

Tommi Kettunen

Nykyaikaisen koritekniikan vaikutus korinkorjaukseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Tutkinto Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Opinnäytetyö

Päivämäärä 27.5.2015



Tekijä Otsikko	Tommi Kettunen Nykyaikaisen koritekniikan vaikutus korinkorjaukseen
Sivumäärä Aika	31 sivua + 3 liitettä 27.5.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Jälkimarkkinointi
Ohjaaja	Lehtori Juha Kotamies

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää autokorinkorjauksessa ja auton valmistuksessa käytettävien menetelmien välisiä eroja. Työssä tarkastellaan asioita, jotka vaikuttavat korinkorjaukseen korjattavuuden näkökulmasta ja joita nykyaikaisten henkilöautojen korinkorjaajien tulisi tietää, osata ja ymmärtää.

Turvallisuuteen ja ympäristönsuojeluun liittyvät tekijät vaikuttavat autotuotantoon, jonka tavoitteena on kevyt ja samalla turvallinen auto. Tästä syystä materiaali- ja valmistustekniikka on kehittynyt ja niiden muutoksia esitellään tämän työn alkuosassa.

Vaurioanalyysi on vauriokorjauksen prosessi, jolla erilaisia menetelmiä käyttäen pyritään saamaan auton vaurioista mahdollisimman tarkka selvitys korjauskustannusten ja -menetelmien määrittämiseksi ennen korjaustyötä. Vaurioluokittelu erottelee vaativat turvakorin korjaukset pintaosien lievemmistä ja lähinnä kosmeettisista vaurioista.

Esimerkkinä käytetty Skoda Superb kuvaa koritekniikaltaan hyvin nykyaikaista autoa ja sen korjattavuutta. Työssä kuvataan esimerkkien avulla niitä asioita, jotka saattavat korinkorjauksessa tulla vastaan.

Työssä tuodaan myös eri tutkimusten kautta esiin korjaustyön vaikutuksia kolariturvallisuuden säilymiseksi. Suomessa auton elinkaari on pitkä ja useamman kolarin jälkeenkin tulee auton turvallisuuden säilyä samalla tasolla kuin ennen korikorjausta.

Työn perusteella voidaan sanoa koritekniikan muuttuneen ja nykyaikaisen auton korjaaminen edellyttävän korinkorjausohjeiden ehdotonta noudattamista ja vanhojen korjausmenetelmien kriittistä tarkastelua.

Avainsanat	korinkorjaus, koritekniikka, AHSS-teräs ja vaurioanalyysi
------------	---

Author(s) Title	Tommi Kettunen Modern Body Engineering in Car Body Repairs
Number of Pages Date	31 pages + 3 appendices 27 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Specialisation option	After Sales Engineering
Instructor	Juha Kotamies, Lecturer
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to determine the differences between the methods of vehicle body repair and car manufacturing. This thesis deals with factors that have an effect on car body repairs from the point of view of repairability, and what modern body technicians should know and understand to be able to repair car bodies.</p> <p>Issues related to safety and environmental protection have an effect on vehicle production, the aim of which is light, and at the same time, safe vehicles. For this reason, materials and manufacturing engineering have been making great progress, and the changes taking place are presented in the first part of this thesis.</p> <p>Damage analysis is a part of the body repair process, which is used to get as precise determination of the repair costs as possible by using a variety of methods before the body repair work. Damage classification separates safety frame repairs and mostly cosmetic damages from each other.</p> <p>The thesis gives examples of cases that might appear in body repair work. Skoda Superb was used as an example of a very modern car and the repairability of its body engineering is explained in this thesis.</p> <p>The thesis introduces also a variety of studies, the aim of which is to maintain crash safety. In Finland, the vehicle's lifecycle is long and after a crash it will be more than mandatory that car safety remains at the same level as before the bodywork repairs.</p> <p>As a result of this study, it seems that that body engineering techniques have changed and repairs of a modern vehicle require strict compliance with body repair instructions and critical examination of the old repair systems.</p>	
Keywords	body repair, body engineering, AHSS-steel, damage analysis

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Auton korin valmistaminen	2
2.1	Tavoitteena turvallisuus ja painon pudotus	2
2.2	Autossa käytettävät teräslaadut	4
2.2.1	Seostamaton teräs (Mild steel)	9
2.2.2	IF-teräs (Interstitial free = välisijavapaa)	9
2.2.3	BH-teräs (Bake Hardening)	9
2.2.4	Hiili-mangaaniteräs C-Mn	10
2.2.5	Kaksifaasiteräs (DualPhase)	10
2.2.6	TRIP-teräs (Transformation Induced Plasticity)	10
2.2.7	Monifaasi-teräs (Complex Phase)	11
2.2.8	Martensiittinen teräs (Martensitic Steel)	11
2.3	Valmistustekniikka	11
3	Vaurioanalyysi	13
4	Skoda Superb	16
4.1	Historia	16
4.2	Škodan twindow	17
4.3	Škoda Superb koritekniikka	17
5	Superbin korinkorjaus	22
5.1	Lähtökohta	22
5.2	Korjaustyö	23
5.3	ELSA-merkkikohtaiset korjausohjeet ja ETKA-varaosajärjestelmä	25
5.4	CABAS-korjauskustannuslaskentaohjelmisto	26
6	Korinkorjausmenetelmien vaikutukset auton turvakoriin	27
6.1	Fair repair Škoda Octavia.	27
6.2	Volkswagen Passatin kyljen korjaustutkimus	28
7	Päätelmät	30
	Lähteet	31
	Liitteet	

Liite 1. Raportti Autovahinkokeskukselle

Liite 2. Korjausohjeet

Liite 3. Mittauspöytäkirja

1 Johdanto

Henkilöauton korin valmistaminen on tarkkaan suunniteltu ja pitkälle automatisoitu (kuva 1) tuotantoprosessi autoteollisuudessa. Siinä yhdistyvät niin huippumoderni materiaali- ja valmistustekniikka kuin muotoilun ja designin aikaansaamat haasteet. Tavoitteena on turvallinen, kestävä, taloudellinen ja kuluttajia kiinnostava tuote. Auton kori yhdistää auton erilaiset komponentit ja järjestelmät toisiinsa muodostaen kokonaisen ajoneuvon, jonka päätehtävänä on kuljettaa matkustajia turvallisesti paikasta toiseen. Yhtenä turvavarusteena on auton kori, jonka rakenteisiin tehdään erityiset muodonmuutosalueet, joiden tehtävä on absorboida törmäysenergiaa. Kehittyneet suurlujuusteräkset (AHSS = advanced high strength steel) ovat ominaisuuksiltaan erittäin sitkeitä ja hyvin törmäysvoimia vastustavia. Ne ovat samalla hyvin muovattavia, kun teräksen lopullinen lujuus tulee vasta auton valmistuksen loppuvaiheen työprosesseissa ja myös törmäyksen muodonmuutosnopeus vaikuttaa teräksen muokkauslujittumisen mukanaan tuomaan murtolujuuden kasvuun. Erilaiset teräksen faasirakenteet ja lämpökäsittelyt ja seosaineen lisäykset aiheuttavat kuitenkin myös uusia haasteita korinkorjaustyöhön. [1, s. 1-1.]

Auton kolarikorjaaminen on haastava, monipuolisia tietoja ja taitoja vaativa tekninen työprosessi, joka koostuu monista erilaisista korjausvaiheista, niiden osatekijöistä, sekä eri ammattiryhmien suorittamasta yhteistyöstä. Auton koriin halutaan sen eri osiin hyvin erilaisia ominaisuuksia. Pintaosien tulee olla joustavia ja jopa pehmeitä jalankulkijaturvallisuuden vuoksi. Korin turvarakenteet muodostavat taas hyvin lujat turvakehät suojaamaan matkustajia erilaisissa törmäystilanteissa. Kolarikorjaustöitä tekeviä säätelee ennen kaikkea autonvalmistajan ohjeet ja vaatimukset korinkorjaukselle. Korjaamolaitteiden valmistajien laatimat käyttöohjeet määrittelevät ja ohjaavat niiden oikeaa käyttöä. Todella tärkeä on myös ajoneuvojen korjaamisesta annettua liikenneministeriön asetus, jossa määrätään seuraavaa:

Vaurioituneen ajoneuvon kunnostaminen tai ajoneuvon kokoaminen osista tulee suorittaa huolella käyttäen vähintään kunnostettavan tai koottavan ajoneuvon ikää ja kuntoa vastaavia varaosia. Kunnostetun tai kootun ajoneuvon lujuuden tulee vastata samanikäisen, vaurioitumattoman ajoneuvon lujuutta. [2, § 4.]

Oikeat ja hyväksytyt työmenetelmät ja -tavat varmistavat turvallisen, oikean ja laadukkaan korjauksen. Toisinpäin kääntäen entuudestaan tutut mutta väärät työmenetelmät saattavat vaarantaa niiden mukaisesti kolarikorjatulla autolla matkustavien ja muiden

liikenteessä matkaavien turvallisuuden. Pelkästään liikennevakuutuksesta korvattavia vahinkoja tapahtuu Suomessa vuosittain noin 110 000. Yhteensä vakuutusyhtiöiden korvaamien vahinkojen määrä nousee yli 350 000 kpl:seen vuosittain, näistä lasivahinkoja on noin 50 000. [3]

Tässä työssä tarkastellaan niitä asioita, jotka vaikuttavat korinkorjaukseen. Materiaalitekniikassa keskitytään uusiin kehittyneisiin suurlujuusteräksiin ja etenkin siihen, kuinka korjaustyön aikana käytetty lämpö vaikuttaa teräksen lopulliseen lujuuteen. Valmistustekniikassa esitellään uusia tekniikoita, joilla korin eri osiin saadaan niihin suunniteltuja ominaisuuksia. Korjattavien vaurioiden tarkastuksessa voidaan käyttää apuna vaurioanalyysia ja -luokittelua, jotka helpottavat oikeiden korjausmenetelmien valitsemista. Esimerkkityön avulla konkretisoidaan, mitä oikeassa korinkorjaustyössä täytyy huomioida ja minkälaista nykyaikaista koritekniikkaa sisältävän auton korjaaminen todellisuudessa on.

2 Auton korin valmistaminen

Jo autojen valmistuksen alkuajoista asti auton korin yhtenä päätehtävänä oli suojata sillä matkustavia ajoviimalta ja kolaritilanteissa estää heidän loukkaantuminen. Sana auton kori on peräisin ranskankielen sanasta carrosserie. Auton kori valmistetaan usein erilaisista metalleista, joista esimerkkinä ovat teräs tai alumiini; se voidaan tehdä myös niiden yhdistelmistä, jolloin auton korista käytetään nimitystä hybridikori. Valmistusmateriaaleina voivat olla myös erilaiset muovit ja niistä erityyppisillä kuituvahvikkeilla aikaansaadut komposiittimateriaalit, joita käytetään mm. kilpa-autojen korimateriaalina. [4]

2.1 Tavoitteena turvallisuus ja painon pudotus

Nykyisin tavoitteena on saada erittäin turvallinen ja samalla kevyt konstruktio valmistuskustannukset huomioiden. Hyvä autojen turvallisuus erityisesti törmäystilanteessa on autonvalmistajien tavoitteena ja sitä mitataan esim. Euro NCAP -testissä, josta saatu tähditys on erittäin tärkeä uusien autojen markkinoinnissa. Toisaalta auton kokonaispaino vaikuttaa polttoainetalouteen ja sitä kautta hiilidioksidipäästöihin, jotka taas vaikuttavat moniin autoilusta aiheutuneisiin välillisiin ja välittömiin kustannuksiin. Auton kori on painavin yksittäinen autonosa, joten tavoitteena on saada siitä mahdollisimman kevyt mutta samalla hyvin turvallinen kaikissa ajotilanteissa, erityisesti kolaritilanteessa.

