

Ohutlevyjen mekaaninen liittäminen

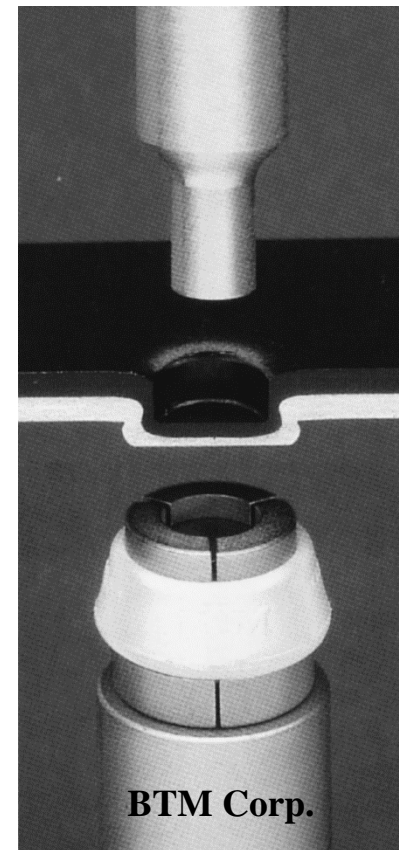
Mechanical Joining Methods

Joining without Additional Elements

LUT yliopisto Konetekniikka

LUT University Mechanical Engineering

Dr., Prof., Juha Varis



Opening words

Mechanical joining techniques are often an alternative to thermal techniques (welding) or chemical (gluing / adhesive bonding). In particular, in the case of factory pre-coated sheets (painted or galvanized), it is questionable to use thermal techniques and to introduce heat into the sheets, which destroys the coating locally. In those cases, many are looking for alternative connection methods. The range of non-heat-introducing connection options is wide and interesting, and worth to check.

Arguments are widely presented in this theme, which is why mechanical connecting techniques are widely popular. Dozens of technologies are presented and associated machines, devices, and tools. The presentations also take a position on the freedoms of design as well as the restrictions.

This presentation is focusing for methods which introduces about mechanical joining methods without any additional elements. In those cases materials are formed only, and the forming connects pieces together, the most well known method is clinching which is on main focus. Slides are partly bilingual, only English sections are required.

Joining of sheet metals, $t < 3$ mm

Thermal joining

Mechanical joining

Chemical joining

Hybrid joining

Plenty of methods

Clinching

Riveting

Puristusliitos

Niittauslävistys

Niittiliitos

Jatkuvaniitti

Ruuviliitos

Naulaus

Taitosliitos

Kielekeliitos

Listaliitos

Sokko

Avoin

Vetokaraniitti

Muotolukitseva

Itselukitseva

Osittain ontto niitti

Eckold

Lance-N-Loc

Spot Clinch

Trumpf

Tog-L-Loc

Tox

Trademarks

Tuotenimikkeitä

B&TR Fastriv

Böllhoff
Riv-Set

Henrob

VTS

Sub-groups

Self-pierce rivet

Mekaanisen liitoksen tarkoitus

Objective of mechanical joining

- Rakenteelliset liitokset
- **Constructional connections**
 - siirtävät voimia kappaleesta toiseen
 - **Transmitting force from part to part**
- Kiinnitysliitokset
- **Simple fastenings**
 - rakenneosat kootaan yhtenäiseksi kokonaisuudeksi
 - **Keeping parts together, minor strength required**

Miksi mekaaninen liitos ?

Why mechanical joining?

- levyt pinnoitettua materiaalia (pre-coated materials)
- merkittävästi eripaksuiset levyt (thickness difference)
 - erimateriaalia olevat levyt (different materials)
- muodonmuutokset eivät ole sallittuja (deformations denied)
 - lämmöntuonti ei ole sallittua (heat input denied)
- ei juurikaan pintojen esipuhdistustarvetta (no preliminary cleaning)
 - kerralla valmis ilman jälkityöstöä (ready at once)
 - yksinkertainen prosessi (simple process)
 - ei henkilökohtaisia suojaimeja (no personal protectors)
 - ympäristöystävällinen (environmentally friendly)
- limiliitos (helppo valmistaa) (overlapping joint easy to make)

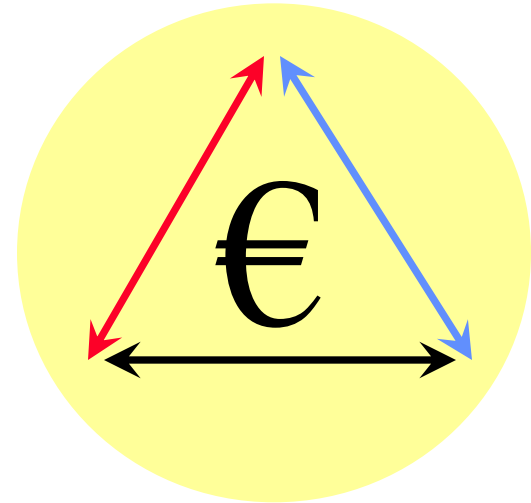
Oikean liitoksen suunnittelu edellyttää

Designing an optimal joint

- käytettävän materiaalin
- Material
- tuotteen rakenteen ja
- Construction and
- Liittämismenetelmän
- Joining method

sovittamista yhteen
teknistaloudellisesti !

Must be full fitted economically!



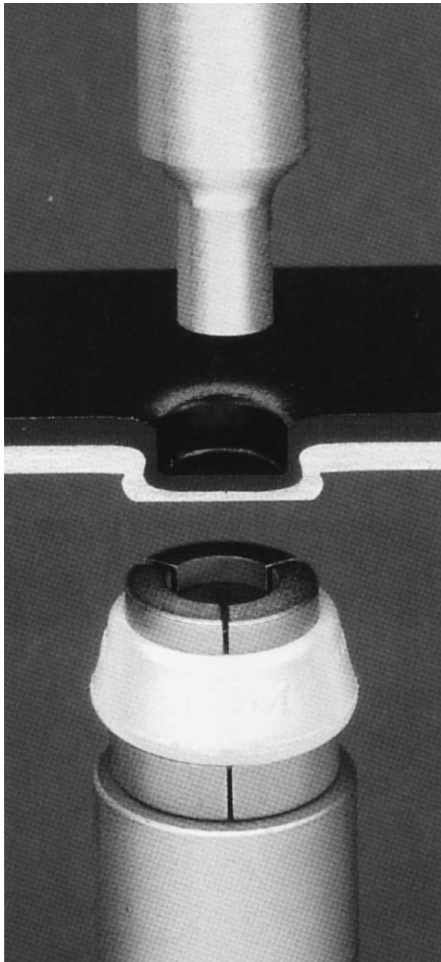
Päättyypit (Types of joints)

- Kiinnikeliitokset (connecting with an additional element; screws, bolts, nuts, rivets, hooks, nails, ...)
 - käytetään pistemäisiä mekaanisia kiinnikkeitä kuten ruuveja, muttereita, nittejä, hakoja, ...
- Muotoliitokset (**forming of base material**)
 - käytetään pelkästään liitettävien levyjen omaa materiaalia (sisältää myös puristusliitokset)
- Listaliitokset (using profiles)
 - käytetään profiloituja ja muotoiltuja listoja

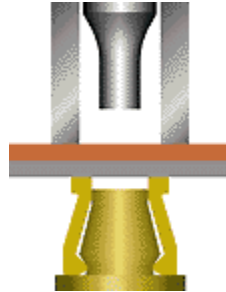
Tämä esitys keskittyy:
Muotoliitokset

Focus of this presentation:
Forming of base material only

BTM Corp.



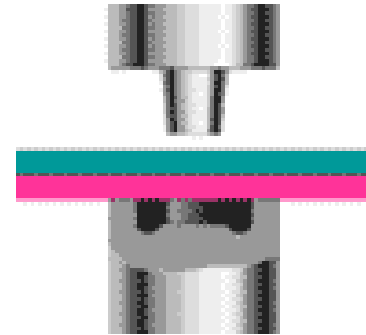
Norlock
Tech. Inc.



Puristusliittäminen Clinching

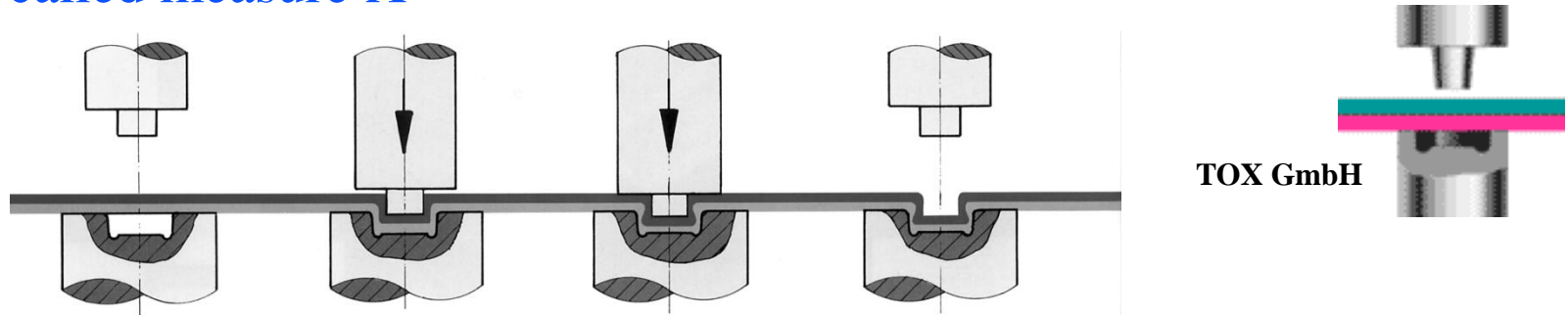
Professor Dr. Juha VARIS
LUT University
FINLAND

