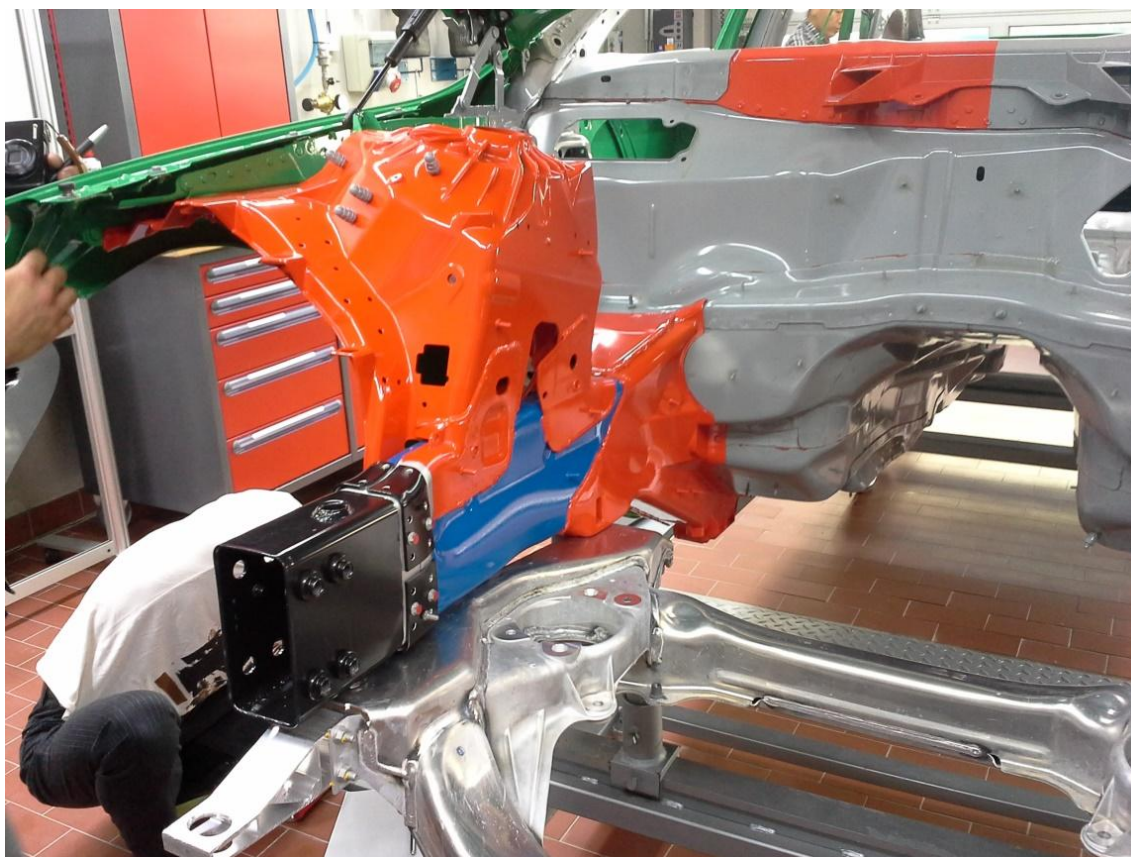
Vetoniitti soveltuu vain toiselta puolen käsiksi päästäviin kohteisiin ja sillä voidaan korvata ensiasennusniiteistä esim. stanssiniitti ja lyöntiniitti. Lujat suurlujuusteräksestä valmistetut niitit vaativat jopa 1,9 t eli lähes 19 kN vetovoiman niittauslaitteelta, joten millä tahansa pop-niittipihdeillä ei näiden vetoniittien asennus onnistu. Kuvassa 34 on kuvattu rakennevetoniitti erilaisiin tarkoituksiin soveltuvilla niittipäillä. (Coffey ja Strasser 2012.)