Autotehtaalla tuotannossa auton osien valmistus ja toisiinsa liittäminen (kuva 1) poikkeavat paljon sen korjaamisessa käytettävistä menetelmistä. Perinteisesti korinosat ovat tehtailla valmistettu kylmämuokkaamalla ne teräslevyistä isoilla prässeillä. Uusista entistä lujemmista teräslaaduista johtuen osien muovaamiseen on jouduttu kehittämään erilaisia uusia tekniikoita. Näitä ovat mm. nestepainemuovaus, kuumaprässäys ja eri tavoin räätälöiden valmistetut korinosat, joten samassa korinosassa voi vaihdella sekä valmistusmateriaali että ainevahvuus. Korin eri osat on liitetty yhteen yleisemmin vastuspistehitsauksella, joka on autotehtaalla automatisoitu hitsausrobottien tekemäksi. Uusina liitostekniikoin voidaan pitää erilaisia niittauksia, rakenneliimausta ja laserjuottamista, jolla liitetään mm. kattopelti katonreunoihin. Laserjuotossaumaa ei voida korinkorjauksen yhteydessä tehdä uudestaan, vaan se korvataan esim. epoksiliimalla. [5]



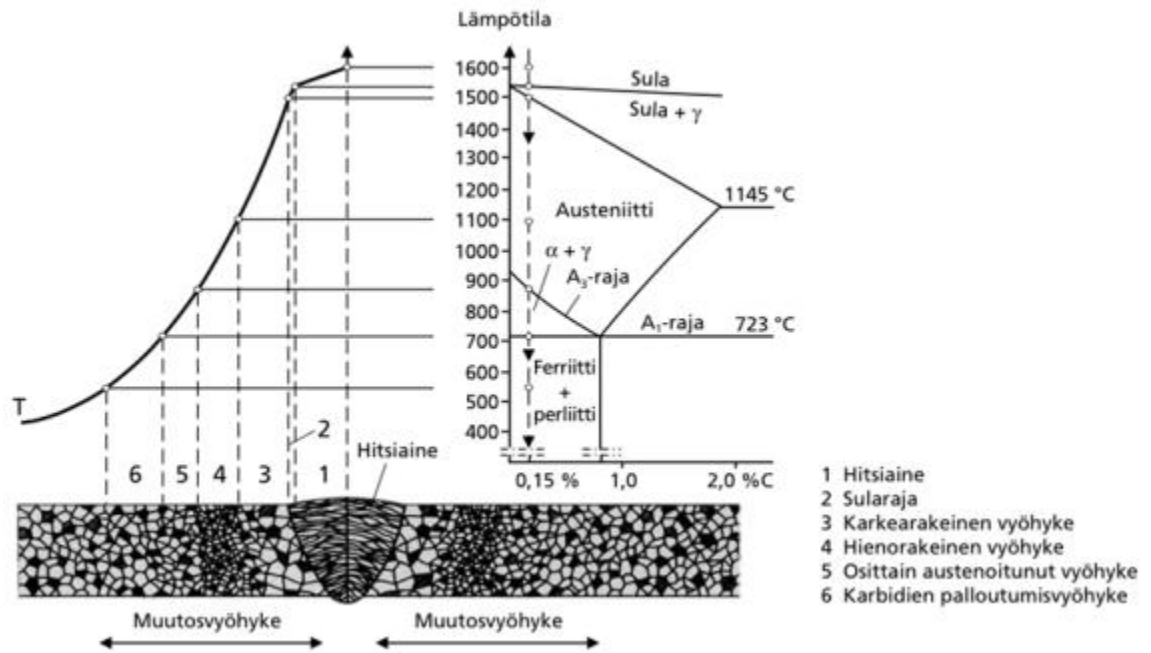
Kuva 1. Kaarijuottamista korin valmistusprosessissa Skodan tehtaalta [6]

Materiaalitekniikalla saadaan kevennettyä auton koria, ei pelkästään valitsemalla kevyt materiaali, vaan lisäämällä valittuun materiaaliin toivottuja ominaisuuksia, joilla saadaan siitä ohuemmillä ainevahvuuksilla yhtä lujia tai jopa lujempia rakenteita. Näitä materiaalien ominaisuuksia ovat mm. lujuus, sitkeys, kovuus ja kimmoisuus, korroosionkesto ja muovattavuus. [7, s. 228.]

Erilaiset valmistustekniikat mahdollistavat auton korin valmistukseen käytettävien osien tarkan optimoinnin. Halutut ominaisuudet saadaan sinne, missä niitä tarvitaan. Auton kori on huippumodernia teknologiaa sisältävä tekninen tuote, jonka korjaaminen vaatii paljon tietoa ja ymmärrystä siitä, miten se on tehty. Valmistajan ohjeiden löytyminen ja niiden noudattaminen on todella tärkeää. Lisäksi korinkorjaaja tarvitsee perustiedot materiaali- ja liitostekniikasta, jotta hän ymmärtää esimerkiksi lämmön vaikutuksen nykyaikaisiin korimateriaaleihin erityisesti liitettäessä korinosia toisiinsa.

2.2 Autossa käytettävät teräslaadut

Auton korissa yleisimmin käytetty materiaali on teräs, joka valmistetaan rautamalmin ja hiilen seoksesta. Hiilen määrä vaihtelee välillä 0,03–2,06 %. Teräksen ominaisuuksia voidaan muuttaa lisäämällä siihen hiilen lisäksi myös muita seosaineita, muuttamalla sen faasirakennetta, pienentämällä sen raekokoa, lämpökäsittelyillä ja kylmämuokkauksella. Korinkorjaajan tulee ymmärtää periaatetasolla teräksen kiderakennetta, sillä erityisesti liitettäessä korin osia hitsaamalla toisiinsa siirtyy samalla suuri määrä lämpöä materiaaliin. Tuo siirtynyt lämpö saattaa muuttaa materiaalien lujuusominaisuuksia kertaluokkia faasi- ja raekokomuutosten vuoksi, kuten kuvasta 2 ilmenee. Myös lämmön käyttäminen korin rakenneosien korjausoi- kaisussa apuna aiheuttaa samoja asioita, jopa enemmän. Lämmön aiheuttamien mikrorakennemuutosten välttämiseksi lähinnä saksalaiset autonvalmistajat ovat ensimmäisenä ottaneet korjauksessa käyttöön ns. kylmät liitosmenetelmät, joissa auton rakenneosat liitetään toisiinsa rakenneliimoin ja vetoniitein. Esimerkiksi BMW ja Mini ottivat käyttöön myös kaikkien korin kiinteiden pintaosien liitoksiin samantyyppisen liima- ja sakaraniittimenetelmän takautuvasti koskien myös koko aiempaa mallistoa.

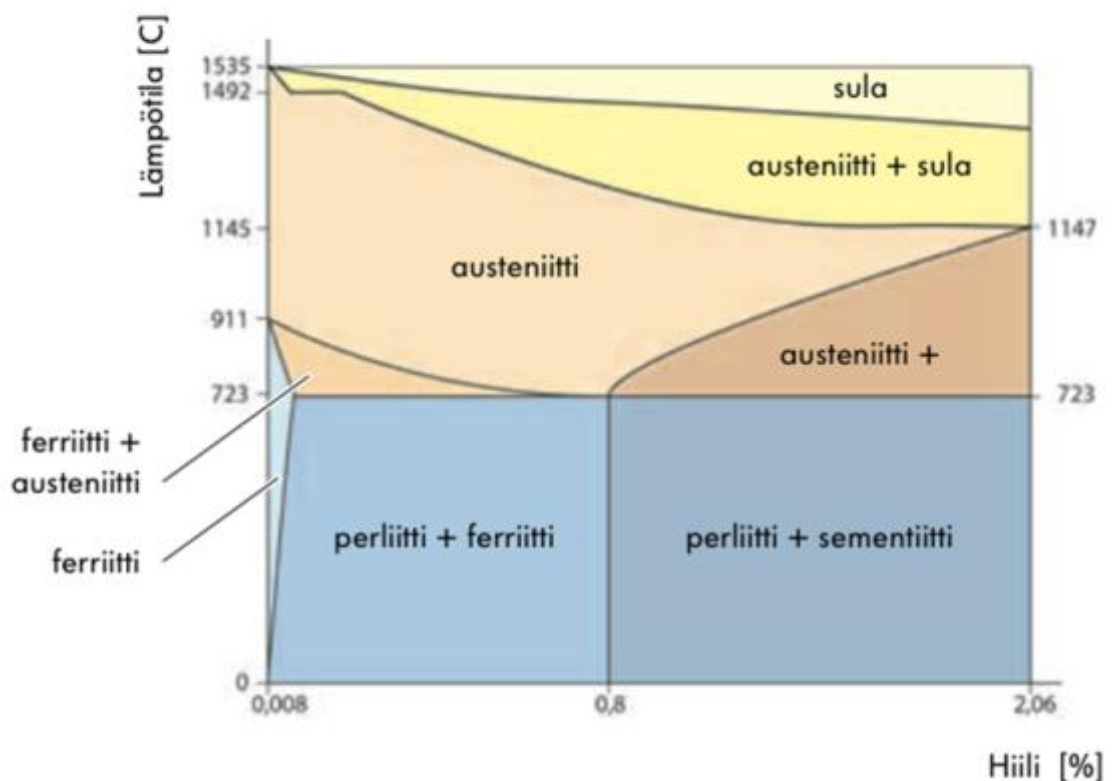


Kuva 2. Hitsauksen aiheuttamat muutokset teräkseen [8, s. 4]

Terästä valmistettaessa raakaraudan hiilipitoisuutta lasketaan mellottamalla. Erilaiset lämpötilojen muutokset, kontrolloidut nopeat jäädytykset tai hitaat lämpötilan laskut sekä eri seosaineiden lisääminen vaikuttavat syntyvän teräksen ominaisuuksiin. Metalliatomit muodostavat jähmettyessään kiteistä muodostuvan säännöllisen kolmiulotteisen rakenteen. Useimmat tekniset metallit ovat faasiseoksia. Usein ajatellaan, että faaseja on vain kolme: kiinteä-, neste- ja kaasufaasi. Metalleille on tyypillistä, että samalla metallilla on useita kiinteitä faaseja. Siihen, mitä faaseja kulloinkin metalliseoksessa esiintyy, vaikuttavat seostus ja lämpötila. Raeraja on vyöhyke, joka erottelee metallikiiteet toisistaan. Tämäntyyppiselle rakenteelle ominaista on sen järjestyminen säännömukaisesti siten, että atomit muodostavat säännöllisen järjestyksen ns. kidehilan. Hiilassa atomitasot voivat liikkua toisiinsa nähden ilman, että rakenne hajoaa. Tämän ominaisuuden takia metallit ovat helposti muovattavia. Teräksellä näitä kiderakenteita eli ns. yksikkökoppeja on pääasiassa kaksi, tilakeskeinen kuutio ja pintakeskeinen kuutio. Ensimmäistä nimitetään α -raudaksi eli ferriitiksi, joka esiintyy vain matalissa lämpötiloissa (alle 911 °C). Se liuottaa erittäin vähän hiiltä, ei ole kovin hyvin muovautuva ja on magneettinen. Pintakeskeistä rakennetta taas nimitetään γ -raudaksi eli austeniitiksi, jonka ominaisuuksia ovat hyvä hiilen liuotuskyky, erittäin hyvä muovattavuus ja epä-magneettisuus. Seostamattomassa teräksessä austeniittinen rakenne esiintyy vain korkeissa lämpötiloissa (yli 723 °C). [9, s.1-3]

Metallin mikrorakenne muuttuu lämpötilan muutosten ja seosaineiden mukaan muodostaen erilaisia kideseoksia ja -rakenteita. Jäähtymisnopeudella on erittäin suuri merkitys syntyvään mikrorakenteeseen. Hitaassa jäähtytyksessä teräksen rakenteeseen muodostuu rauta-hiilitasapainopiirroksen kuvan 3 mukaisesti ferriittis-perliittinen rakenne. Tämä on yleinen rakenne esimerkiksi auton pintapelleissä, jotka ovat niukkahiilisiä seostamattomia teräksiä. Koska ferriitti voi sisältää erittäin vähän hiiltä, ko. teräksessä kaikki hiili on käytännössä perliitissä, joka on ferriitin ja rautakarbidin (Fe_3C) muodostama lamellimainen kiderakenne. Nopeassa jäähtytyksessä teräkseen syntyy seostuksesta ja jäähtymisnopeudesta riippuen joko martensiittia, bainiittia tai mahdollisesti jopa kaikkia edellä mainittuja kiderakenteita. Samasta teräksestä (samalla seostuksella) voidaan siis saada aikaan ominaisuuksiltaan täysin erilaisia materiaaleja ferriittis-perliittisestä aina ferriittis-perliittis-bainiittis-martensiittiseen monifaasiteräkseen

Rauta-hiili-tasapainopiirros



Kuva 3. Rauta-hiili tasapainopiirros teräksen osalta [10, s. 17]

Teräksen seosaineina käytetään mm. mangaania, nikkeliä, piitä, kromia, booria, molybdeeniä, volframia, vanadiinia ja kobolttia tai niiden yhdisteitä. Näitä lisätään sen mu-

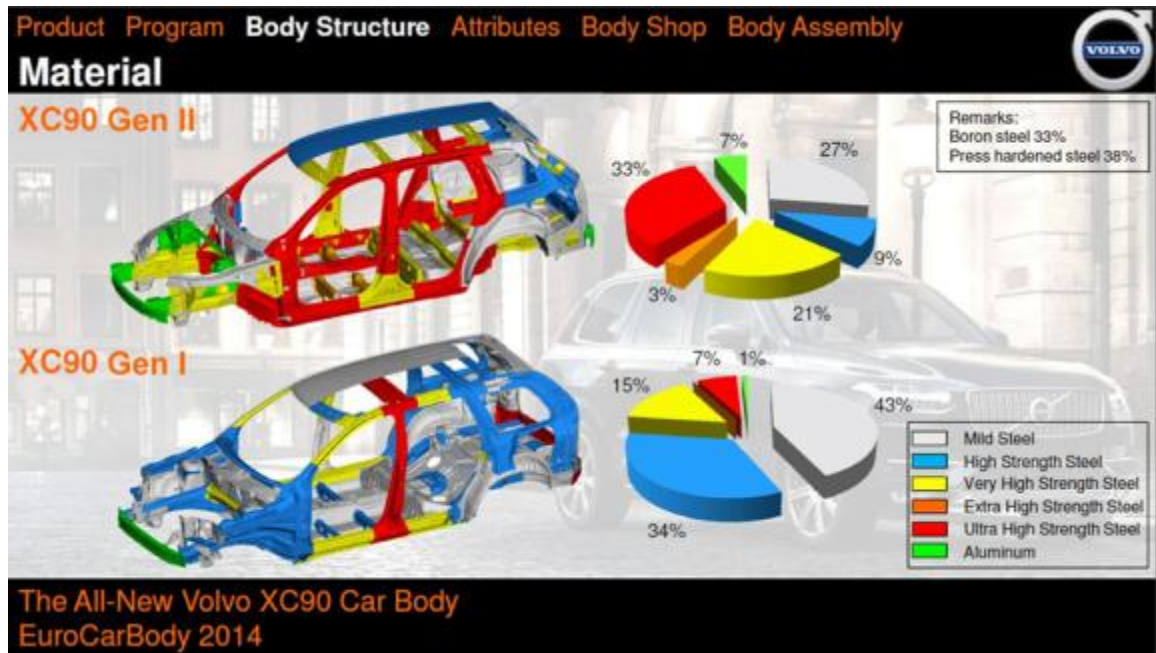
kaan, mitä ominaisuuksia teräkseltä kuhunkin käyttötarkoitukseen halutaan (taulukko1). Seostuminen voi tapahtua usealla tavalla seosaineen atomi korvaa kiderakenteessa rauta-atomin, seosaineen atomit tulevat rauta-atomien väleihin lujittaen näin kiderakennetta, sekä seosaine ja metalli muodostavat yhdessä erillisiä kiteitä tai sulkeumia rakeiden sisään. Tällaisia hiilen ja jonkin metallin muodostamia yhdisteitä kutsutaan karbideiksi. Seosaineet lisäävät teräksen karkenevuutta, eli siihen syntyy myös hitaammalla jäähtymisnopeudella martensiittia, joka on kovaa ja haurasta. Tästä syystä on erityisesti seostettujen terästen hitsauksessa ja lämmöllä oikomisessa oltava varovainen.