TOX GmbH



Menetelmän periaate / The principle

- Ohutlevyt liitetään toisiinsa pistin-tyyny-työkaluparilla yhteenpuristamalla niin, että liitettävät levyt muovautuvat paikallisesti ja syntyvä muoto lukitsee levyt toisiinsa
- Sheet metals will be pressed together using a punch and a die
- Pistimen liike on niin määritetty, että liitoksen pohjalle jää haluttu määrä materiaalia, josta käytetään määritelmää X-mitta
- Material thickness on the bottom of the joint is a key parameter called measure X



- Puristusvoiman tarve 10-100 kN (1-10 ton) riippuen liitettävistä materiaaleista ja työkalujen koosta
- Force required is from 10 to 100 kN depending on materials and size of tools

Perusedellytykset menetelmälle

Basic requirements for clinching

- liitettävien materiaalien tulee olla kylmänä muovattavia
- **Materials must be formable in room temperature**
- yhteisainepaksuus 0,4 - 11 mm
- **Max. total thickness 0.4 – 11 mm**
- yksittäisen levyn paksuus 0,2 - 4 mm, levyt voivat olla merkittävästikin eripaksuisia
- **A single sheet thickness min. 0.2 mm, difference in sheets thickness can be outstanding**
- liitosta ei tarvitse purkaa rikkomatta
- **Opening of the joint is possible by breaking only, accepted.**
- liitokseen ei kohdistu suurta pistekuormaa
- **No high loads in a small space are not accepted in the joint area**
- liitoskohtaan ei aiheuteta suuria muodonmuutoksia

Liitettävät materiaalit

Materials capable for clinching

- pääsääntöisesti kylmänä muovattavat metallimateriaalit soveltuvat puristusliitettäväksi (**cold-formable**)
- arviointikriteereinä käytetään ¹⁾:
 - murtovenymä (A_{80} -arvo) $> 10 \%$ 3 % ²⁾
Ultimate elongation
 - myötölujuus ($R_{0,2}$ -arvo) $< 550 \text{ N/mm}^2$ 900 ²⁾
Yield strength
 - 180 asteen taivutuskoe 0-säteellä
Bending test for 180 degrees with zero radius

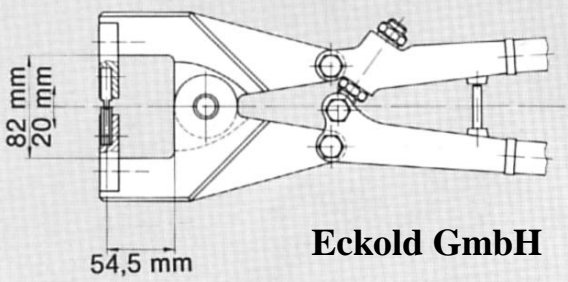
¹⁾ alan kirjallisuus (**literature survey**) 2000

²⁾ Variksen tutkimukset (**based on reseach work of Varis [dissertation]**)

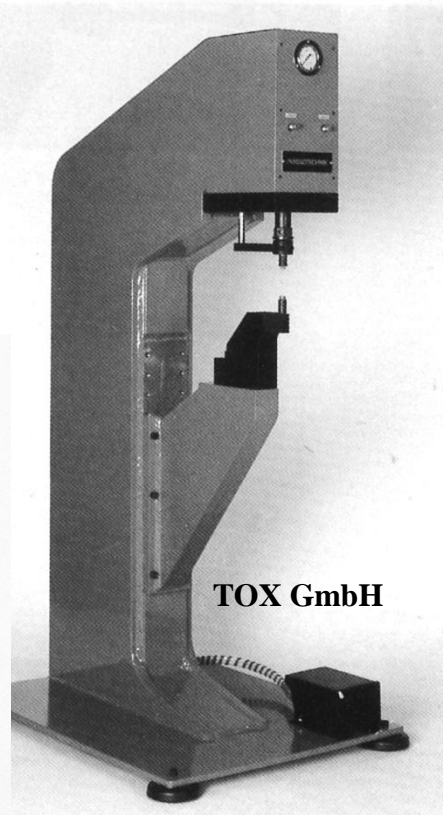
Laitteiston komponentit

The system contains

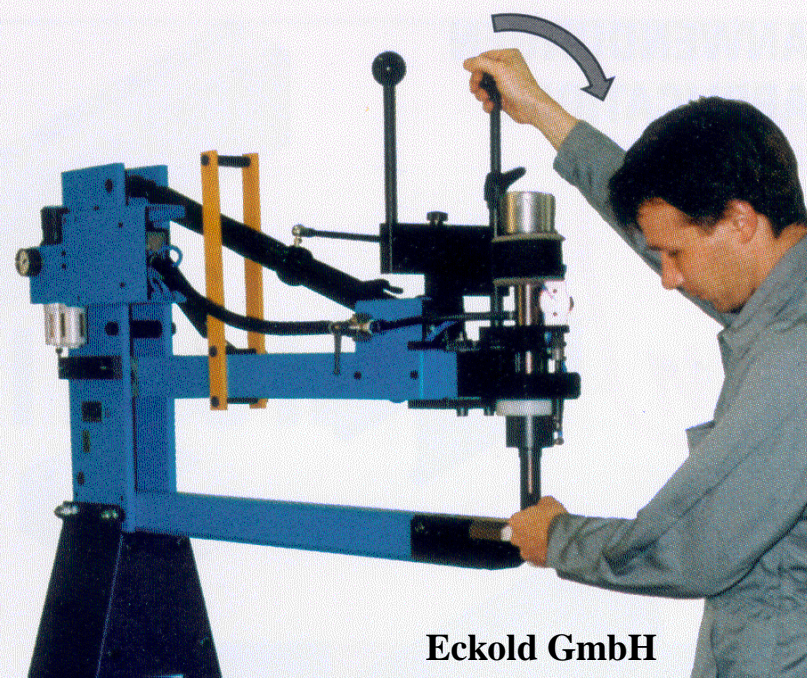
1. Voimayksikkö, energiana / Power package:
 - Lihasvoima (Muscles)
 - Mekaniikka (Mechanisms)
 - Sähkö, sähkömekaniikka (Electric, el.-mech.)
 - Pneumatiikka (Pneumatics)
 - Hydrauliiikka (Hydraulics)
2. C-runkoinen työkalu (C-frame)
3. Pistin-tyyny-työkalupari (Punch and Die)