KUVA 34. Rakennevetoniitti ja erilaisia niittipäitä (Coffey ja Strasser 2012. )

### 6.2.6 Palkin etuosan vaihto niittausliitoksella

Etupitkittäispalkin etuosa voidaan vaihtaa niittaus-liimaustekniikalla. Palkin etuosa ja vahvikelevyt asemoidaan kohdalleen. Oikean aseman määrittämisessä käytetään apuna jigi-oikaisupenkkiä tai korimittalaitetta. Asemoinnin jälkeen porataan 6,7 mm reiät vahvikelevyihin ja palkkien päihin. Tämän jälkeen puretaan osat irralleen ja viimeistellään reikien reunat. Karhennetaan vahvikelevyjen alapinnat ja vastaavat kohdat palkista. Lopuksi levitetään 2-komponenttinen rakenneliima karhennetuille alueille ja suoritetaan niittaus vetoniiteillä WIS-ohjeiden mukaisesti. Kuvassa 35 on asemoitu oikean etupitkittäispalkin etuosa (musta osa) paikoilleen w222 S-sarjan koriin. (Daimler AG 2015d.)



KUVA 35. Palkin etuosan vaihto niittausliitoksella (Kittelä 2013-9-24.)



### 6.3 Korjausvaihe 3 ja 3+ hitsausliitokset

Korjausvaihe 3 ja 3+:aan kuuluvat alumiinin MIG-hitsausta vaativat työt. (Daimler AG 2014d.)

Tyypillinen kohde korjaushitsaukselle on palkkien osittain vaihtamiset. Korjausohjeista löytyvät sallitut katkaisukohdat ja hitsausohjeet. Kuvassa 36 on koulutustilanne, jossa R231 SL-mallin raakakori on keulakolarikorjauksessa. Vasemman etupitkittäispalkin musta vaihto-osa on asemoitu paikoilleen ja MIG-alumiinihitsaus voidaan tehdä. Kuvassa 36 näkyy myös hyvin korin rakenteita, helmakotelon 7-kammioinen pursotettu palkki ja valetusta alumiinista oleva pystyosa. Mercedes-Benzin alumiinirakenteiden hitsaustöitä saa tehdä vain niihin perehtynyt ja koulutettu henkilö. (Kittelä 2014.)



KUVA 36. Palkin etuosan vaihto hitsausliitoksella R231 SL-sarja (Kittelä 2013-5-15.)

#### 6.4 Pintaosien muodon palauttaminen

Pintaosien muodon palauttaminen eli oikominen suoritetaan pääosin lämmittämällä, painelemalla ja pakottamalla pehmeillä työkaluilla. Lämmitys esim. hitsausliekillä 150 °C - 450 °C ja jäähdytetään nopeasti pakotuskohtaisesti. Kuumennetussa kohdassa tapahtuu tyssääntymistä ja nopea jäähdytys kutistaa oikaisukohdan. Liika levyn venyminen esim. teräväreunaisilla kovilla työkaluilla pakotettaessa aiheuttaa kylmäkovettumista koska siirtymäliike estyy. Seurauksena saattaa tulla haurastumista. Alumiinin pintaan ei saa joutua epäpuhtauksia. (Daimler AG 2015d.)

Lämpötilan seuranta lämmitettäessä on vaikeampaa koska alumiini ei muuta väriään kuten teräs.

Lämpötilan seuranta voidaan käyttää seuraavia menetelmiä:

- puupala
- lämpötilavärit
- itseliimautuvat lämpötilamittausliuskat
- infrapunalämpömittari tai pyrometri

(Daimler AG 2015d.)

## 7 RESURSSIVAATIMUKSET

### 7.1 Alumiinitöiden työpiste

Alumiinityöpiste on syytä olla kaikilla alumiinikorjauksia tekevillä korikorjaamoilla. Työvälineet ovat vain joko teräkselle tai alumiinille ja työkalut on merkittävä sekaannuksen välttämiseksi. Kun työkennellä on hybridi- tai alumiinikoristen autojen parissa niin niille on oltava omat erilliset työkalut. (Daimler AG 2012.)