.Seosaine	Lujuus	Sitkeys	Hitsattavuus	Muovattavuus	Korroosion kesto
Hiili (C)	+	-	-	-	
Pii (Si)	+	+ ”_”	+	-	-
Mangaani (Mn)	+	+	+	+	
Fosfori (P)	+	-	-	-	-
Rikki (S)		-	-	-	-
Molybdeeni (Mo)	+	+	+		+
Kromi (Cr)	+	-	-	-	+
Nikkeli (Ni)	+	+	+	-	+
Alumiini (Al)	+	+	+	-	+
Niobi (Nb)	+	+	+	+	
Vanadiini (V)	+	+	+	+	+
Volframi (W)	+	-		-	-
Koboltti (Co)	+		+		
Boori (B)	+				

Taulukko 1. Seosaineen vaikutus teräkseen, + parantava ja – heikentävä vaikutus (suuntaantava) [7, s. 246]

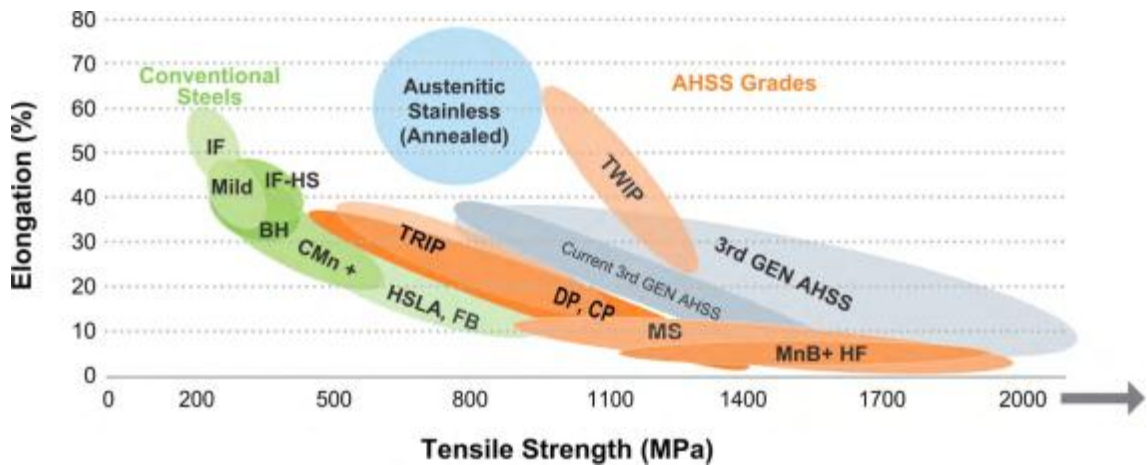
Terästeollisuus yhdessä autoteollisuuden kanssa alkoi 90-luvun puolivälin jälkeen kanssa kehittää uudenlaisia ns. kehittyneitä AHSS-teräksiä tavoitteena auton kokonaismassan pienentäminen (kuva 5). Tämä oli vastaus kokonaan alumiinista valmistetun auton tuotantoon. Nykyaikaisen auton korin osista saattaa lähes jopa puolet (kuva 3) olla AHSS-teräksiä, joille ominaista on kahden tai useamman faasityypin yhdistäminen samaan teräkseen. Tämä on se periaatteellinen ero mikrorakenteessa, jonka pe-

rusteella AHSS-teräkset eroavat perinteisistä lujista teräksistä. Ne tarjoavat paremman lujuuden ja muovattavuuden yhdistelmän verrattuna perinteisiin mikroseostettuihin HSLA-teräksiin. Näin ne soveltuvat paremmin autoteollisuuden asettamiin tarpeisiin. AHSS-teräksiä (kuva 5) ovat kaksoisfaasi- (DP), monifaasi- (CP), ferriitis-bainiittis- (FB), martensiitti- (MS), TRIP- ja TWIP-teräkset. Myös kuumamuovatu (Hot formed) ja bainiittiteräkset voidaan laskea tähän ryhmään kuuluviksi. [1, s.1-2.]



Kuva 4. Volvo XC90 Gen II:n kori, jossa modernien lujien terästen osuus on yli 55 % [11]

Rauta-hiilitasapainopiirros kertoo, mikä rakennemuoto eli faasi on vallitseva kussakin lämpötilassa eri hiilipitoisuuksilla (tasapainon vallitessa). Tämän ymmärtäminen korin korjaajalle on merkittävä käytettäessä korjauksessa menetelmiä, jotka tuottavat lämpöä. Kyse on siis austeniitin hajaantumisesta eli siitä, onko jäähtyminen riittävän hidasta, jolloin ehtii syntyään tasapainopiirroksen mukainen ferriittis-perliittinen rakenne, vai syntykö jokin muunlainen yhdistelmä. Jäähtymisen tarkka kontrollointi korjaustöiden yhteydessä on mahdotonta. Tarkasti ottaen myös kylmämuokatut teräkset menettävät lujuuttaan samankaltaisesti lämmön vaikutuksesta. Erona on kuitenkin siinä, kuinka suuri tuo lujuuden menetys on alkuperäiseen lujuuteen verraten ja missä kohtaa auton korirakennetta tuo menetys tapahtuu.



Kuva 5. Erilaisten terästen lujuuden ja muovattavuuden suhde [1, s.1-3]

2.2.1 Seostamaton teräs (Mild steel)

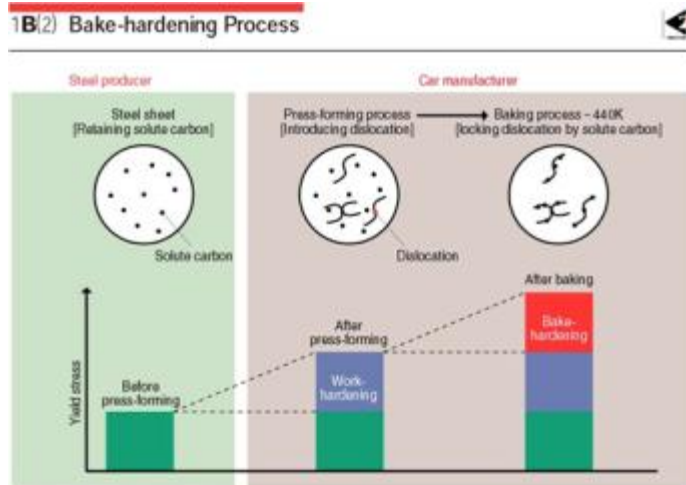
Seostamaton teräs on syvävedettävä teräs, jolla on ferriittinen mikrorakenne ja alhainen hiili- ja typpipitoisuus. Sen murtovenymä on suuri ja murtolujuus pieni.

2.2.2 IF-teräs (Interstitial free = välisijavapaa)

IF-teräs on hyvin muovattava teräslaatu, joka sisältää hyvin vähän välisija-atomeja (hiili, typpi), jotka lisäävät karkenevuutta ja lujuutta. Titaania ja niobia on seostettu sitomaan vähäininkin määrä hiiltä ja typpeä. Teräs on erittäin sitkeää, hyvin muovautuvaa ja pehmeää. IF-teräs soveltuu hyvin kohteisiin, joissa on jyrkkiä taitoksia (esim. konepelti), koska muokkauksessa levyyn ei muodostu ilmiötä Lüder's lines, pintakuvioita, jotka näkyvät lopputuotteessa. [12]

2.2.3 BH-teräs (Bake Hardening)

Teräslevyltä edellytetään helppoa muovattavuutta ja samalla suurta lujuutta. Oivallus yhdistää nuo kaksi auton korin valmistuksessa ehkä tärkeintä ominaisuutta eriaikaisesti on aikaan saanut kuumakovettuvan (bake hardening) teräksen, joka saa lopullisen lujuutensa auton korin ja sen osien valmistuksen yhteydessä ja maalausprosessissa (kuva 6). Siinä tarkkaan säädettyä ja matalaa lämpötilaa pidetään yllä halutun ajan. Teräslevy voidaan muovata helpommin pehmeämpänä ja lopulliseen tuotteeseen saadaan tarvittavaa lujuutta. Muokkauksen ja lämpökäsittelyn yhteydessä teräksen kiteissä oleva vapaa hiili vaikeuttaa muodonmuutosta sitomalla muodonmuutokseen osallistuvia atomitasoja (dislokaatioita) lisäten näin teräksen lujuutta. Käyttökohteina ovat korin pintaosat. [10, s. 33.]



Kuva 6. BH-prosessi, joka voi kolminkertaistaa teräksen myötörajan [13]

2.2.4 Hiili-mangaaniteräs C-Mn

Hiili-mangaaniteräs on seostamaton teräs, jonka mangaanipitoisuus on hiukan normaalia suurempi 1–2 %. Yleensä teräkseen lisätään mangaania sen karkenevuuden parantamiseksi, eli nämä teräksen on tarkoitettu usein lämpökäsiteltäväksi.

2.2.5 Kaksifaasiteräs (DualPhase)

Kaksifaasiteräkselle on ominaista sen suuri mekaaninen lujuus ja hyvä muovattavuus murtolujuudeltaan se on välillä 500–600 MPa. Kun kuuma teräsnauha jäähdytetään nopeasti heti valssauksen jälkeen ferrittialueelle, saavutetaan kaksoisfaasiteräksen lujuus. Riittävän pitkä jäähdytystauko ferrittialueella mahdollistaa ferriitin syntymisen. Lopuksi se jäähdytetään nopeammin matalaan kelauslämpötilaan, jotta jäännösausteniitti muuttuu martensiitiksi. Jäähdytysnopeus ja teräksen koostumus on säädetty siten, että estetään perliitin muodostus ja bainiittia syntyisi mahdollisimman vähän. Tuloksena on sekarakenne, jossa on n. 80–90 % ferriittiä ja saarekkeina 10–20 % martensiittia. Kaksifaasiteräksissä on noin 0,12 % hiiltä, 0,5 % piitä ja 1,46 % mangaania. [10, s. 36.]

2.2.6 TRIP-teräs (Transformation Induced Plasticity)

TRIP-teräksillä on erinomainen lujuuden ja muovattavuuden suhde. Sen murtolujuus R_m on välillä 600–800 MPa. Lujuus saavutetaan kun kuuma teräsnauha jäähdytetään nopeasti heti valssauksen jälkeen. Jäähdytys tapahtuu ferrittialueelle, jossa jäähdytystauon aikana syntyy ferriittiä. Samalla austeniittiin liukenee hiiltä. Lopuksi jäähdytetään

bainiittialueelle, jossa kuuma teräsnauha kelataan. Austeniittiin liukenee edelleen hiiltä. Jos martensiitin muodostuminen alkaa alle huoneenlämpötilassa, säilyy vielä muuttumaton austeniitti rakenteessa nk. jäännösausteniittina. Seostuksella voidaan estää martensiitin muuttumista bainiitiksi. Prosessin kannalta myös kelaimen lämpötilalla on merkittävä osuus. TRIP-teräksien rakenteessa on enintään 20 % jäännösausteniittia. Jäännösausteniitti muuttuu martensiitiksi vasta myöhemmässä muokkauksessa, jolloin materiaali muokkauslujittuu. TRIP-teräksissä on yleensä noin 0,15–0,4 % hiiltä, 1–2 % piitä ja 0,5 – 2 % mangaania. [10, s. 36.]

2.2.7 Monifaasi-teräs (Complex Phase)

CP-teräkset myötä siirrytään erikoisluihin teräksiin, joiden murtolujuusarvot voivat olla jopa yli 800 MPa. CP-teräksille on ominaista korkea kyky absorboida energiaa sekä korkea muodonmuutosvastus. Lujuus saavutetaan jäähdyttämällä kuuma nauha nopeasti heti valssauksen jälkeen. Käsittelyssä teräs jäähdytetään nopeasti kelauslämpötilaan bainiittialueelle. Silloin muodostuu vain vähän ferriittiä ja martensiittia. Mikroseosaineet kuten niobium ja titaani hienontavat rakeita. Teräksen rakenteesta tulee hyvin hienorakeista. CP-terästen hiilipitoisuus on hyvin pieni eli alle 0,2 %. Niissä on lisäksi seosaineita kuten mangaani, pii, molybdeeni ja boori. [10, s. 37.]