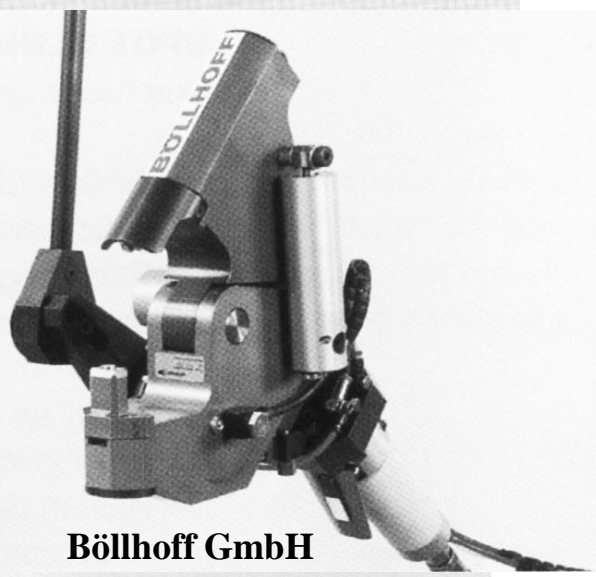
Eckold GmbH



TOX GmbH



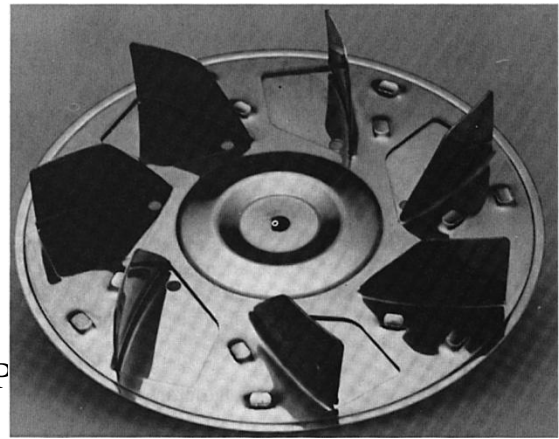
Eckold GmbH



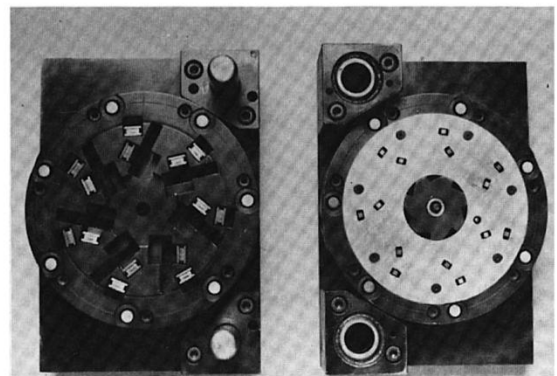
Böllhoff GmbH

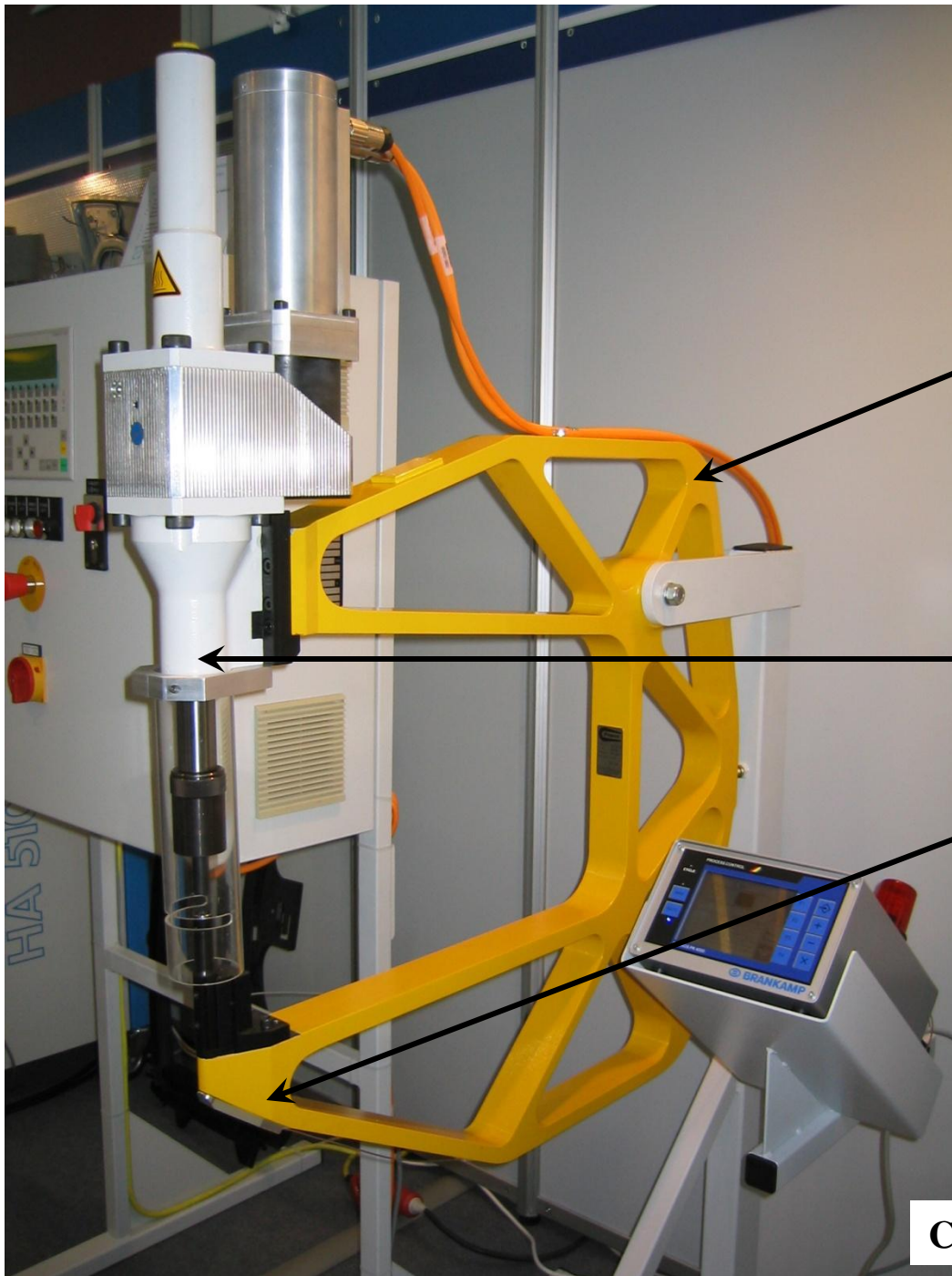


TOX GmbH



Multi-tool Eckold GmbH



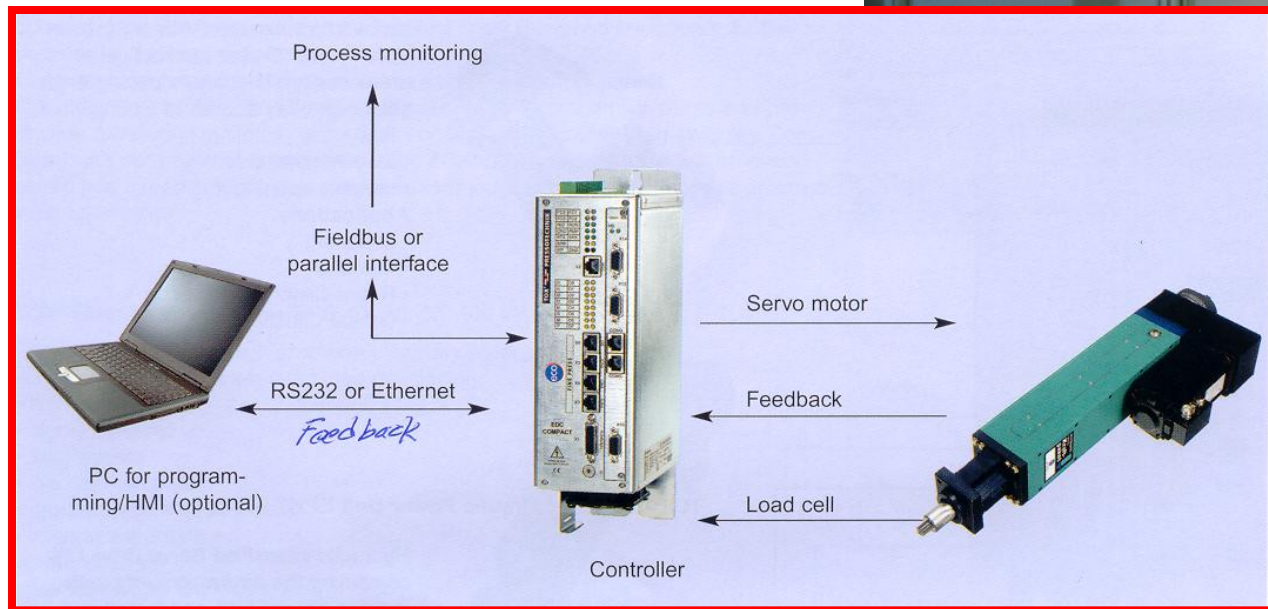


Kevytrakenteinen jäykkä runko, joka taipuessaankin säilyttää pistimen ja tyynyn orientaation!

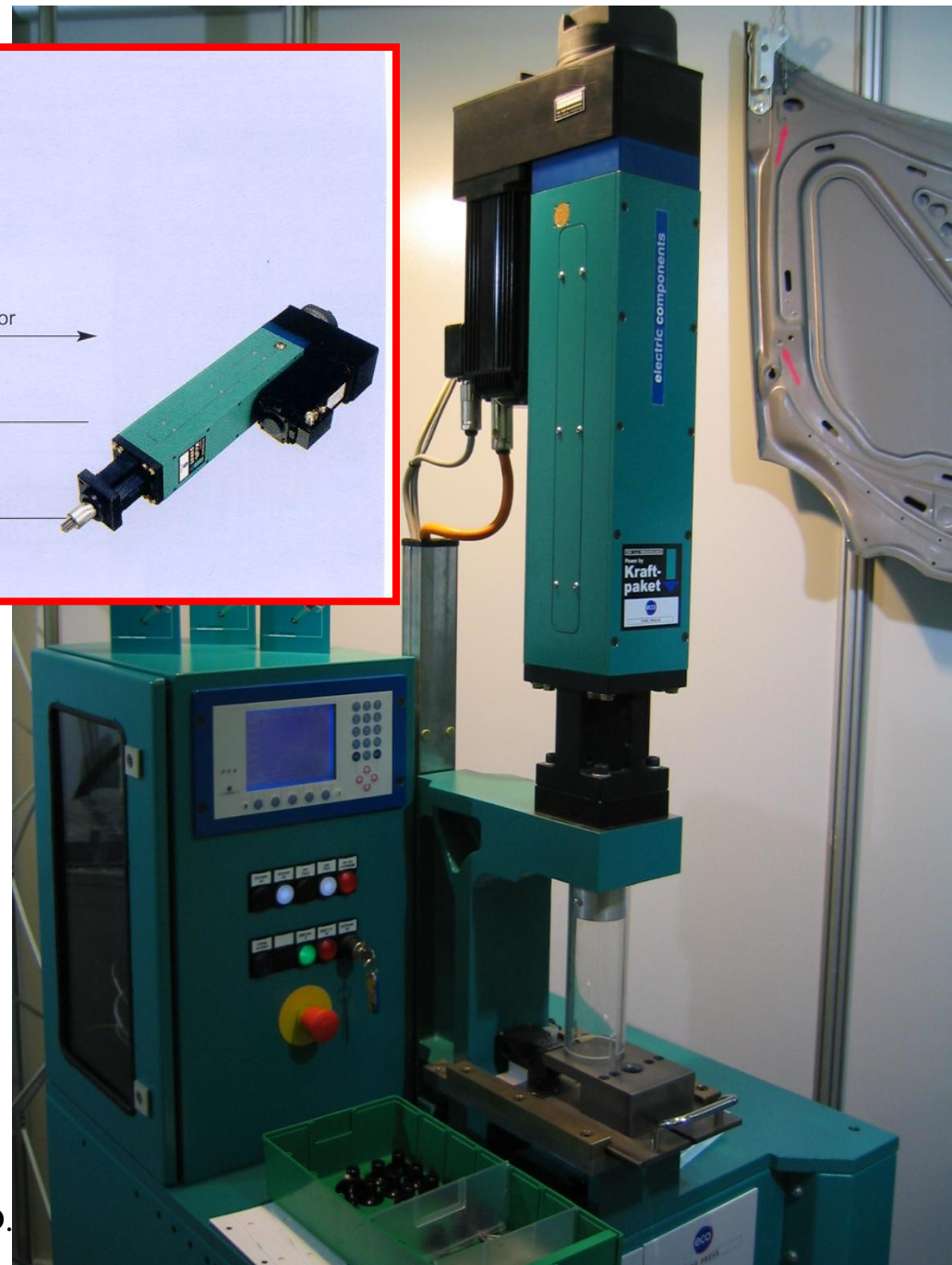
Flexibility of the frame is under control !