Alumiinitöiden työpisteen on oltava suojattu teräs- ja hiontapölyiltä, joita voi tulla viereisiltä työpisteiltä. Suojaus voidaan toteuttaa verhoilla tai siirrettävillä seinillä. Tämä sen vuoksi, että alumiini on herkkä kontaktikorroosiolle. Teräshiukkanen joka on joutunut esimerkiksi vasarasta alumiinilevyyteen voi pilata ja jopa tehdä mahdottomaksi pintamaalauksen. (Daimler AG 2012.)

Työpisteen lattia ja seinät tulisivat olla laatoitettuja, jotta pesu olisi mahdollista. Tasopinnat, putkilinjat ym. vaakatasossa olevat pinnat tulee olla helposti pyyhittävässä tai imuroitavissa. Puhdistamiseen ei saa käyttää paineilmaa. EX-suojauksista on työpisteessä käytettävä, mikäli hiotaan hienommalla kuin P400 koska tällöin syntyvä pöly on hienompaa kuin 5 µ. Näin hieno alumiinipöly on räjähdysherkkää. EX-suojauksista ei vaadita, mikäli pysytään karkeammassa hiontakarkeuksissa ja työtilaa puhdistetaan säännöllisesti. Puhdistus on myös dokumentoitava. (Daimler AG 2012.)

Paineilman paine tarve työpisteelle on yli 8 bar. Korityöpiste täytyy varustaa nostimella, paras vaihtoehto on pohjasta nostavat pylväättömät mallit. Oikaisupenkkejä ja oikaisutyökaluja voidaan käyttää teräs/alumiini töihin, kunhan ne puhdistetaan ensin perusteellisesti. Kun hiotaan tai leikataan teräsnäyttöä, on alumiiniosat suojattava hyvin lentäviltä hiomakipinöiltä, koska on korroosionvaara. Hiovia, poraavia ym. vastaavia laitteita ei saa käyttää ristiin teräksen ja alumiinin välillä. (Daimler AG 2012.)

### 7.2 Laitteistovaatimukset alumiiniliitoksien korjaukseen

GOTIS-järjestelmästä löytyy viimeisin tieto korjaamovarustuksesta. (Daimler AG 2015c.)

Wielander + Schillin nettisivuilta löytyy yksityiskohtainen luettelo alumiinityöpisteen työkaluista. Yksi tärkeimpiä työkaluja hybridi- ja alumiinikoristen autojen korikorjauksissa on niittauslaite. Kuvassa 37 oleva XPress 800 on modulaarinen niittaus työkalu. Runko-osaan vaihdetaan aina kulloiseenkin työvaiheeseen sopivat työkalut. Samalla laitteella onnistuu niittausten purku, valmistelu ja niittaus. Myös erimuotoisten reikien teko lävistämällä onnistuu. Niittausmenetelminä ovat vetoniitti, stanssi-niitti ja tyssäniitti. XPress 800 -niittauslaitteen niittausvoima on jopa 50 000 N, ja se tuotetaan paineilmahydraulisesti. (Wielander + Schill 2015.)





KUVA 37. Niittaustyökalu XPress 800 (Wielander + Schill 2015.)

### 7.3 Alumiinirakenteiden korjaajien pätevyysprosessi

Alumiinihitsaukseen vaaditaan tehtaan hyväksyntä. Alumiinirakenteiden korjaustöihin vaadittava pätevyys voidaan saavuttaa nelivaiheisella koulutuksella, joka perustuu standardin SFS EN ISO 9606–2 ja Mercedes-Benzin asettamiin vaatimuksiin. (Daimler AG 2015d.)

Koulutukseen kuuluu seuraavat vaiheet:

- vaihe 1, viisipäiväinen peruskoulutus
- vaihe 2, viisipäiväinen syventävä koulutus
- vaihe 3a, b, c, työnäytteet kuuden kuukauden välein
- vaihe 4, kolmipäiväinen jatkokoulutus.