2.2.8 Martensiittinen teräs (Martensitic Steel)

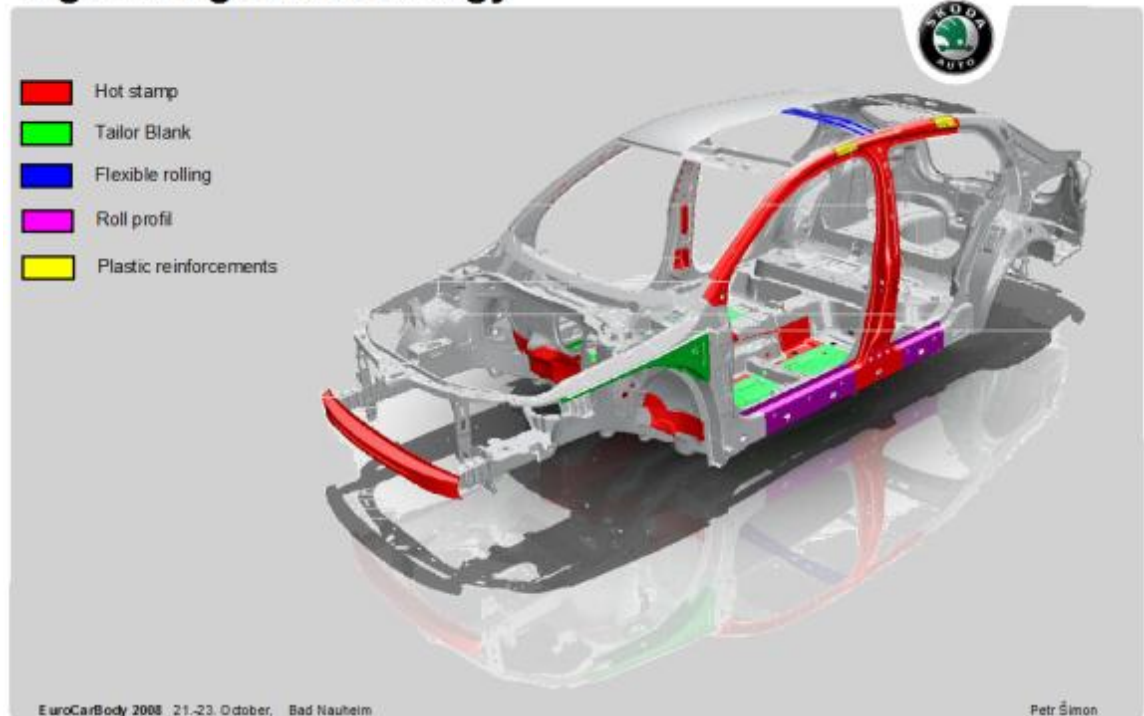
MS-teräkset kuuluvat erikoisluihin ryhmään. Niiden murtolujuusarvot R_m ovat noin 1000–1400 MPa. Suuri lujuus saavutetaan jäähdyttämällä kuuma nauha enimmäisnopeudella heti valssauksen jälkeen. Jäähdytys jatkuu lämpötilaan 200 °C asti ja nauha kelataan. Näin syntyy pääasiassa martensiittinen rakenne. Koska martensiittinen teräs on hyvin lujaa on siitä muotoiltavat osat kuumina (hot formed). Jo pienikin määrä ferriittiä voi johtaa materiaaliominaisuuksien heikkenemiseen, joten sen muodostuminen estetään ja muutosta ohjataan haluttuun suuntaan seostamalla siihen mangaania, booria tai kromia. [10, s. 37.]

2.3 Valmistustekniikka

Esimerkkinä käytetty Skoda Superb on koritekniikaltaan nykyaikainen ja se korinosien valmistuksessa käytetään erilaisia valmistustekniikoita. Kuvassa 7 näkyy mm. punaisella prässikarkaistut (hot stamp) osat, joita ovat b-pilarin vahvike, etummainen poikkipalkki, rintapellin alaosa, a-pilarin vahvike ja pohjalevyn kardaanitunnelin vahvikkeet.

Prässikarkaisussa teräslevy kuumennetaan, sitten osat muotoillaan prässissä (kuva 8 oikea). Kuvaan on merkitty vihreällä räätälöidyt korinosat (tailor blank), etusisälokasuojan alaosa ja pohjapellit. Tällä tekniikalla voidaan esim. laserhitsauksella liittää eriluuksisia ja -vahvuisia materiaaleja toisiinsa ja/tai ne voidaan pinnoittaa eri tavalla osan eri kohdissa. Räätälöidysti valssattu (Flexibel rolling \approx Tailored rolled blanks) kattoparre on merkitty sinisellä, ja siinä ainevahvuus vaihtelee osan eri kohdissa (kuva 8 vasemman puoleinen). Rullamuovattu (Roll Forming) helman vahvikepelti on lilan väriinen (kuva 9). Lisäksi kattoparteiden sisälle on tuotantoprosessissa paisuvalla epoksi-vaahdolla liimattu keltaisella merkityt muovivahvikkeet (Plastic Reinforcements \approx PSI Plastic Structural inserts), jotka mahdollistavat kattotelineiden kiinnittämisen ilman, että kattoparteiden pintapellit vaurioituvat.

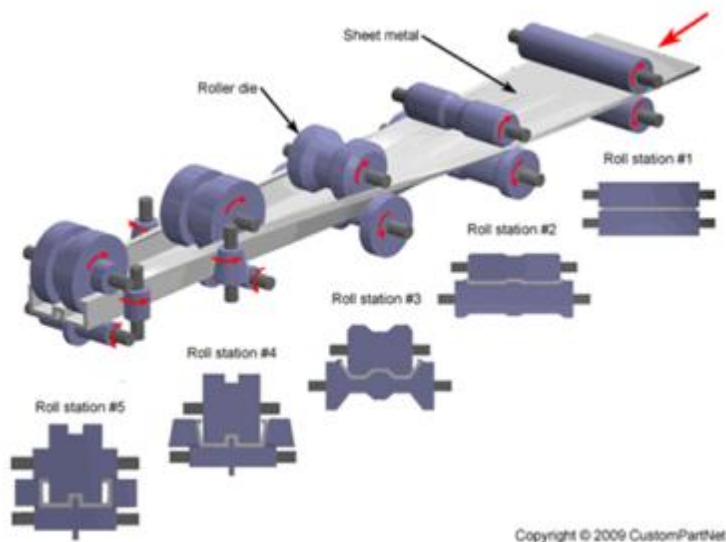
Light-weight technology



Kuva 7. Skoda Superbin korinosien erilaisia valmistustekniikoita [11].



Kuva 8. Vasemmalla räätälöity valssaus ja oikealla kuumamuokkaus. [14; 15]



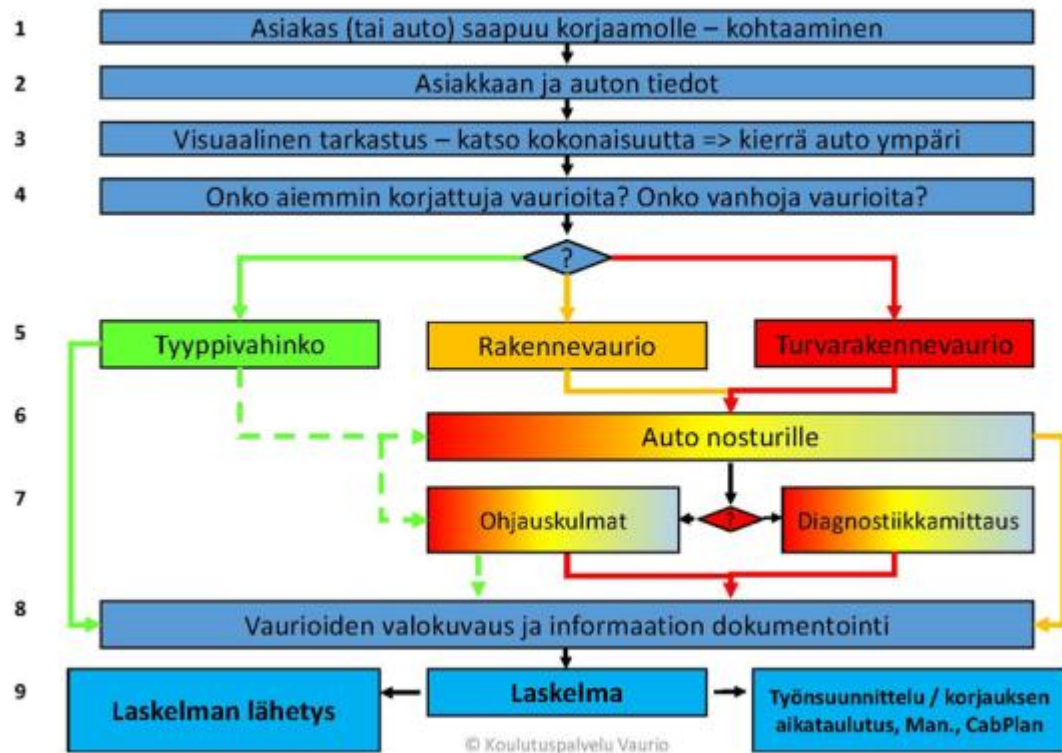
Kuva 9. Rullamuovaus [16]

3 Vaurioanalyysi

Vaurioanalyysi on toimenpide, jolla pyritään määrittämään vaurion ja vahinkojen todellinen laajuus sekä niiden korjattavuuden mahdollisimman tarkka määrittely todellisiin kustannuksiin perustuen. Vaurioanalyysin apuna voidaan tehdä korikehikon, alusta- ja hallintalaitteiden mittaamista. Tarkoitukseen on olemassa diagnostiikkamittalaitteita, joiden ohjelmistot ovat tarkoitusta varten kehitettyjä. Mittaus voidaan tehdä myös kiinnittämättä ajoneuvoa oikaisupenkkiin. Mittausdokumentit perustuvat kunkin diagnostiikkamittalaitteen omaan koordinaattijärjestelmään sekä erilaisiin laskentaohjelmistoihin. Auto- ja vakuutusala muodostavat yhdessä Vaaka-neuvottelukunnan, joka on sopinut

sesti tarkastellen ja asiakkaan haastatteluin vaurioluokka ja sen jälkeen valitaan sopivat menetelmät ja mittausvälineet vaurioiden dokumentoimiseksi.

Vahingonhaltuunotto & vaurioanalyysi



Kuva 11. Vaurioluokitteluun perustuva vaurioanalyysi [19]

4 Skoda Superb

4.1 Historia

Škoda Auto on saksalaiseen Volkswagen-konserniin kuuluva tšekkiläinen, aiemmin tšekkoslovakialainen autotehdas. Mercedes-Benzin ja Peugeotin ohella se on yksi vanhimmista edelleen toimivista autonvalmistajista. Vuonna 1859 Emil von Škoda perusti Škoda-yhtymän Plzeňissä. Škoda kasvoi 1800-luvulla Itävalta-Unkarin suurimmaksi teollisuusyrietykseksi. Ensimmäisen maailmansodan jälkeen Škoda siirtyi autoteollisuuteen ja alkoi valmistaa lisenssillä ranskalaisia Hispano-Suiza-autoja. Vuonna 1924 Škoda osti Mladá Boleslavissa toimineen autovalmistajan, Laurin & Klementin. Vuonna 1989 tapahtuneessa samettivallankumouksessa Tšekkoslovakian kommunistihallinto kaatui ja teollisuutta alettiin pian yksityistää. Škodan kohdalla päädyttiin hakemaan vahvaa yhteistyökumppania, joka oli lopulta saksalainen Volkswagen. Vuonna 1991 Škodasta tuli Volkswagen-konsernin neljäs automerkki Volkswagenin, Audin ja Seatin rinnalle. [20]

Superb on siis ”vanha mallinimi” Škodan historiassa, sillä autotehtaalla on ollut tapana ottaa uudelleen käyttöön vanhoja mallinimiä. Jo 30-luvulla tuotannossa oli Škoda Superb, josta toisen maailmansodan aikana tehtiin sotakäyttöön ajoneuvoja ja vielä sodan jälkeenkin tehtiin uusi malli, jota tosin ehdittiin tehdä vain 12 kpl. Tässä raportissa on siis 2000-luvun nykyaikainen auto, joka on mallisarjan toista sukupolvea.



Kuva 12. Škoda Superb -henkilöautoja [11]

Tässä työssä tehdään vertailua ensimmäisen ja toisen mallisukupolven välillä. Vuosina 2001–2008 tuotannossa olleeseen mallisarjaan, joka on nimeltään 3U, verrataan edellistä tuotannossa ollutta mallisarjaa, joka on 3T (kuva 12). Uusin kolmannen sukupolven mallisarjaltaan esiteltiin vuonna 2015.

4.2 Škodan twindoor

Škoda esitteli tässä autossa uuden innovatiivisen takaluukku/-ovi ratkaisun, jossa ovat sekä sedanin takaluukku, että hatchbackin takaovi. Tämä on toteutettu hyvin yksinkertaisella vivustoratkaisulla, joka sijaitsee saranan yhteydessä (kuva 13). Tarina kertoo, että mekanismi on kesäharjoittelijan suunnittelema ja että Volkswagen-konserni olisi halunnut sen ensin konsernin muihin merkkeihin (Audi).