Prosessin monitorointi

- Liikkeen seuranta (controlling the stroke)
- Taipuman mittaus jännitysvenymälius-koilla (measuring the deflection)
- Automaattinen puristusliikkeen säätö reaaliajassa (automated on-line adjustment for stroke)



TOX Electro
 Sähkömekaaninen
 Puristusliittämiskone
 Electro-mechanical clinching
 device
 /EMO 2003/



Professor, D.

Työkalutekniikka, jako ...

Tools will be separated based on ...

... muodon perusteella (**Shape**)

- suorakaide, kokonaan tai osittain viiltävä (**Square**)
- pyöreä = ei-viiltävä (**Round**)

... tyynyn rakenteen perusteella (**Structure of a die**)

- kiinteä = yksiosainen (**Fixed = 1 piece**)
- moniosainen, osia (2-4 kpl) kutsutaan lehdiksi (**2-4 leaves**)

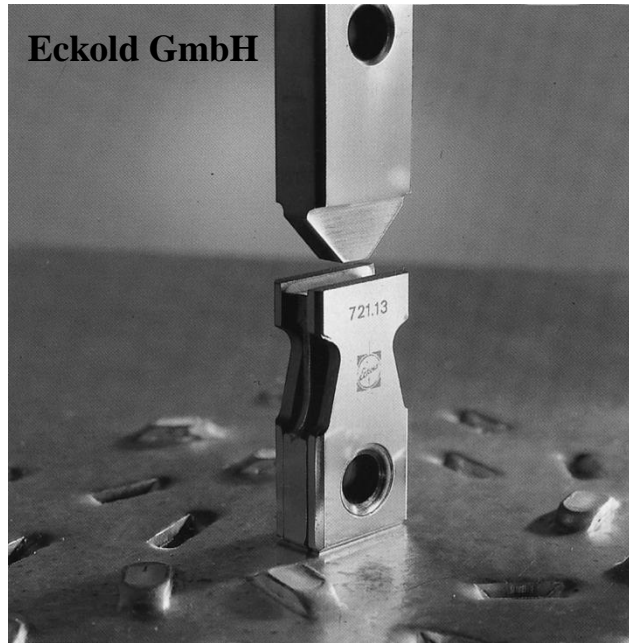
... työvaiheen iskujen määrän mukaan (**Qty of strokes**)

- yksi-, kaksi- tai moni-iskuinen (**1-, 2-, multi-stroke**)

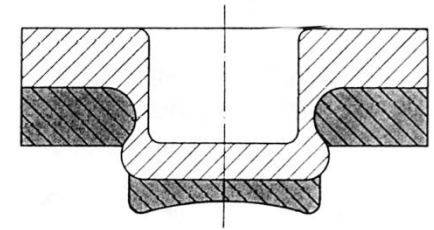
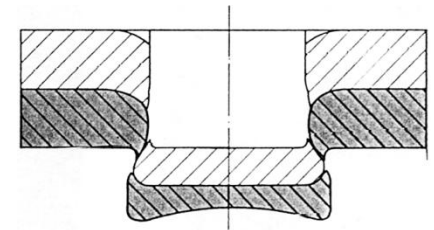
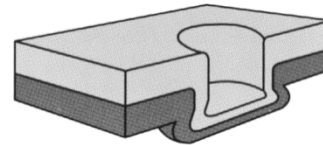
...työvaiheen tekniikan mukaan (**Type of kinematics**)

- suora painallus tai orbitaalinen muovausliike (**Straight, orbital**)

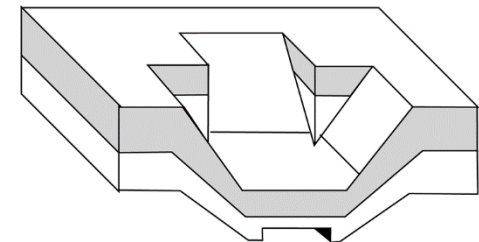
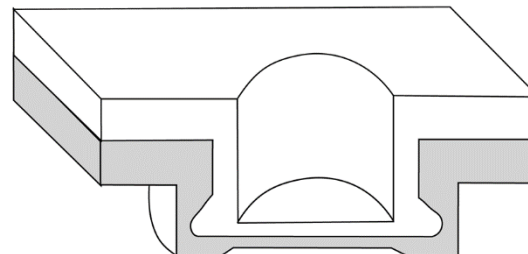
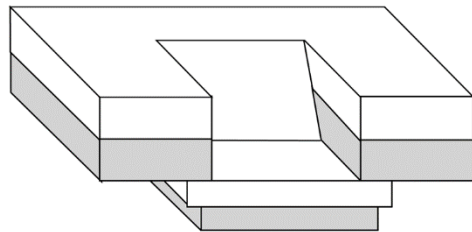
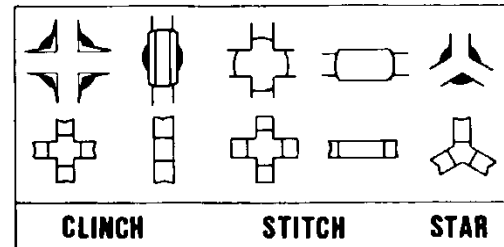
Työkalumuodot **Shapes of tools**



Eckold GmbH



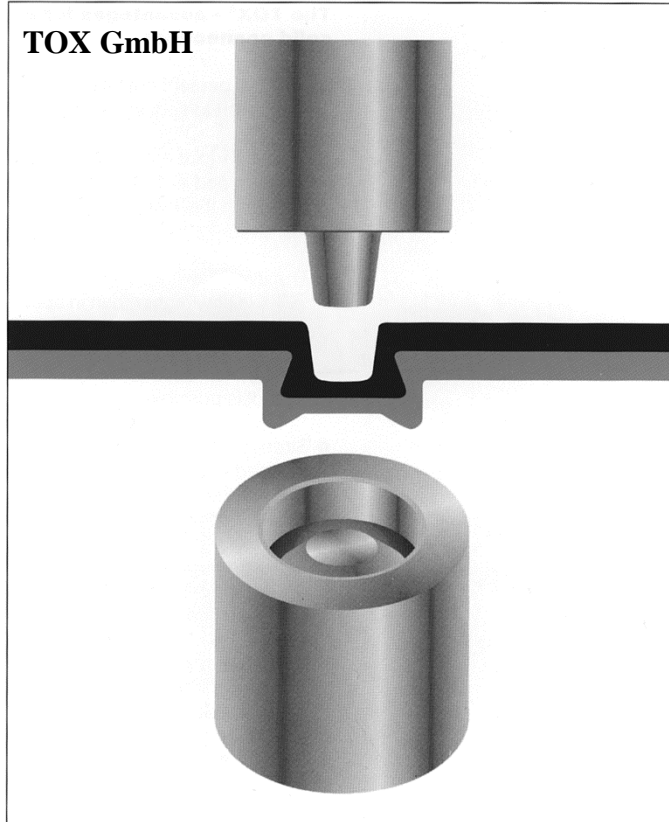
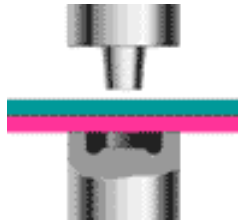
Attexor S.A.



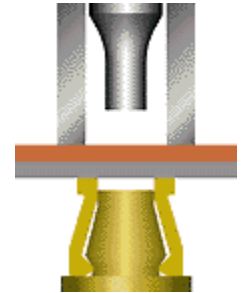
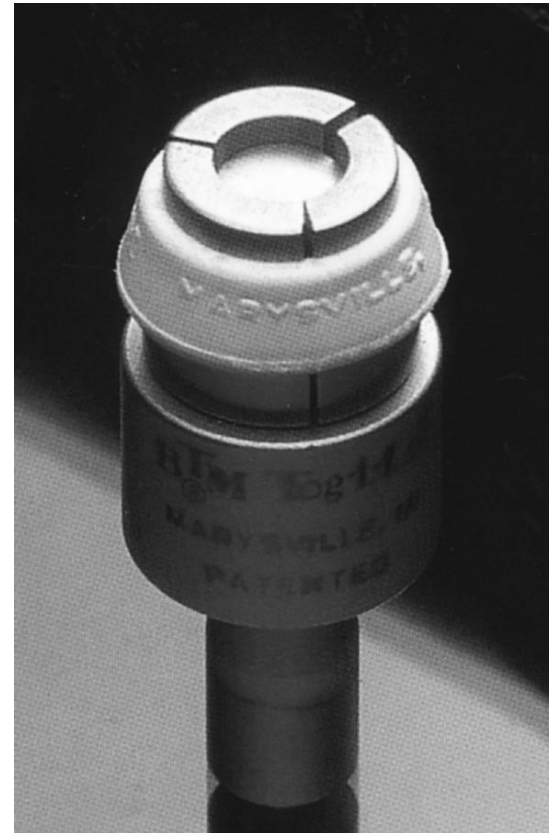
Attexor S.A.