Kun kurssilainen suorittaa alumiinihitsauksen syventävällä kurssilla kokeen hyväksyttävästi, hän saa pätevyystodistuksen. Tämä pätevyystodistus on voimassa kaksi vuotta edellyttäen, että kurssilainen suorittaa kuuden kuukauden välein määrätyt työnäytteet hyväksyttävästi. (Daimler AG 2015d.)

Daimler AG:n mielestä maahantuojilla ei ole riittävää pätevyyttä toteuttaa alumiinikorjauskoulutuksia, pätevyyskokeita ja ainekoestuksia. Tämän vuoksi kurssit toteutetaan kunkin maan maahantuontin ja paikallisen ISO-9606-2-sertifioitun hitsausoppilaitoksen yhteistyönä. (Daimler AG 2015d.)

## 7.4 Työturvallisuus ja työsuojelu

Hionta- ja leikkaustyökaluja käytettäessä on käytettävä hengitys-, silmä- ja kuulosuojaimia. Lisäksi on käytettävä suojaavia työvaatteita ja käsineitä. Työtilassa on oltava ilmanvaihto, ja työkohteessa hitsaussavukaasut poistetaan kohdeimurilla

Alumiinia ei saa hioa hienommalla karkeudella kuin P400, koska tällöin muodostuva hiomapöly on räjähdysherkkää. Paineilmaa ei saa käyttää puhdistukseen, vaan on käytettävä imuria ja ränttiä. (Daimler AG 2012.)

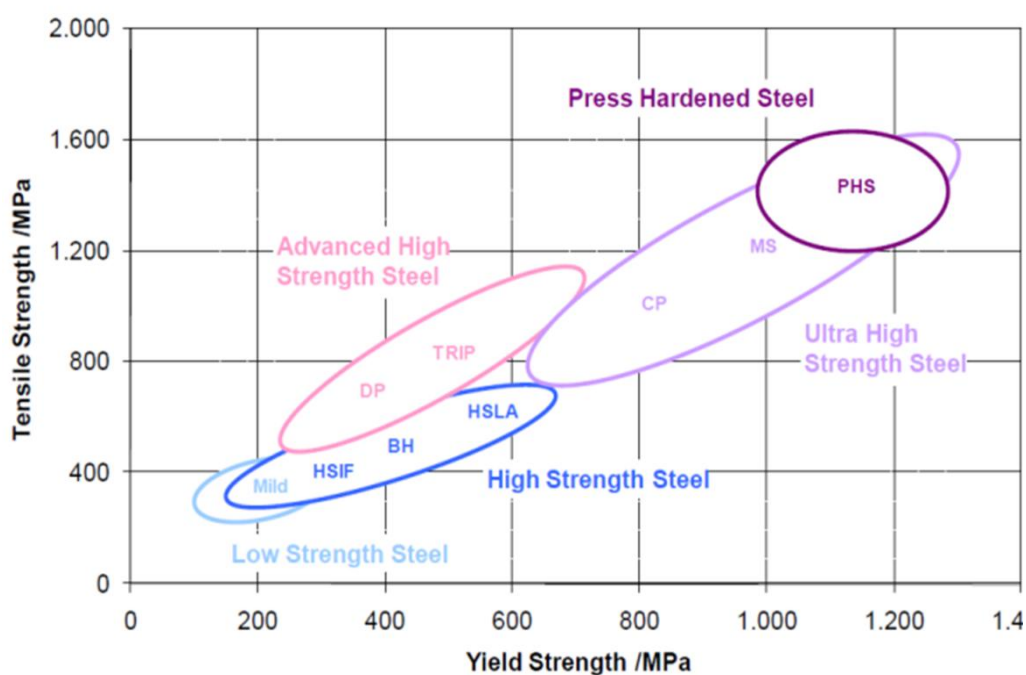
Työergonomiaan on kiinnitettävä huomiota. Nostinpaikka on välttämätön, samoin nostimella varustettu korinoikaisupenkki. On pyrittävä välttämään polvillaan työskentelyä ja raskaiden esineiden nostamista väärillä työasennoilla.