Kuva 13. Twindoor [11]

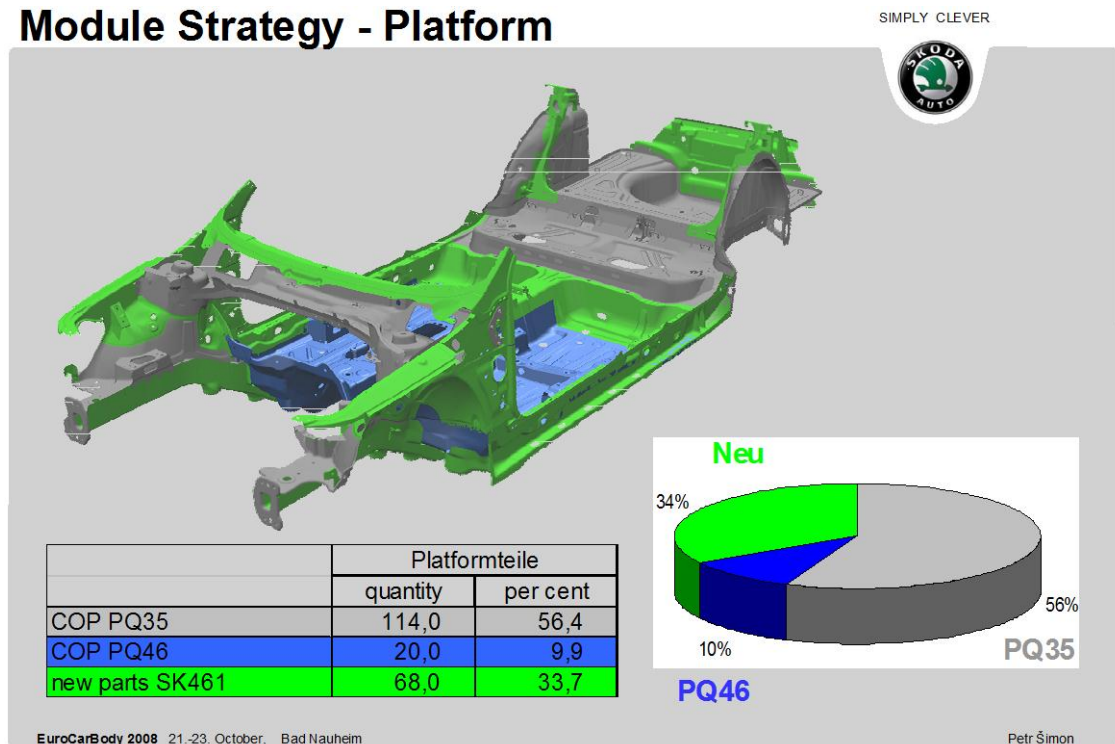
4.3 Škoda Superb koritekniikka

Koriteknisesti Superb on sekoitus Volkswagen-konsernin VW Passattia (B6) ja Škodan Octaviaa (toinen mallisukupolvi). Kuvassa 18 on taas korimateriaalien vertailua edelli-

seen Superbiin. Materiaalin lujuudet käyvät ilmi kuvasta 17. Muu tekniikka ja esimerkiksi sähköjärjestelmät tulevat suoraan Octaviasta.

Korjauksen kannalta erittäin merkittäviä asioita ovat lujat koriteräkset, kuten esimerkiksi booriteräs. Sen korjauksesta ja veto-oikaisusta on monenlaisia käsityksiä alan korjaajien ja korjaamoiden keskuudessa. Valitettavasti autonvalmistajien ohjeet eivät ole yhteneväiset. Konsernin omien merkkien kohdalla samojen korinosien korjaus- ja vaihto-ohjeet saattavat hiukan poiketa toisistaan. Auton valmistajan korjausohjeiden hakeminen ja noudattaminen on siksi erittäin merkittävää laadukkaan ja oikein tehdyn korin-korjauksen perusta.

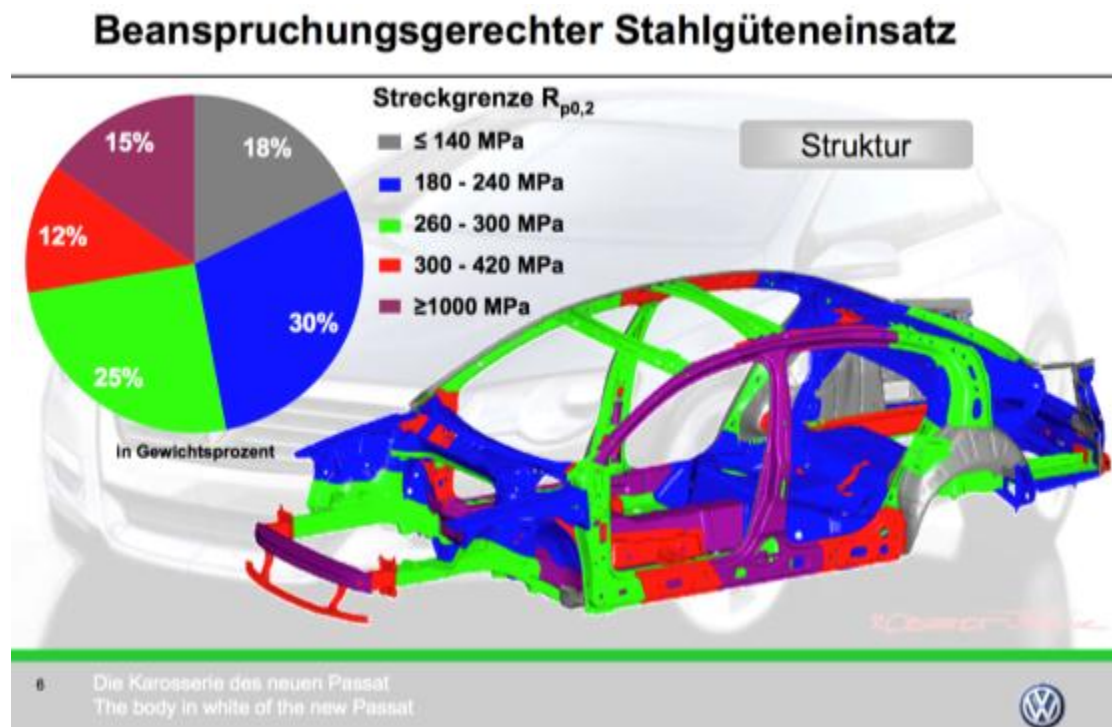
Module Strategy - Platform



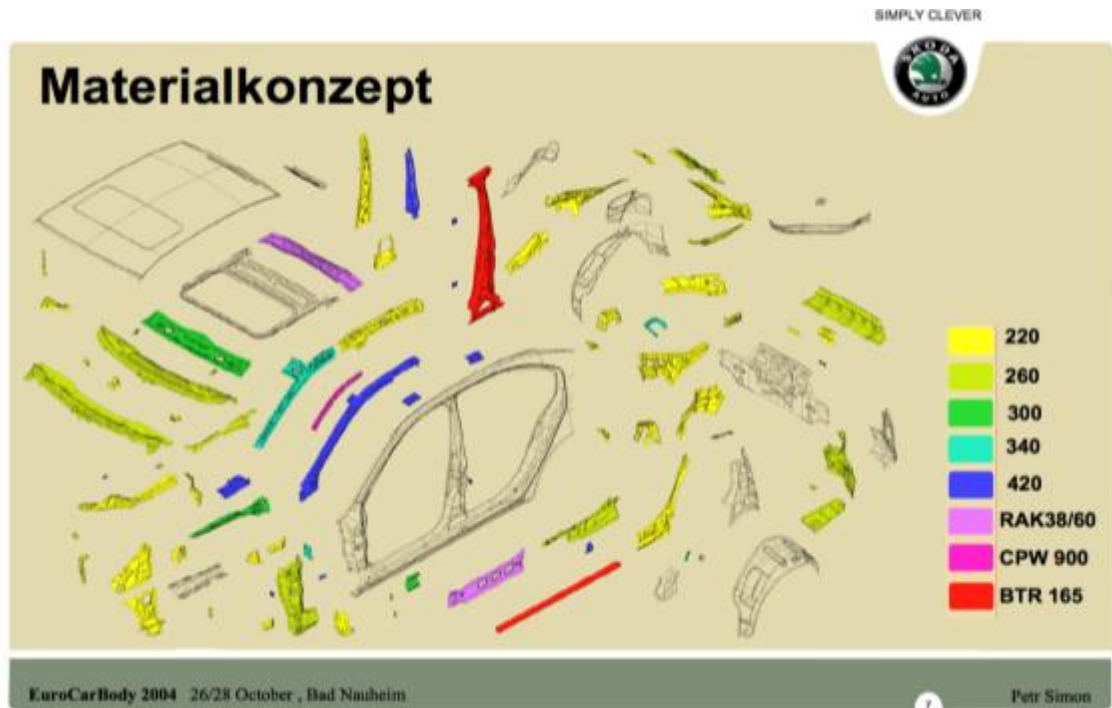
Kuva 14. Superbin pohjalevy SK461 [11]

Škoda käyttää Superbissa pohjalevyratkaisua, joka on tyypillinen VW Groupin autoille, se on peräisin VW Passatista, Škoda Octaviasta ja osittain uutta Superbiin räätälöityä omaa suunnittelua. Kuvassa 14 on harmaalla merkitty Octavian ja myös VW Golf V:n pohjalevyn osat, joita on 114 kpl. VW Passatin osia on 20 ja kokonaan Superbiin tehtyjä uusia osia on 68 kpl (prosentteina osuudet kappalemäärästä näkyvät diagrammissa). Rintapellin ja kardaanitunnelin alueen booriteräsrakenteet tulevat siis Passatista (kuva 15). Kylkirakenteessakin on samankaltainen Passatin ratkaisu, sillä Octaviassa lanseerattu pyöreä booriteräsvahvikeputki helmakotelon sisältä on jäänyt pois (kuva 16). Oc-

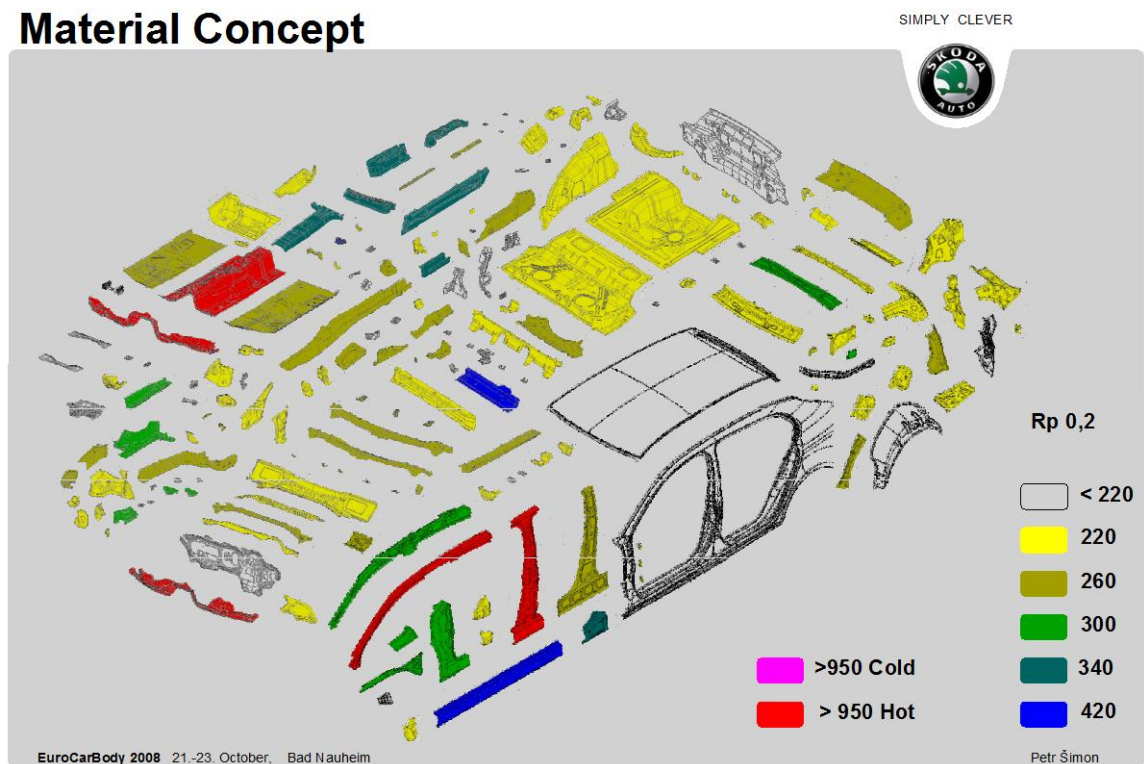
taviasta on siis peräisin taka- ja etuakseliston kiinnityskohdat (etu- ja takarunkokotelot, etusisälokasuojat ja takalattiat). Octaviassa on käytetty paljon samoja korin rakenneratkaisuja VW Golfin viidennestä sukupolvesta. Eturunkokoteloiden alaosat ovat päivitetty lujemmiksi materiaalin osalta. Kuvien 14–19 kaltaista tietoa autojen korirakenteista on yllättävää kyllä vaikea tai jopa mahdoton saada, sillä valmistajan korjausohjeista ei tällaista tietoa korinosien materiaaleista välttämättä löydy. Kyseiset kuvat ovat viime vuosien Eurocarbody-seminaareista, joissa tämänkaltaista tietoa jaetaan kaikille seminaariin osallistujille.