Kiinteä tyyny / aukeava tyyny

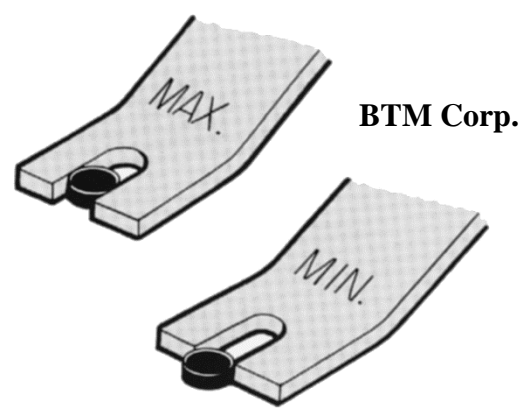
Fixed Die / Openable Die



BTM Corp.

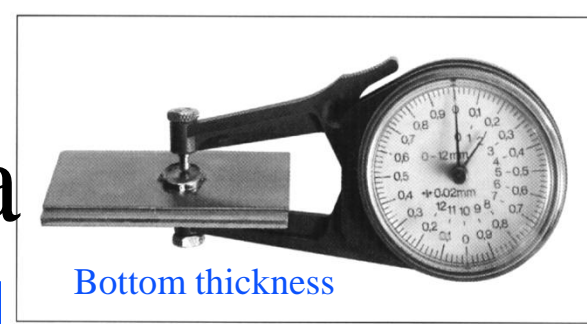


Norlock
Tech. Inc.



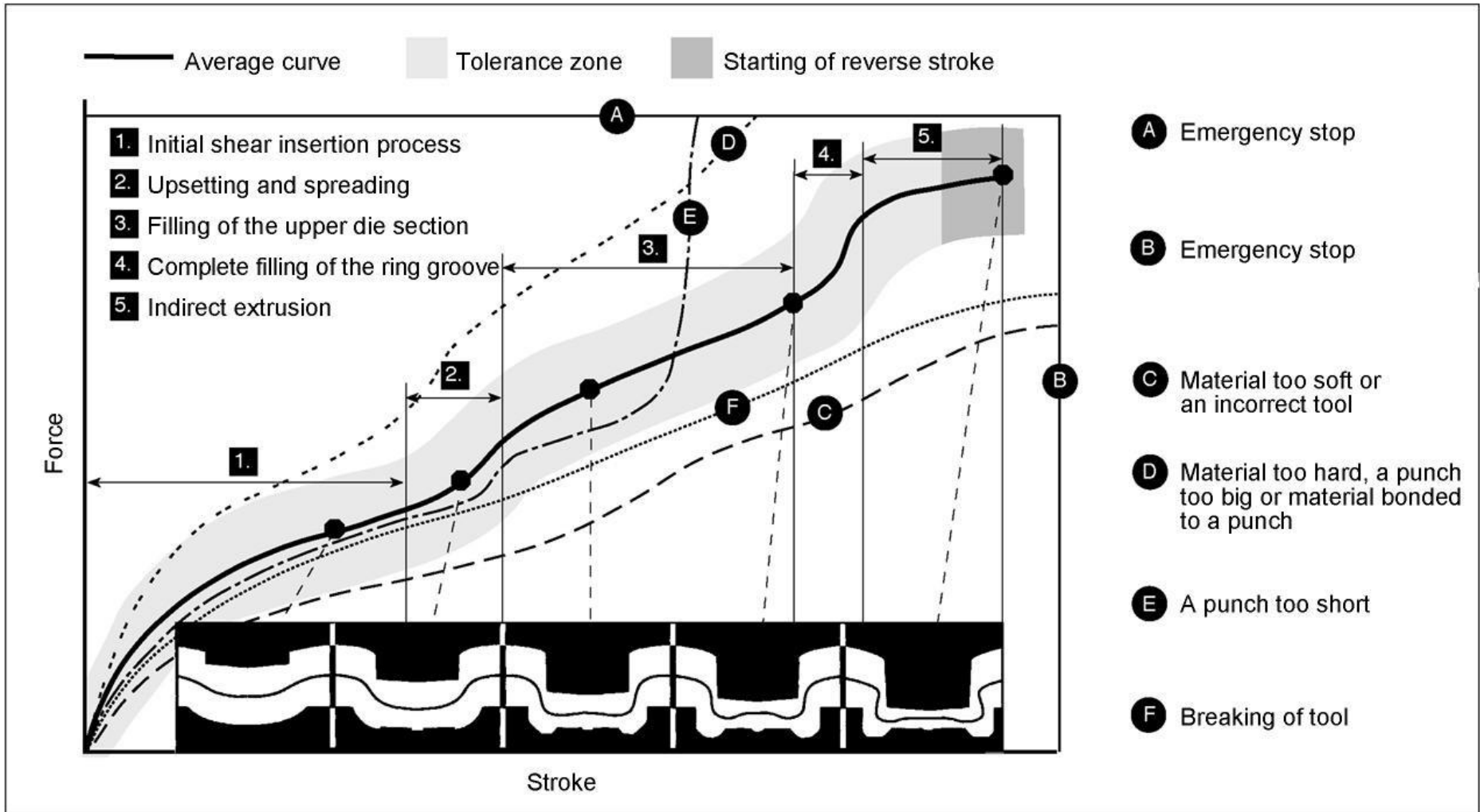
BTM Corp.

Laadunvalvonta Quality Control



TOX GmbH

- Manuaalinen ja silmämääräinen
- **Manual / Visual**
 - nystyn halkaisijan mittaus “min-max”-tulkillä (using a min-max device)
 - liitoksen pohjan paksuuden mittaus (measuring the thickness of the joint bottom) (+/- 15 %)
 - tyynyn kulumisen seurantaan kulumismerkit
- Automaattinen / **Automated on-line system**
 - reaaliaikainen prosessin valvonta tietokoneella
- Luotettavin lujuustieto saadaan rikkovilla kokeilla (**Destructive tests are the most reliable**)