## 8 MUUT KOLARIKORJAUKSIIN LIITTYVÄT TEKIJÄT

Kohdissa 8.1 – 8.3 esitellään lyhyesti tärkeimmät osa-alueet, joita ei tässä opinnäytetyössä voitu käsitellä mutta jotka on hallittava kolarikorjaustyössä.

### 8.1 Teräs

Vielä nykyään suurin osa autojen koreista valmistetaan erilaatuisista teräksistä (kuva 38). Lujuudet ovat kehittyneet valtavasti viimeisen kahden vuosikymmenen aikana, minkä vuoksi myös korjattavuus on muuttunut haastavaksi. Suurlujuusterästen muokattavuus ja oikaisut ovat rajallisia ja myös hitsattavuus voi olla ongelma.



KUVA 38. Eri teräksien myötö- ja murtolujuus (EuroCarBody 2013.)

### 8.2 Muovi- ja komposiittirakenteet

Hiilikuitu-, muovi- ja komposiittirakenteet tulevat lisääntymään autojen rakenteissa. Vaurioanalyysiin ja korjausohjeisiin on perehdyttävä huolellisesti. W222 S -sarjan ohjaamon takaseinä on alumiini-muovikomposiittia. Muovirakenteita ovat myös W222 S -sarjan etukehikko ja etu- ja takapuskuri-muovit.

### 8.3 Elektroniikka

Kolarikorjaustöihin liittyy oleellisesti myös ajoneuvon avustin-, turva- ja mukavuuselektroniikka. W222 S-sarjan Mercedes-Benz-autoissa on suuri määrä erilaisia ympäristöä ja ajotilaa tarkkailevia laitteita, kameroita ja tutka-antureita. Näiden toiminnan ymmärtäminen ja liittyminen korikorjaukseen on hallittava.

## 9 YHTEENVETO

Parhaat resurssit haastavien hybridi- ja alumiinikorien korjaukseen on tietenkin merkkiorganisaation korikorjaamoilla. Tehdas vaatii merkkiliikkeille tietyn korjaamovarustuksen ja henkilökunnalle on koulutusvaatimuksia, joten valmiudet korikorjauksiin lienevät kunnossa. Mercedes-Benz alumiinihitsaukseen hyväksytyjä henkilöitä on tällä hetkellä koko maailmassa 65. Suomessa on hyväksytyjä alumiinihitsaajia ajoneuvokantaan ja väestöön nähden ylivoimaisesti eniten eli 10.

S- ja SL-mallien tekniikkaa käytetään tulevaisuudessa myös halvempien, suurien valmistusmäärien mallien valmistukseen, joten korikorjaushaasteet koskevat varmasti myös pienempiä korikorjaamoita. Alkuvuosina uudehkojen autojen korjaukset ohjautuvat useimmiten merkkiliikkeisiin, mutta auton vanhetessa omistajat kääntyvät myös pienempien korjaamoiden puoleen.

Ennen kuin alkavat korjaamaan alumiinirakenteita on riippumattomien korikorjaamoiden mietittävä, millä tasolla on henkilöstön ammattitaito. On myös tarkastettava, riittääkö korikorjaamon työkaluvärustus alumiinirakenteiden korjaukseen.

Pienempien riippumattomien korikorjaamoiden suureksi haasteeksi voi koitua koulutuksen ja sopivan kaluston hankinta. Mikäli joudutaan varustamaan täydellinen työpiste alumiinikoriöille, on investointien suuruusluokka 100 000 – 150 000 euroa. Ennen kuin tehdään näin suuria investointeja, pienten riippumattomien korikorjaamoiden on syytä miettiä toimintastrategiaansa:

- Millaisia töitä yleensä tehdään?
- Tarvitaanko alumiiniosaamista ja kalustoa?
- Millainen korjaamovarustus on jo ennestään? Selvitääkö vain niittauslaitteen hankinnalla?
- Valitaanko vastaanotettavia töitä?
- Ostetaanko tarvittava erikoisosaaminen alihankintana?