Kuva 15. Passat B6:n korimateriaalit [11]

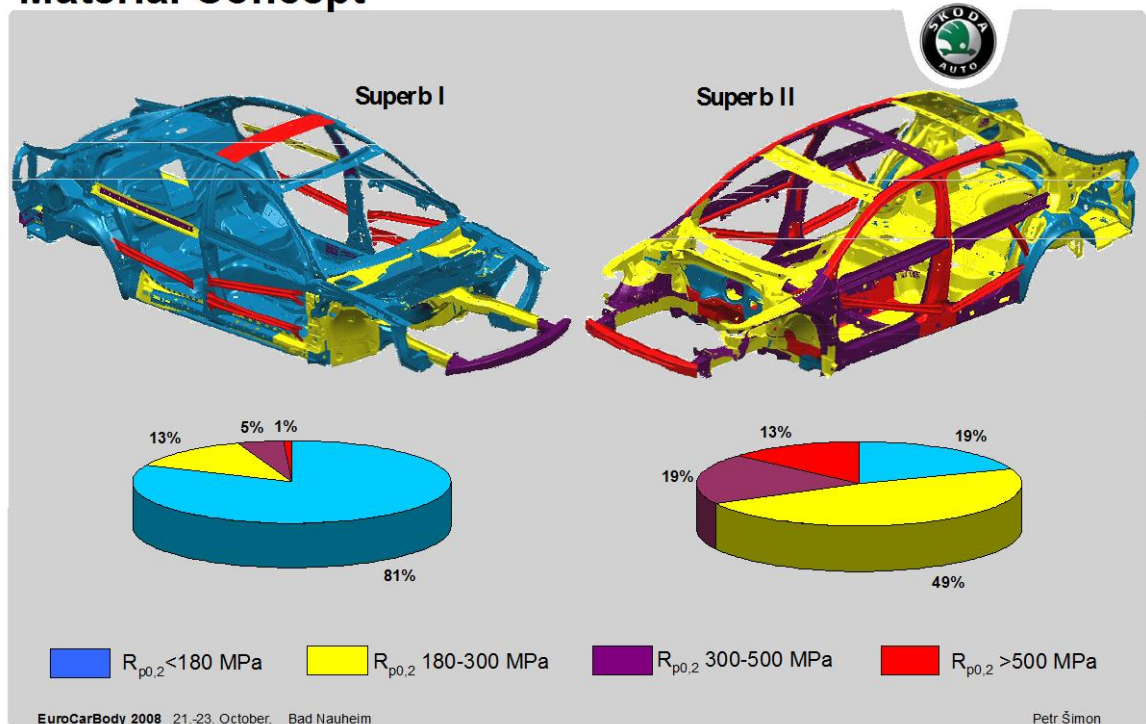


Kuva 16. Škoda Octavian korimateriaalit [11]



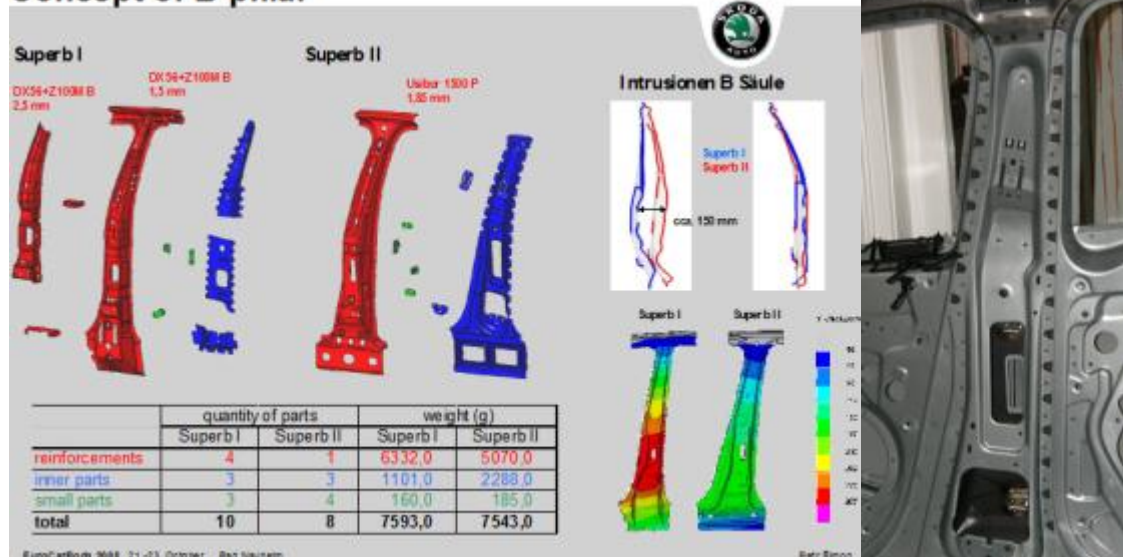
Kuva 17. Superbin materiaalilujuksia [11]

Material Concept



Kuva 18. Superbin korimateriaalien vertailua edelliseen mallisarjan koriin [11]

Concept of B-pillar



Kuva 19. B-pilarin kehittyminen [11].

Superbiin kehitetty b-pilari on kehittynyt sekä materiaalin että valmistustekniikan osalta huomasti (kuva 19). Prässikarkaistu vahvike on yli kilon kevyempi, mutta lujuudeltaan moninkertainen vanhaan konstruktion verrattuna. Lisäksi uusi b-pilari tehdään huomattavasti vähemmistä osista. Kuvan 19 oikeanpuoleisessa kuvassa näkyy, kuinka

vältetään ns. kolmen pellin ongelma vastushitsauksessa, kun b-pilariin liitetään vielä korinsivun pintapelti. Kuvassa harmaana näkyy booriteräsvahvike, johon kiinnitetään pintapelti. Näin lujaan materiaaliin liitetään vain kaksi peltiä. Kun vielä b-pilarin alaosassa on epoksirakenneliima lujittamassa rakennetta, olisi kolmen pellin ja liiman yhdistelmä hyvin vaativa jopa nykyaikaisella säätötekniikallakin varustetulle vastushitsauskoneelle.

5 Superbin korinkorjaus

5.1 Lähtökohta

TTS Koriakatemia osti vakuutusyhtiö Axalta vuoden 2009 kevättalvella kolarissa vaurioituneen Škoda Superbin, joka oli lunastettu suurten korjauskustannusten takia. Auto oli vaurioitunut etuosastaan ja vasemmasta kyljestään. Kolaritapahtumasta ei ole tarkkaa tietoa, mutta vaurioista, jotka näkyvät kuvassa 20 voisi päätellä toisen ajoneuvon ensin osuneen voimakkaasti Škodan vasempaan etuosaan ja siitä kiepsahaneen auton vasempaan kylkeen. Raja on tästä raportista kokonaan pois kyljen vauriot ja niiden korjauksen. Auto ostettiin Škoda-korimekaanikkojen ammattitutkintoon johtavaan koulutukseen ja se korjattiin etuosan vaurioiden osalta valmistajan korjausohjeiden mukaisesti alkuperäisillä osilla. Autoon tehtiin vaurioanalyysi, jolla pyrittiin kartoittamaan, mitä osia autoon tulee vaihtaa ja mitkä voidaan korjata. Ensi näkemältä auton etuosan vauriot näyttivät pahoilta, ja paljon kalliita osia oli vaurioitunut vaihtokuntoon. Lisäksi piilovaurioina oli mm. automaattivaihteiston sähköliittimen vaurio, joka vaati koko DSG-vaihteiston mekatronikkayksikön vaihdon uuteen, sillä pelkkää liitintä ei toimiteta varaosana. Itse korinrakenteiden vauriot rajoittuivat hieman yllättäenkin etuakseliston takimmaisten kiinnityspisteiden etupuolelle. Selityksenä tälle voidaan pitää rintapellin alueen hyvin lujaa booriteräsrakennetta, joka näkyy hyvin kuvassa 21. Korjausohjeissa runkokotelon vaihtoon on valittavana kaksi katkaisukohtaa rintapellistä ja ns. runkokotelon crashbox, jonka katkaisukohta on noin viiden sentin päässä etuosan lasersaumasta (kuva 21).



Kuva 20. Vauriokuvat Škoda Superb



Kuva 21. VW Passatin rintapellin booriteräs ja eturunkoaisan lasersauma [11]

5.2 Korjaustyö

Työ suoritettiin Carbench Octopussy -säätö-/kiintojigipenkissä, mutta mallikohtaista mittakorttia ja kiinteitä jigejä ei ollut saatavilla tehtaan toimitusvaikeuksien vuoksi. Siksi käytössä oli myös elektroninen mittalaite Caro-o-tronic Vision X3, jolla varmistettiin

runkokoteloiden oikea asemointi (kuva 22). Korinkorjausohjeissa on hyvin vähän korinosien mitta-arvoja, sillä valmistajan korjausohjeet pohjautuvat kiinteäjigiperustaiseen (Celette) korjaukseen, jolloin niitä ei tarvita. Runkokotelot eivät periaatteessa tarvitse vetotyötä lainkaan, sillä akseliston kiinnityspisteethän olivat paikallaan. Vetotöitä kuitenkin tarvittiin etenkin vasempaan runkokoteloon moottorin ja vaihteiston irrottamiseksi, sillä runkokoteloiden kärjet olivat kolarivaurioiden seurauksesta kymmeniä senttejä pois oikeista mitoista. Vanhat osat poistettiin, uudet osat valmistettiin liittämistä varten, katkaisukohtat valittiin korjausohjeiden mukaisesti (liite 2) ja runkokotelon hitsaustyöt suoritettiin korjausohjeiden mukaisesti (kuva 23). Sisälokasuojien saumat tiivistettiin ja moottoritila maalattiin ennen moottorin ja vaihteiston takaisin asennusta.



Kuva 22. Škoda Carbench-korinoikaisupenkissä ja Caroliner-mittalaite asennettuna



Kuva 23. Oikea runkoaisa vaihdettuna ennen maalaustyötä

5.3 ELSA-merkkikohtaiset korjausohjeet ja ETKA-varaosajärjestelmä

Volkswagen-konsernilla on VW-, Audi- ja Škoda-merkeillä käytössä ELSApro-niminen ohjelma, josta on saatavilla mm. korjausohjeet. Sieltä saa myös muuta autoon liittyvää informaatiota. ETKAsta puolestaan löytyy varaosat (kuva 24). Korinkorjausohjeissa on hiukan eroa konsernin eri merkkien välillä. Voisi todeta, että Audin ohjeet ovat tarkimpia, sitten Volkswagenin ja viimeisenä Škodan ja Seatin. Tämä seikka hämmentää ja saattaa aiheuttaa ohjeiden vastaisia korjauksia, varsinkin kun Suomessa saatetaan kaikkia konsernin eri merkkejä korjata samassa korikorjaamossa.



Kuva 24. Ruudunkaappaus ETKA-varaosajärjestelmästä

5.4 CABAS-korjauskustannuslaskentaohjelmisto

Cabas on tällä hetkellä käytössä oleva korjauskustannuslaskentaohjelmisto, joka on käytössä sekä kolarikorjaamoilla että vakuutusyhtiöillä. Sen on valmistanut CAB Group Ab, joka on ruotsalaisten vakuutusyhtiöiden omistama yritys. Kustannuslaskelmasta saadaan eriteltynä korjauksen työ-, varaosa- ja maalaushinnat. Tässä työssä en käsittele varsinaista kustannuslaskelmaa tai sen tekemistä. Kuten edellisessä luvussa mainitaan, jo autotehtaiden korjausohjeissa on erilaisia tulkintoja. Sen lisäksi varaosajärjestelmän kuvat poikkeavat Cabasissa olevista varaosakuviista sekä numeroiden että kuvien osalta aiheuttaen päänvaivaa laskelmantekoon. Nämä seikat asettavat erityisiä vaatimuksia hyvän laskelman ja vaurioanalyysin tekemiselle. Vaativien korjausten osalla onkin ehdottoman tärkeää, että laskelman tekijällä on pääsy tehtaan järjestelmiin ja taito käyttää kyseisiä järjestelmiä.

6 Korinkorjausmenetelmien vaikutukset auton turvakoriin

Korjaustyön aiheuttamia vaikutuksia korin vauriokäyttäytymiseen on tutkittu, mutta julkisuudessa on niistä hyvin vähän tietoa. Kolariturvallisuus on tärkeä uuden auton markkinoinnissa, jossa käytetään mm. EuroNCAP- testien tuloksia, mutta kolarikorjatun auton tutkimukset ovat toinen asia. Tässä työssä käytän kahta erilaista vertailevaa tutkimusta esimerkkinä miten suuria muutoksia korinkorjaustyö voi aiheuttaa.

6.1 Fair repair Škoda Octavia.

Škoda-tehtaan tekemä korjausmenetelmätutkimus, jossa samanlaisilla autoilla ajettiin ensimmäinen kylkikolari (30km/h). Autojen vauriot olivat samanlaiset ja korjauskustannukset sellaiset, että korjaustyö olisi ollut kannattava. Sininen auto korjattiin ”valtuutetussa” korjaamossa, vaihtaen siihen koko kylkiosa yhtenä kappaleena. Tuossa osassa ovat myös kaikki kuvassa 16 näkyvät booriteräsvahvikkeet toisiinsa valmiiksi liitettynä. Punainen auto korjattiin vetämällä ensin kyljen vaurioituneet osat (mm. b-pilarin vahvike, kyljen vahvikkeet, lattia ja katto) takaisin oikeaan asemaansa ja sen jälkeen vaihdettiin vain kyljen uloimmainen pelti. Vaurioituneen pintapellin vaihtotyössä tulleet vauriot, sekä uuden pintapellin liitostyön aiheuttama lämpö b-pilarin vahvikkeeseen heikensivät kyljen rakennetta uudessa törmäyksessä, kuten kuvassa 25 voidaan todeta [21].