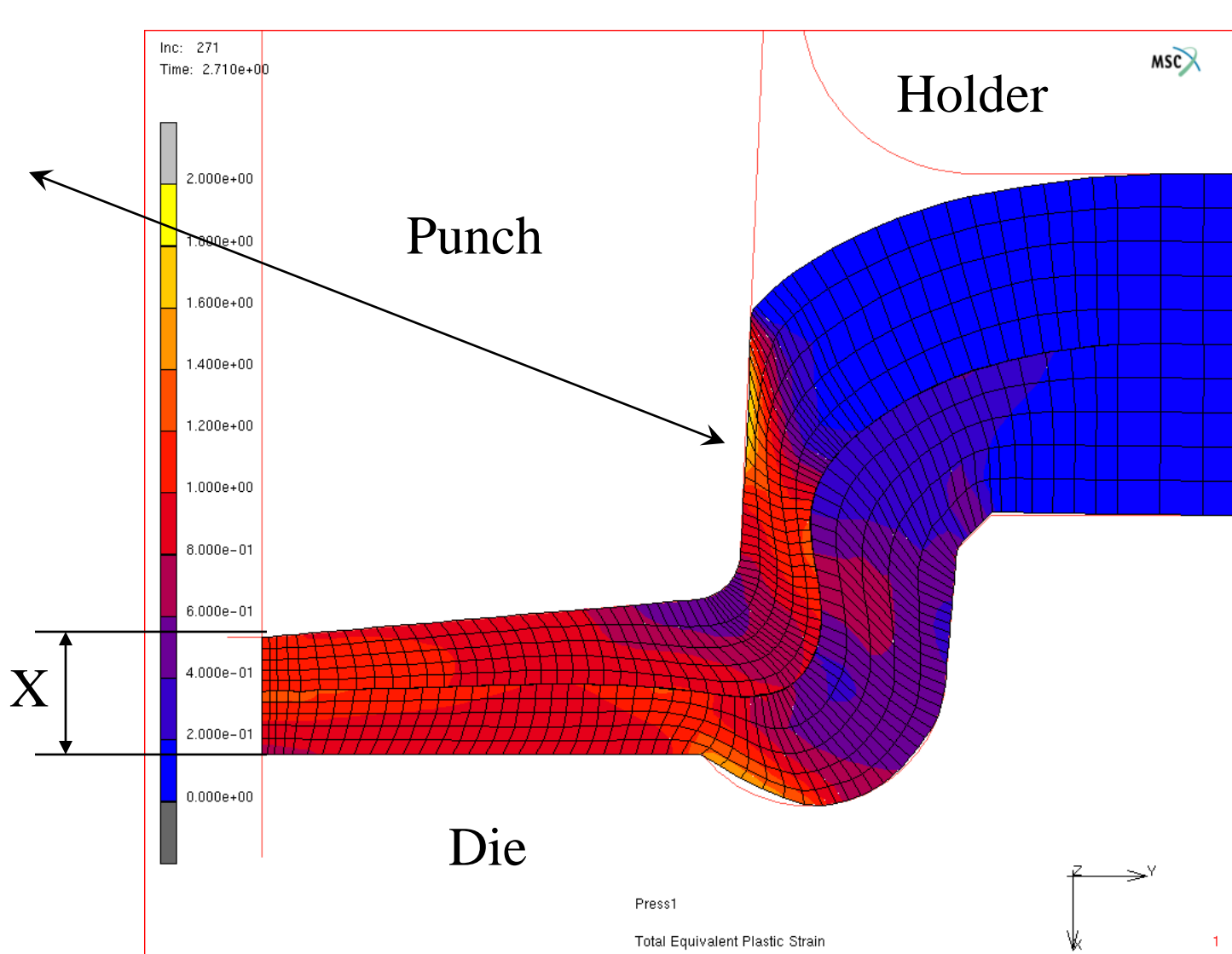
Prosessin hallinta

Controlling of the process

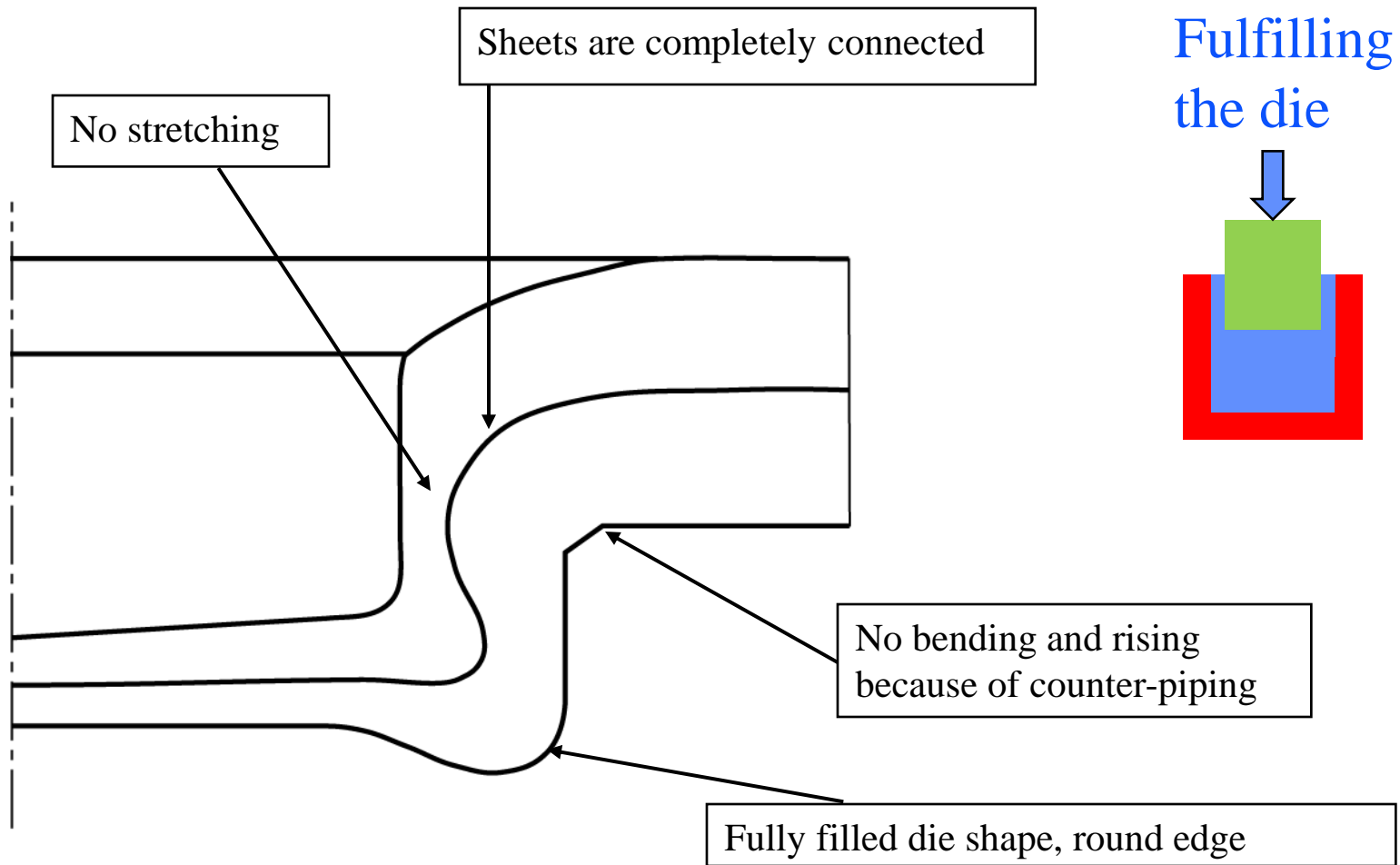
- Liittämiseen vaikuttavia parametreja:
 - Materiaaliparametrit (**Material parameters**)
 - liitettävien levyjen materiaalit, paksuudet ja pinnoitteet (**Materials, thickness, coatings**)
 - Työkaluparametrit (**Tooling parameters**)
 - pistimen halkaisija, pituus ja palautusvoima, tyynyn halkaisija ja syvyys (**Sizes of punch and die**)
 - pistimen leveys ja pituus, tyynyn leveys ja syvyys, pistimen särmien pyöristys
 - Prosessiparametrit (**Process parameters**)
 - liitoksen pohjan paksuus (**X-mitta/Measure X**)

Similar to

FEM used for analyzing material flow



An ideal joint



“Nyrkkisäännöt”

Rules on thumbs

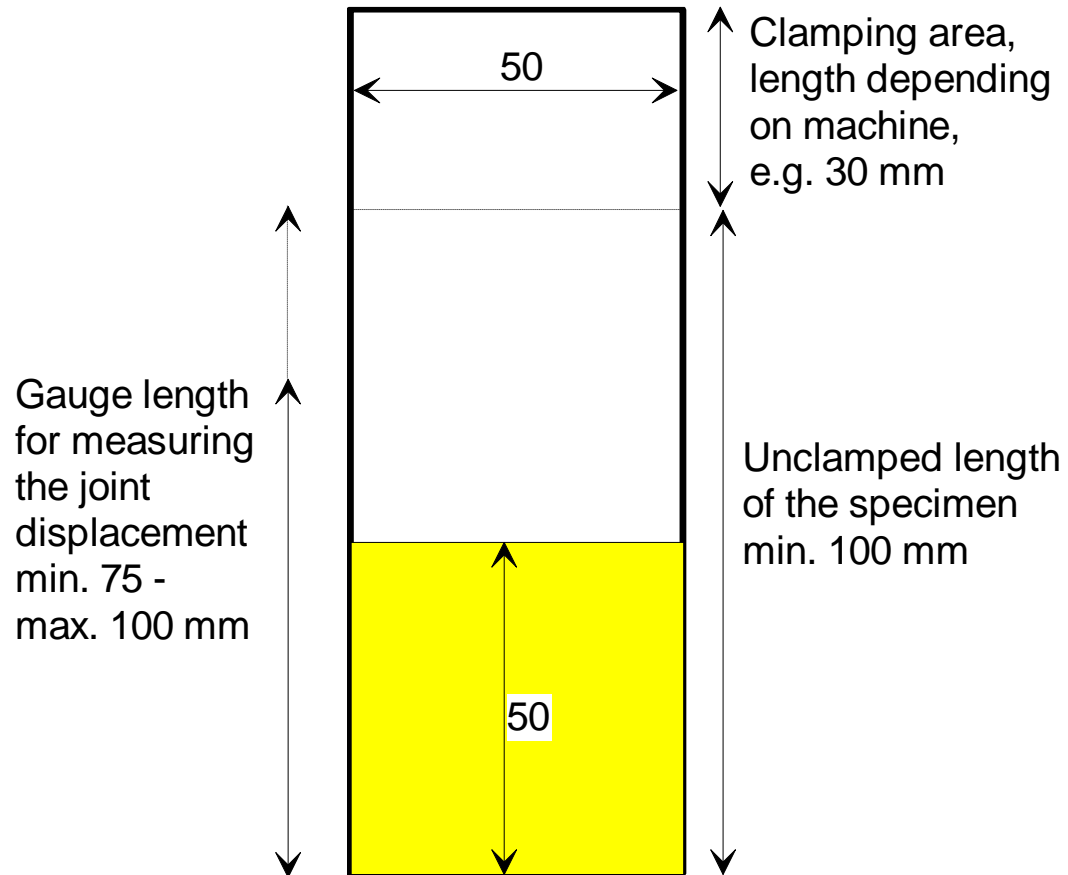
- paksuin levy tulee sijoittaa pistimen puolelle
- (Set the thickest material on punch side)
- mikäli levyjen lujuus on erilainen, lujin levy tulee sijoittaa pistimen puolelle
- (Set the hardest material on punch side)
- jos liitetään kolmea levyä, keskimmäisen levyn tulee olla muita ohuempi
- (In case of three sheets, set the thinnest one into the middle)
- liitoksen lujuus riippuu suoraan liitospisteen koosta
- (The strength of the joint is depending much on the size of joint)


Liitoksen testaus

Testing of the joint

- laadittu testausohjelmia ja specifioitu testikappaleita
- Couple of standards can be found
- autotehtaat erityisen pitkällä testaus- ja normitustyössä
- Car industry has their own systems and procedures
- rakennusteollisuus pyrkii yhdenmukaistamaan toimintatapoja ja ohjeistusta