Ruuviliitoksilla kiinnitettyjen alumiiniosien vaihdoissa ja pintaosien oikaisuissa ei pitäisi olla ongelmia, mutta WIS olisi syytä olla käytössä. Viimeisin ohje on aina tarkistettava, sillä WIS-ohjeet päivittyvät jatkuvasti.

Mikäli korjaamovarustukseen kuuluu jo ennestään jokin hyväksytyistä korinoikaisu- ja mittalaitteista, voidaan päästä kohtuullisin kustannuksin alumiinirakennekorjauksia tekemään. Jos hankitaan lisäksi niittauslaite, kyetään niittaus- ja liimaustekniikoilla tekemään vaativiakin kolarikorjauksia.

Mercedes-Benz-hyväksynnän saaminen alumiinihitsaukseen voi olla mahdotonta merkkiorganisaation ulkopuolisille korimekaanikoille. Tämä voi rajoittaa merkittävästi alumiinirakenteiden korjauksia, ainakin jos ajatellaan takuuehdot täyttävää korjausta.

Oma lukunsa tulee olemaan ns. harrastelijat, autotallikorjaajat, joilla ei ole minkäänlaista ammattitaitoa, korjaamovarustusta eikä edes halua tehdä asioita oikein. On suuri vaara, että korikorjauksia

ei tehdä asianmukaisesti. Suurlujuusteräsniitit vaihtuvat alumiinivetoniittiin, MIG-juotos vaihtuu MIG-hitsiin, veto-oikaisuja tehdään kohteisiin, joihin ei ole sallittua ja murtumat jäävät korjaamatta ym. Seurauksena on se, että auto ei toimi enää kolaritilanteessa tehtaan suunnittelemana tavalla vaan voi muuttua vaarallisella tavalla.

Korjauskustannuksiltaan kalliit kolariautot menevät myös herkästi lunastukseen. Autovahinkokeskus myy lunastetut ajoneuvot eteenpäin kenelle tahansa, joko ehdolliseen korjaukseen tai lievemmin vaurioituneet ajoneuvot pelkästään korjattavaksi ja rekisteröitäväksi. Vaatii ammattitaitoa ja asennetta korjaustyötä valvovalta autovahinkotarkastajalta, että ehdollinen korjaustyö tulisi suoritettua asianmukaisesti.

Tässä opinnäytetyössä ei käsitellä lainkaan aiheen laajuuden vuoksi kyseisten ajoneuvojen avustin-, turva- ja mukavuuselektroniikkaa, vaikka jo nämäkin voivat asettaa ylitsepääsemättömiä haasteita pienelle korikorjaamolle. Olen kohtuullisen varma, että jo tämän vuosikymmenen Mercedes-Benz autojen elektroniikan vianetsintä ja laitteiden kalibrointi, ajoneuvoon kytkeminen ym. jäävät suurimalta osalta pienistä korjaamoista tekemättä, sillä näihin töihin tarvitaan Mercedes-Benzin omaa testiä, erikoistyökaluja ja tietotaitoa.

Autokoritekniikkaan kehitetään uutta materiaali- ja liitostekniikkaa koko ajan, joten korikorjaamoväen on kouluttauduttava ja käytävä kursseja pysyäkseen ajan tasalla.

## LÄHTEET

aluMATTER 2011. Mechanical Joining 2011. [Viitattu 2015-4-12.] Saatavissa:

<http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=48&pageid=2144416964>

APRICON OY 2012. [Viitattu 2015-4-12.] Saatavissa:

<http://www.apricon.fi/index.php/tiedostot/viewdownload/30-artikkeleita/19-robscan-welding-at-daimler>

AST, Gunther ja TRABNER, Michael 2012. The new Mercedes-Benz SL R231 – athlete, aesthete EuroCarBody 2012.