Kuva 25. Tehtaan tekemä korjausmenetelmätutkimus [21].

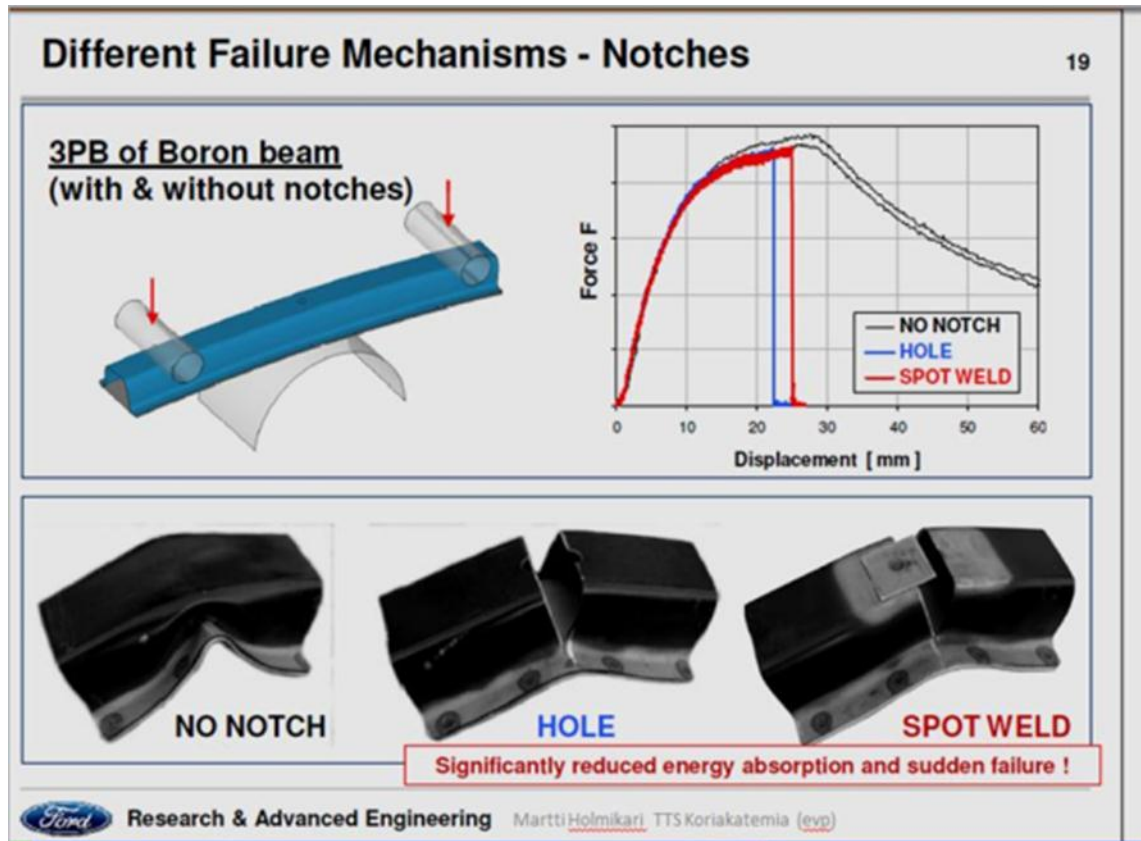
6.2 Volkswagen Passatin kyljen korjaustutkimus

KTi:n (Kraftfahrzeugtechnisches Institut und Karosseriewerkstätte) tekemä korjausmenetelmätutkimus, jossa korjattiin malliltaan hieman vanhempi Volkswagen Passat (3B). Autolla ajettiin myös ensin kylkikolari, jonka vaurioiden korjaamisessa käytettiin mm. lämpöä lujien terästen oikaisemiseen. Auton kolarikäyttäytyminen muuttui korjauksen jälkeen tehdyssä etutörmäystestissä. A-pilari taipui voimakkaasti ylöspäin ja koko kylkinja on liikkunut verrattuna alkuperäiseen kolarikäyttäytymiseen kuvassa 26. [22].



Kuva 26. KTi:n tekemä korjausmenetelmätutkimus [22].

Näille molemmille testeille on yhteistä se että korjaustyön jälkeen olisi ollut mahdotonta todeta mitä korin turvarakenteille oli tapahtunut ja missä kunnossa ne korjauksen jälkeen olivat. Hyvin pienetkin muutokset lujissa teräksissä aiheuttaa niiden lujuuden heikkenemisen lovivaikutuksesta kuten kuvassa 27 käy ilmi. Korjaustyötä tekevän on tunnettava uusien lujien terästen ominaisuudet ja mitä vaikutuksia korjaustyö voi aiheuttaa teräksen lujuudelle. Uusi törmäys ei aina tule samasta suunnasta kuin aiempi, joten törmäysenergiaa sitovien reittien tunteminen on myös tärkeää. Turvalaitteiden ohjainlaitteet tarvitsevat tiedon törmäyksen suunnasta ja voimasta. Väärin korjattu turvakorirakenne saattaa välittää ohjainlaitteelle virheellistä tietoa törmäyksestä.



Kuva 27. Lovivaikutus, joka aiheuttaa booriteräksen murtumisen [23]

7 Päätelmät

Auton valmistuksessa käytetyt materiaalit ja liitostekniikat ovat kehittyneet merkittävästi tavoitteina parantunut kolariturvallisuus sekä valmistuskustannusten pienentäminen. Käytännössä nämä yhdessä uuden auton suunnitteluprosessin nopeutumisen kanssa aiheuttavat tilanteita, joissa auton tullessa markkinoille ei siihen ole vielä saatavana valmistajan antamia korikorjauksen työohjeita. Lisäksi autoissa käytetyt teräkset ovat kehittyneet merkittävästi auto- ja terästeollisuuden yhteistyönä viime vuosikymmenen aikana. Nuo uudet murtolujuudeltaan jopa kymmenkertaiset teräkset asettavat haasteita sekä korin osien valmistukseen tuotannossa että niiden liitostekniikkaan. Auton, jossa on nykyaikaista koritekniikkaa, korin turvarakenteiden vaihtaminen ja korjaaminen vanhoihin tutuksi tulleiden korjausmenetelmin saattaa merkittävästi heikentää auton kolariturvallisuutta seuraavassa törmäyksessä. Korjaustyön yhteydessä esim. pintapellin irrottamisen yhteydessä lujiin teräksiin tehdyt pienetkin viat aikaansaavat lovivaikutuksen mukaisen materiaalin heikkenemisen.

Vaurioanalyysi, vaurioluokittelu ja korjausohjeiden tuomat rajoitukset tuovat korjaukseen melkoisen lisähaasteen. Auton korjattavuuden oikea määrittäminen ainoastaan visuaalisesti havainnoiden on mahdotonta ja saattaa johtaa väärään päätelmään korjausmenetelmistä ja -kustannuksista. Tarvitaankin luotettava ja helppokäyttöinen diagnostiikkamittalaite vaurioalueen laajuuden määrittämiseen. Vaurioluokitteluun perustuva vaurioanalyysi antaa selkeän kuvan vaurioiden korjattavuuteen. Tämä yhdessä korjattavuusluokittelun kanssa varmistaa sen, että korjaustyötä tekevällä on lähtökohtaisesti hyvät valmiudet suorittaa korinkorjaus oikeita työmenetelmiä käyttäen [16]. Korjauskustannuslaskentaohjelmisto tuottaa eritellyn korjaustyön, varaosien ja maalauksen osuuden koko korjauskustannuksista. Näin toimien oikeat päätökset korjaustyön kannattavuudesta on mahdollista tehdä oikein.

Suomessa auton käyttöikä on pitkä, lähes 20 vuotta, ja riippumatta siitä, kuka auton korjaustyön on tehnyt, tulisi auton kuljettaa sillä matkustavat turvallisesti paikasta toiseen aivan kuten alun perin on tarkoitettu. Korinkorjaus vaatii monia uusia taitoja ja ymmärrystä siitä, miten korjaustyö vaikuttaa esim. materiaalien lujuuteen. Korjaustyötä ei voi enää tehdä, kuten aikaisemmin on totuttu tekemään, vaan on tarkasti noudatettava autonvalmistajan korjaustyölle laatimia ohjeita ja lisäksi tunnettava autoissa käytettyjen materiaalien ominaisuudet.

Lähteet

- 1 Advanced High-Strength Steels Application Guidelines version 5.0. 2014. Verkkodokumentti. Worldauto Steel. <<http://www.worldautosteel.org/projects/advanced-high-strength-steel-application-guidelines/>>. Luettu 23.4.2014.
- 2 Liikenne- ja viestintäministeriön asetus vaurioituneen ajoneuvon kunnostamisesta ja ajoneuvon kokoamisesta osista 19.12.2002/1258.
- 3 Liikennevakuutustilastoa vuodelta 2012. Verkkodokumentti. Liikennevakuutuskeskus. <<http://www.lvk.fi/templates/vinha/services/download.aspx?fid=314323&hash=a95ae40ba02ec3aa296d28193ff033bbaa84005691b886f4fdc57f9f3308d661>>. Luettu 15.10.2014.
- 4 Dietsche, Karl-Heinz, Bauer, Ann-Kathrin & Detlev, Sack. 2014. Bosch Automotive Handbook. 9th edition. Germany: Robert Bosch GmbH.
- 5 Kivivuori, Seppo. 2011. Teräsohutlevyjen muovattavuus ja materiaalilaadut. Verkkodokumentti. Aalto-yliopisto, Kemian tekniikan korkeakoulu, Materiaalitekniikan laitos. <http://www.ohutlevy.com/pdf/terasohutlevy_seppo_kivivuori.pdf>. Luettu 16.6.2014.
- 6 Production of Škoda Citigo in Bratislava. 2014. Verkkodokumentti. Škoda Media. <https://media.Škoda-auto.com/Pictures/Buildings/Citigo_production_2013/_w/PML_ML_4045_jpg> Luettu 1.5.2015
- 7 Autio, Arvo, Kemppainen, Pekka & Rantala, Jouko. 2011. Autotekniikka 2: Autoalan perusteet. Helsinki: Otava.
- 8 Ovakon terästen hitsaus. Verkkodokumentti. Ovako. <http://www.ovako.com/PageFiles/320/Ovakon_terasten_hitsaus_15724.pdf>. Luettu 1.5.2015.
- 9 Meskanen, Seija & Toivonen, Pentti. Valimotekniikan perusteet. Verkkodokumentti. ValuAtlas. <http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/vtp_sulatus_metalurgia.pdf> Luettu 30.3.2014.
- 10 Korin perusteet. VW itseopiskelumateriaali SSP421. Volkswagen Ag.
- 11 Eurocarbody-luentomateriaali vuosilta 2004, 2006, 2008 ja 2014.
- 12 IF-steel. Verkkodokumentti. American Iron and Steel Institute. <https://www.steel.org/Autosteel_org/Web%20Root/Research/AHSS%20Data%20Utilization/IF.aspx>. Luettu 8.5.2015.
- 13 Bake Hardening process. Verkkodokumentti. Kawasaki Steel 21st Century Foundation . <http://www.jfe-21st-cf.or.jp/chapter_1/1b_2.html>Luettu 15.11.2014.

- 14 Roll Forming. Verkkodokumentti. CustomPartNET. <http://www.custompart-net.com/wu/sheet-metal-forming#roll_forming> Luettu 14.5.2015.
- 15 Prässikarkaisu. Verkkodokumentti. AutoForm Engineering GmbH. <http://www.autoform.com/en/images/news/PressRelease_091117.jpg> Luettu 14.5.2015.
- 16 Vaurioluokittelu. Verkkodokumentti. Autoalan Keskusliitto. <http://www.akl.fi/palvelut/korikorjaamoluokitus/yleista_korikorjaamoluokituksesta>. Luettu 22.4.2015.
- 17 Sähköisen vahinkotarkastuksen ohjeistuksen liite vaurioanalyysi. 2009. Helsinki: AKL.
- 18 Luentomateriaali. 2010. Rajamäki: TTS Koriakatemia.
- 19 Holmikari, Martti. 2014. Automecanika. Luentomateriaali ja muistiinpanot.
- 20 Škoda history. Verkkodokumentti. Škoda Auto. <<http://www.Škoda.com.au/about-Škoda/Škoda-history>>. Luettu 23.3.2012.
- 21 Projekt Škoda Fair repair. Verkkodokumentti. Škoda Auto. < <http://www.Škoda-auto.cz/mam-vuz-Škoda/originalni-dily/fair-repair>>. Luettu 14.5.2015.
- 22 RCAR-luentomateriaali. 2008.
- 23 Insight Edition -seminaarimateriaali. 2011.

AVK:n raportti

Raportti AVK:lle, lisäksi he kävivät tutustumassa korjaustöihin keväällä 2009.