Standard test for single-point fastener connections,
AS/NZS 4600:1996

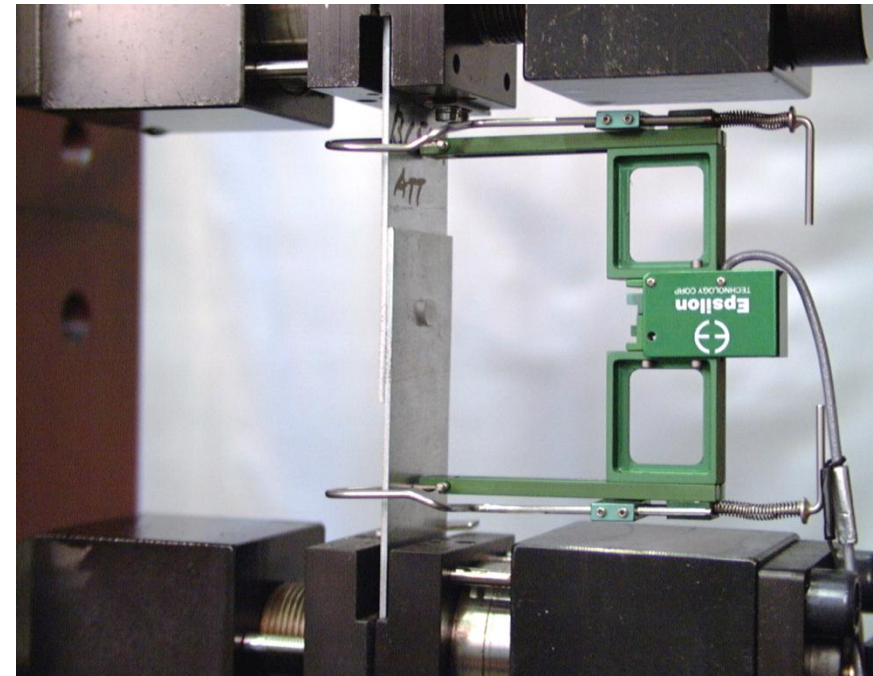


 = overlap, joint in the middle



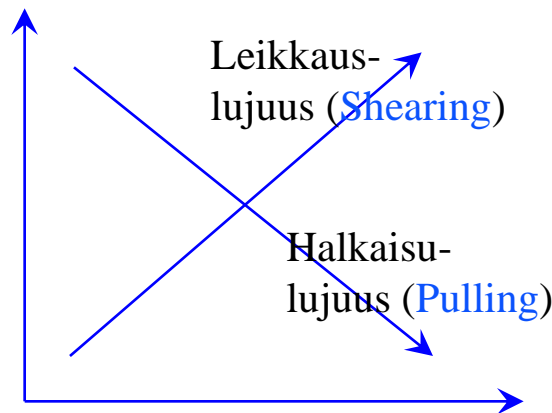
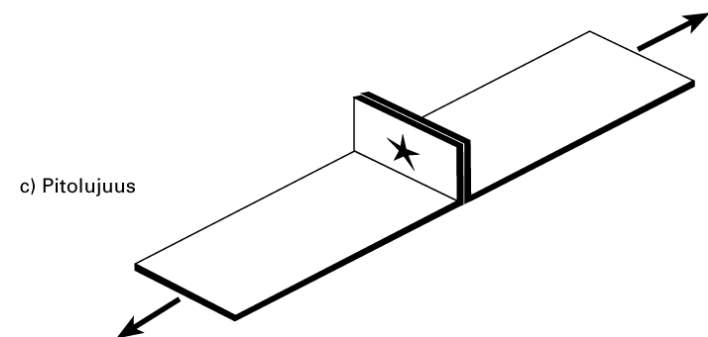
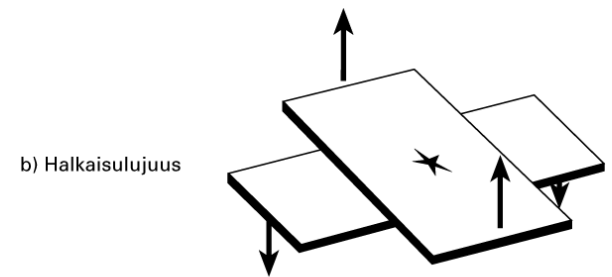
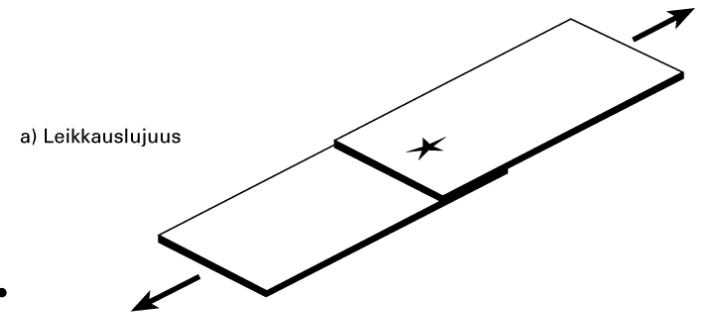
Interface 1210AF –Force sensor,
max. 50 kN

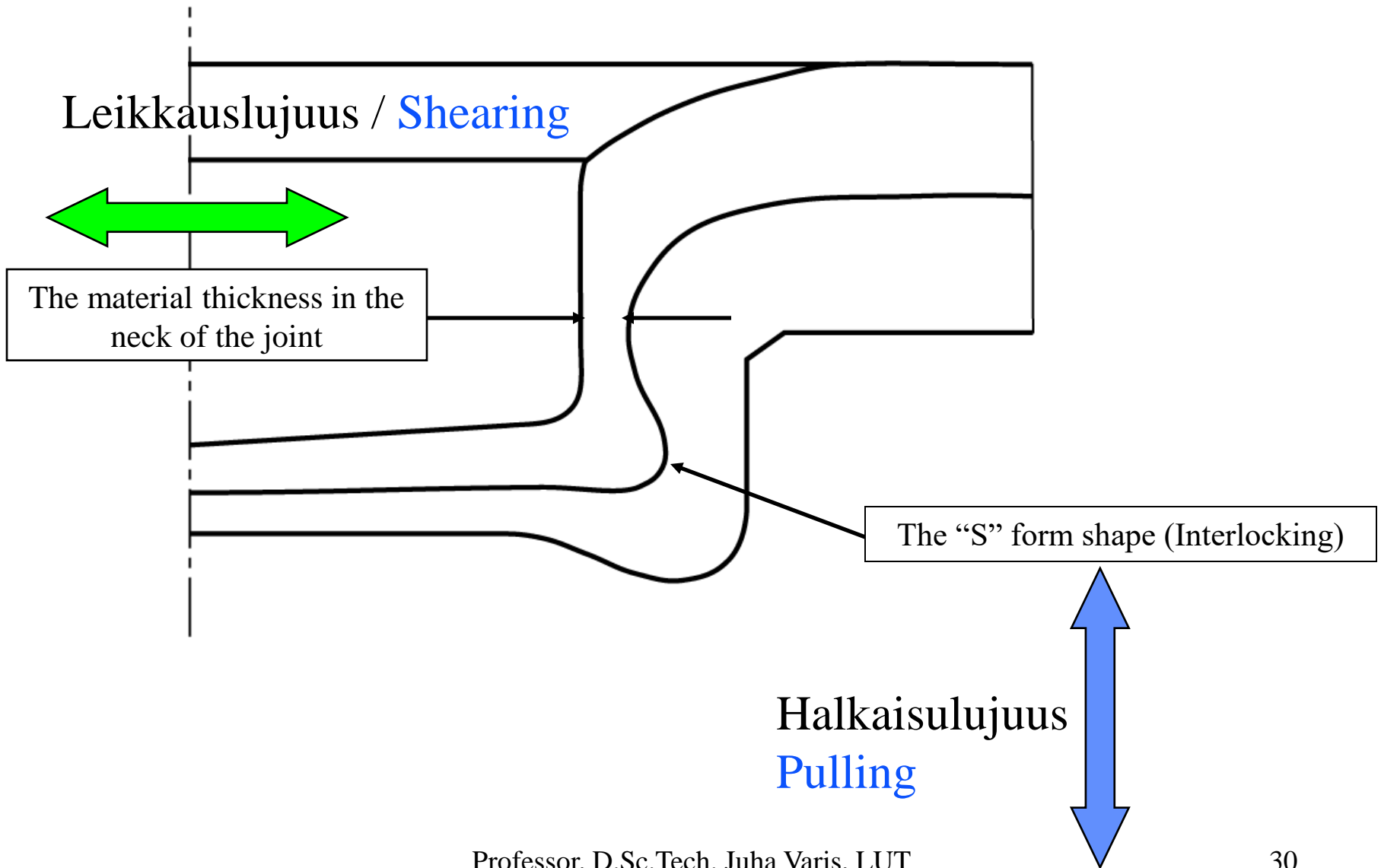
Epsilon 3542-100M-015-ST –
ekstensometer



Liitoksen lujuus / The strength of the joint

- Mikä on vaadittu lujuus ?
- What is the required force?
- Kokeellisesti voidaan määrittää:
 - staattinen lujuus (static strength)
 - dynaaminen lujuus (dynamic str.)
- ja liitoksen:
 - Leikkauslujuus
 - Shearing (a)
 - Halkaisulujuus
 - Pulling (b)
 - Pitolujuus
 - Tearing (c)





Liitoksen murtumismekanismit

Breakage of the joint

- A) Pistimen puoleinen levy irtoaa tyynyn puoleiseen levyyn muovaamastaan kuopasta kiinnipysymisestä huolehtivien olakkeiden liian suuren muodonmuutoksen seurauksena

Sheet on punch side deforms slightly and the connection will be lost, because of too less pressing force.