BOLLHOFF ATTEXOR SA 2015. [Viitattu 2015-5-26.] Saatavissa: <http://www.bollhoff-attexor.com/process/control.html>

CAR BENCH 2015. Korinoikaisujärjestelmät. [Viitattu 2015-4-20.] Saatavissa:

[http://www.carbench.it/catalogo.php?cg\\_thisprod=43](http://www.carbench.it/catalogo.php?cg_thisprod=43)

CAR-O-LINER 2015. Korinoikaisujärjestelmät. [Viitattu 2015-4-20.] Saatavissa:

<http://www.car-o-liner.com/products/alignment-benches/benchrack/>

CELETTE 2015. Korinoikaisujärjestelmät. [Viitattu 2015-5-20.] Saatavissa: <http://www.celette.com/>

COFFEY, Peter ja STRASSER, Martin 2014. Bonding and Riveting XPress 800 Wielander + Schill AG.

DAIMLER AG 2012. Mercedes-Benz Workshop Equipment Product Management. The Aluminium Workplace.

DAIMLER AG 2013. EuroCarBody 2013. Car body benchmarking data summary Mercedes-Benz S-Class.

DAIMLER AG 2015a. Yrityksen www-sivu. [Viitattu 2015-5-20.] Saatavissa:

<http://www.daimler.com/company>

DAIMLER AG 2015b. Crash testing for safety research [Viitattu 2015-5-4.] Saatavissa:

<http://www.daimler.com/dccom/0-5-1301674-1-1302030-1-0.html>

DAIMLER AG 2015c. GOTIS - GSP Online Technics Information System [Viitattu 2015-4-4.] Saatavissa: <http://gotis.aftersales.mercedes-benz.com/>

DAIMLER AG 2015d. (WIS) Workshop Information System, Mercedes-Benz [Viitattu 2015-4-4.] Saatavissa: <https://retailfactory.mercedes-benz.com/>

DIRECT INDUSTRY 2015. [Viitattu 2015-5-28.] Saatavissa: [http://www.directindustry.com/prod/kerb-konus-5001.html#product-item\\_36743](http://www.directindustry.com/prod/kerb-konus-5001.html#product-item_36743)

Euro NCAP 2015. [Viitattu 2015-5-15.] Saatavissa: <http://www.euroncap.com/en>

EUROPEAN ALUMINIUM ASSOCIATION (EAA) 2015. [Viitattu 2015-5-4.] Saatavissa: <http://www.european-aluminium.eu/applications/automotive/>

KITTELÄ, Mikko 2013. Kurssikuvat. Sijainti: TTS Koriakatemia, Rajamäki: Mikko Kittelän kurssikuvat.

KITTELÄ, Mikko 2014-9-9. [Keskustelu] Rajamäki: TTS Koriakatemia.

MICHALAK, Frank, HOEFER, Matthias ja EBNER, Martin 2013. EuroCarBody13. Bad Nauheim 2013-10-22. Mercedes-Benz, Body-in-white of the new s-class

SHEETMETAL 2015. [Viitattu 2015-5-26.] Saatavissa: <http://sheetmetal.me/tooling-terminology/clinching/>

TKR AUTOMOTIVE GMBH 2009. Koulutusmateriaali. Stanz-Niettechnik Reparatur-Nietverfahren

TOX® PRESSOTECHNIK GmbH & Co.KG 2015. [Viitattu 2015-5-28.] Saatavissa: <http://www.tox-us.com/us/products/fastener-insertion-punching-marking/solid-punch-riveting/solid-punch-rivetting-a-case-story.html>

TTS KORIAKATEMIA 2011. Koulutusmateriaali. Liitostekniikka ECB 11TTS.

WIELANDER & SCHILL AG 2013. Koulutusmateriaali. X-Press 800 modular system english

WIELANDER & SCHILL AG 2015. [Viitattu 2015-4-20.] Saatavissa: <http://www.wielanderschill.com/product/277345>