TTS Koulutus
Koriakatemia

1.4.2010

AUTO- JA
PIENKONEALA

SKODA SUPERB KOLARIKORJAUS VÄLIRAPORTTI



Merkki ja malli	Skoda Superb 2,0 TDi Ambition
Rekisteröintipvm	12.2.2009
Valmistenumero	TMBAE73T299024295
Rekisterinumero	ECY-522
Valvontaehdot	Varaosakuitit, valvontaehdot siirretty AKE:en (Trafin), turvalaitteet, korinmittaus, alustamittaus korin turvarakenteet nelipyörämittaus
AVK:n tuotenumero	119612



Aikataulu

- auto lainassa Skoda-koulutuksessa TTS:llä huhtikuu 2009
- auto myynnissä AVK:lla toukokuu 2009
- TTS ostaa auton toukokuussa 2009
- syksyllä auto puretaan TTS:n asentajakoulutuksen voimin
- lokakuu 2009 Skoda työnjohtokoulutus
- maaliskuu 2010 Skoda korimekaanikojen koulutus
- tulevaisuudessa vielä syksy 2010 turvalaiteiden vaihto??

- joulukuu 2010 auto valmis ja loppuraportti?

Vaurioanalyysi

- vauriot ovat rajoittuneet runkokoteloiden etuosaan, mutta voimakkaan muodonmuutoksen vuoksi molempien vaihto perusteltua
- todella jäykkä rintapellin alue ja akseliston alapalkki yhdessä tekevät korista uskomattoman lujan
- runkokotelot ovat taipuneet juuri siitä mistä ne on suunniteltu
- runkokoteloiden vaihtaminen mitta- ja tuentajärjestelmän avulla varmistaa laadukkaan lopputuloksen
- kyikiosan vauriot rajoittuneet pintaosiin, joten pintaoikaisu perusteltua, mutta oikaisupinta-alan mittaukseen kiinnitettävä huomiota!
- B-pilarin vahvike tutkittavissa verhoilu irrottaen sisäpuolen aukoista
- akseliston osat ovat mitä suurimmalla todennäköisyydellä ehjät
- vaihteiston korjaaminen kallis toimenpide, joten lunastus on ollut perusteltua

TTS Koriakatemia kouluttaa korimeekanikkoja ja työnjohtajia, sekä vakuutusalan teknisiä asiantuntijoita vaurioanalyysin suorittamiseen ja kolarivaurioiden korjaamiseen. Yhtenä koulutusmuotona on oikeiden kolariautojen, useimmiten lunastusautojen käyttäminen koulutuksissa, mutta varsinainen kolarikorjaustoiminta ei ole Koriakatemian toimenkuvaa. Tällä hetkellä Koriakatemialla on kolme autoa työn alla. Toimiva ja rakentava yhteistyö kaikkien vauriokorjausprosessiin osallistuvien tahojen on alusta asti ollut kanssa Koriakatemian tavoitteena.

Annan mielelläni lisätietoa erityisesti Skodasta ja tietenkin koko Koriakatemian toiminnasta

Tommi Kettunen
p. 050-3879 568

Superbin runkoaisan vaihto-ohje, jossa luetellaan vaihdettava osa.

Spare part

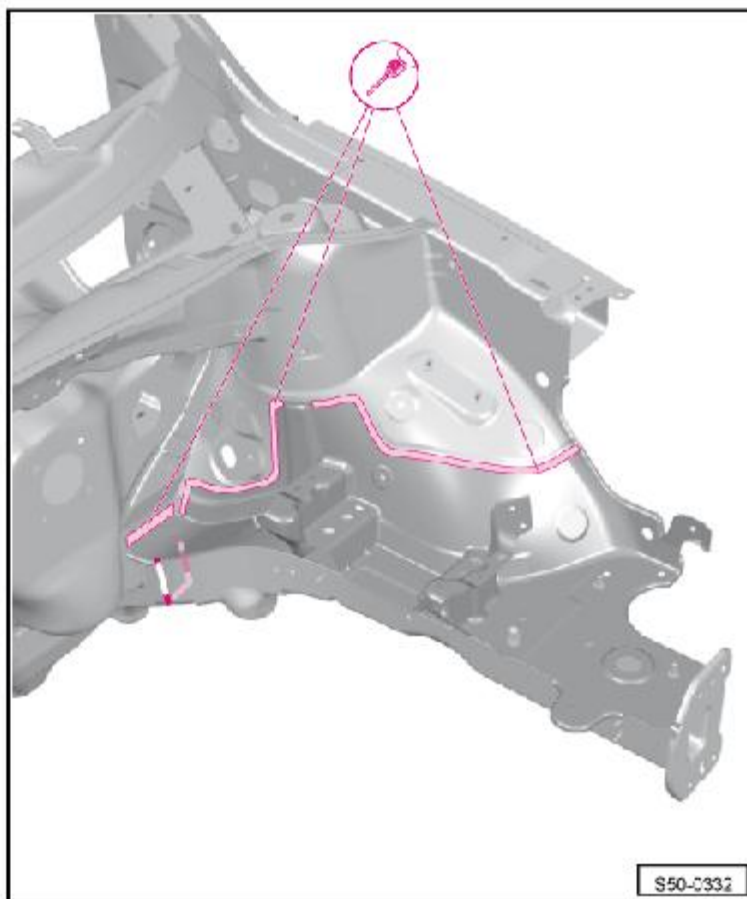
Page 1 of 1

Spare part

- ◆ Front frame side rail

Removing original part

- Bore out front frame side rail from wheelhouse.



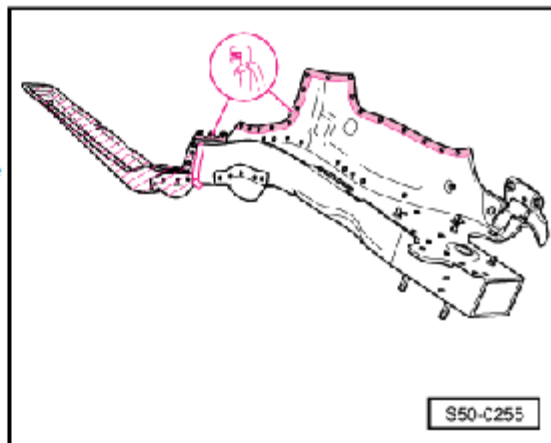
- Disconnect the front frame side rail.

Preparing the new part

Page 1 of 1

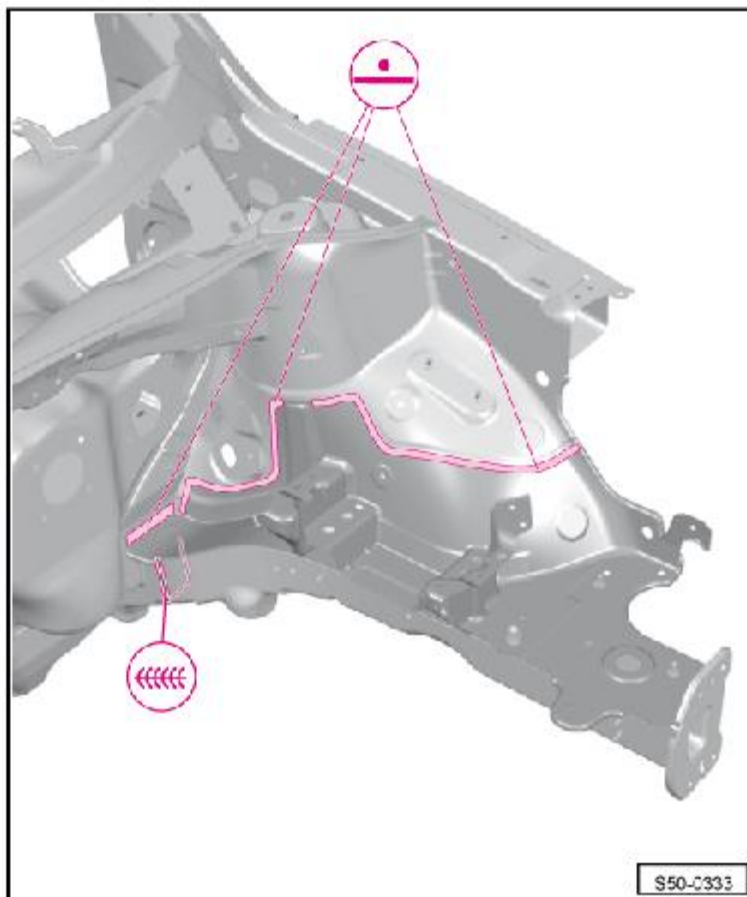
Preparing the new part

- Transpose the cut line onto the new part and separate off the shaded area.
Separate frame side rail only on the sides and from below. The top part serves as connection to the lock carrier.
- Make holes for front frame side rail in the connecting surface for the front wheelhouse and for the lock carrier.



Part welding

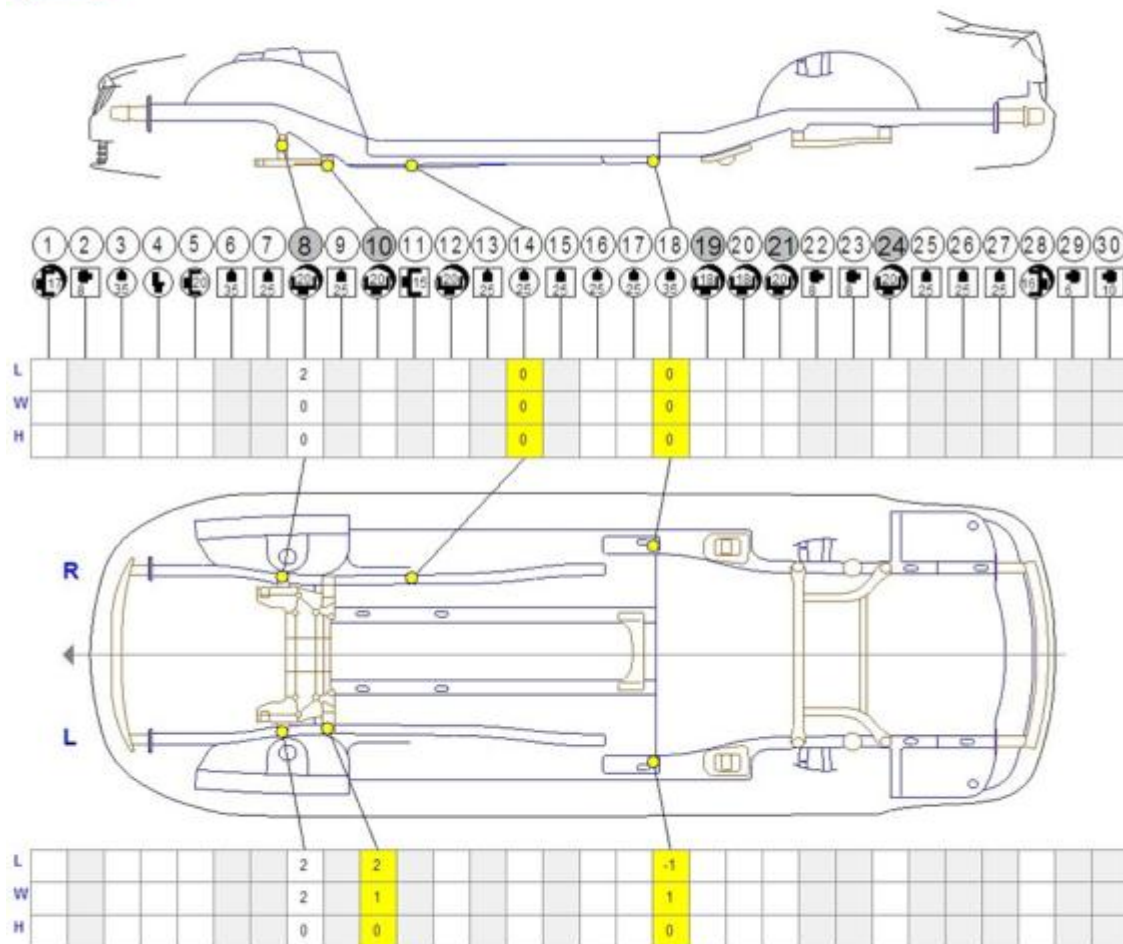
- Align the front frame side rail on the alignment bench.
- Weld in the front frame side rail, RP spot seam.



- Weld in the front frame side rail, an inert gas shielded full seam.
- Weld in cover plate → Chapter.

Superbin alustanmittauspöytäkirja, jossa ilmenee ettei ohjauslaitteiston kiinnityspisteissä ole mittapoikkeamaa.

Car-O-Soft Vision X3 Report		Car-O-Soft Vision X3 V. 4.12 2009-04-30	
Asiakas		Auto	
Nimi		Mittakortti 23:734	Julkaisu 2008-10
Osoitteet		Valmistaja Skoda	
Kaupunki	Postinro	Malli Superb	Tyyppi 4D/FWD
Kunta	Puhelin	Vuosi 2008 -	Alustanro
Sähköposti		Rek.nro	Km
Vak.yhtiö		JOB	
Vakuutusyhtiö	Hakemus nro	Työmäärän SKODASUPERB	Alkaen: 2009-04-30
Mittaaja	Puhelin	Asentaja	Saakka: 2009-04-30
Sähköposti		Allekirjoitus _____	



<p>Korjaamo Yritys TTS Education / Car Body Academy Osoitteet Kiljavantie 6 Kaupunki Rajamäki Postinro 05201 Kunta Finland Puhelin 358(0)929041200 Sähköposti kari.kaaja@tts.fi</p>	<p>Huomautukset</p>
--	----------------------------