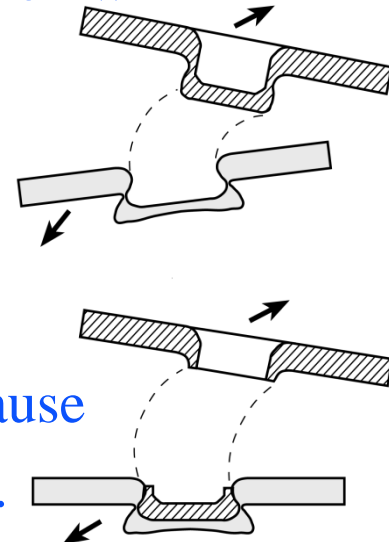
- syy: liian pieni puristusvoima

- B) Pistimenpuoleinen levy murtuu ohuimmaksi muovautuneesta kohdastaan

Sheet on punch side will be cut on the joint neck, because of too much pressing force, or unsuitable pair of tools.

- syyt: liian suuri puristusvoima, väärä työkalupari tai kulunut tyyny

- C) Edellisten yhdistelmä / Combination of A and B.



Automatisointi

Automation of process

- menetelmän yksinkertaisuus on suuri etu
- robotisointi mahdollista
 - sovellusten taso vaihtelee suuresti
 - kaupallisesti saatavia
- paljon ratkaistavia yksityiskohtia
- kappaleiden joustava automaattinen käsittely toteutuksen kulmakivenä
- Even the process is simple, there are plenty of details to be considered. Commercial solutions are available. The main challenges are related to manipulating of joined pieces.

Liitoksen suunnittelu

Designing of the clinched joint

- liitoskohtaan tulee päästä kummaltakin puolelta (työkalu C-runkoinen)
- Because of C-frame style tool frame, the joint much be reachable on both sides
- liitoksen tyyppi päällekkäis- eli limiliitos
- Overlapping required
- liitoskohdassa tulee olla riittävästi tilaa työkalulle
- Enough space for set of tooling required
- liitoskohtaan jää kuoppa ja nysty
- The joint will be visible
- menetelmän vaihtaminen edellyttää lähes aina muutoksia konstruktion
- Changing the joining method requires redesigning

C 450 AMG 4MATIC T-Modell

C 450 AMG 4MATIC T-Modell

Zylinderanordnung/-anzahl	V6
Hubraum (cm ³)	2.996
Nennleistung (kW (PS))	270 (367)
Nenn Drehmoment (max. Nm)	520
Beschleunigung 0-100 km/h (s)	5,0
Höchstgeschwindigkeit (km/h)	250
Grundpreis ausgestelltes Fahrzeug	61.642,00
oder mtl. Leasingrate	479,00

C 450 AMG 4MATIC T-Modell

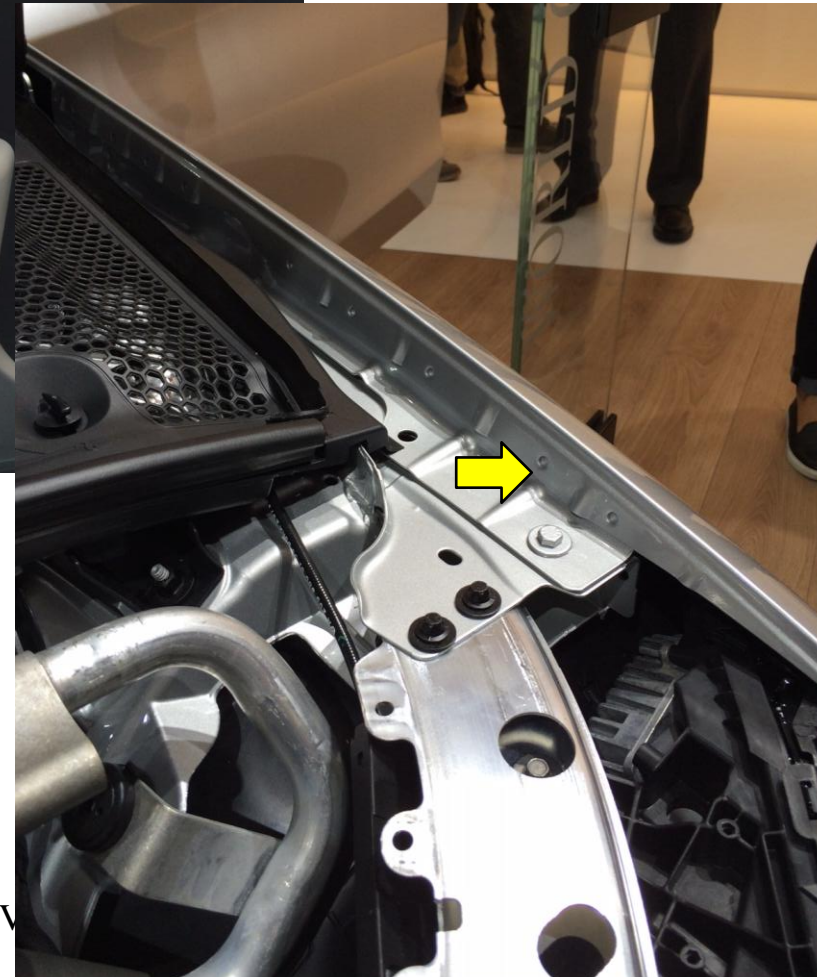
English



C 450 AMG 4MATIC T-Modell

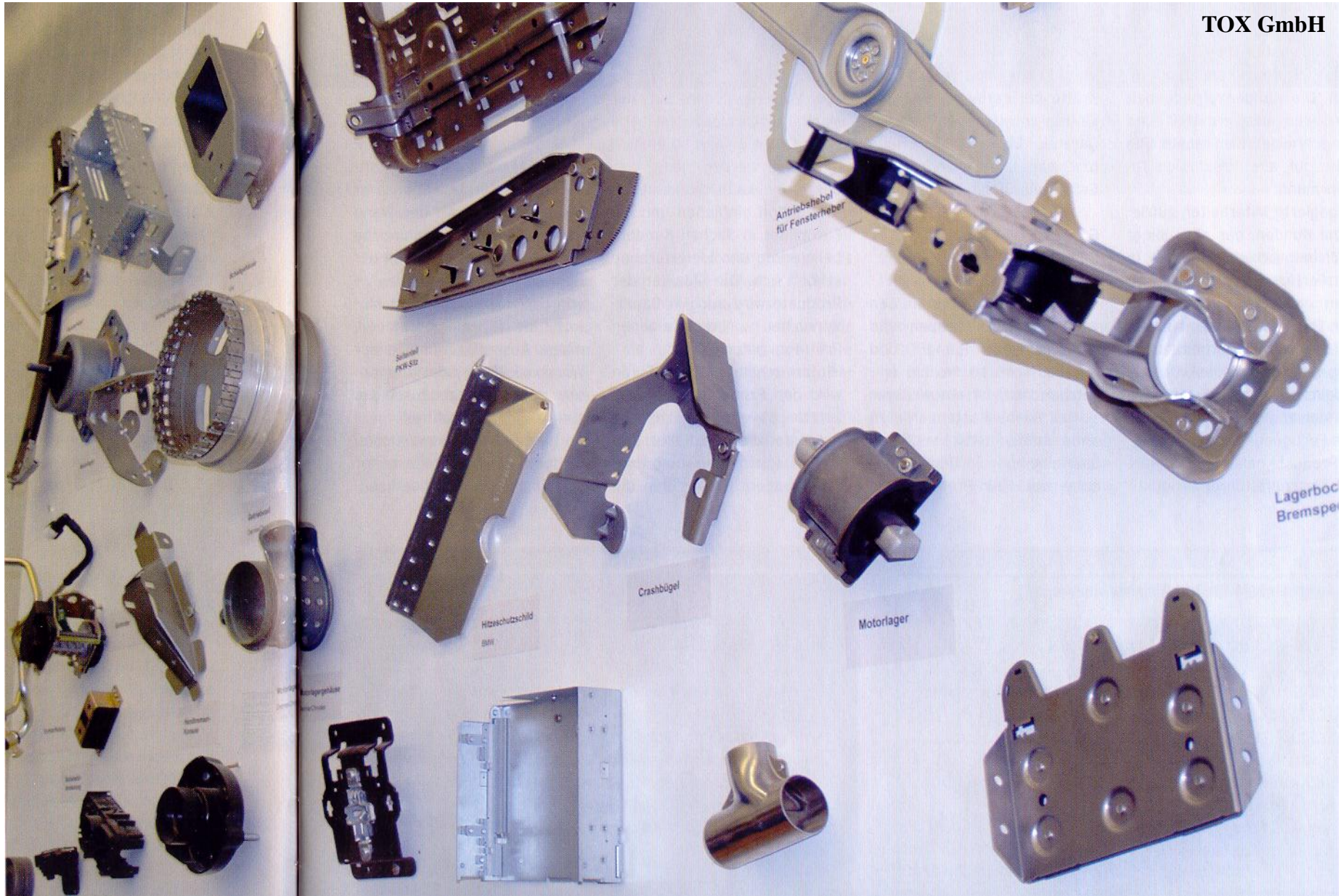


66. IAA Frankfurt am
Main Car Show, 2015



Käyttökohteita autoteollisuudessa / Applications from car industry

TOX GmbH



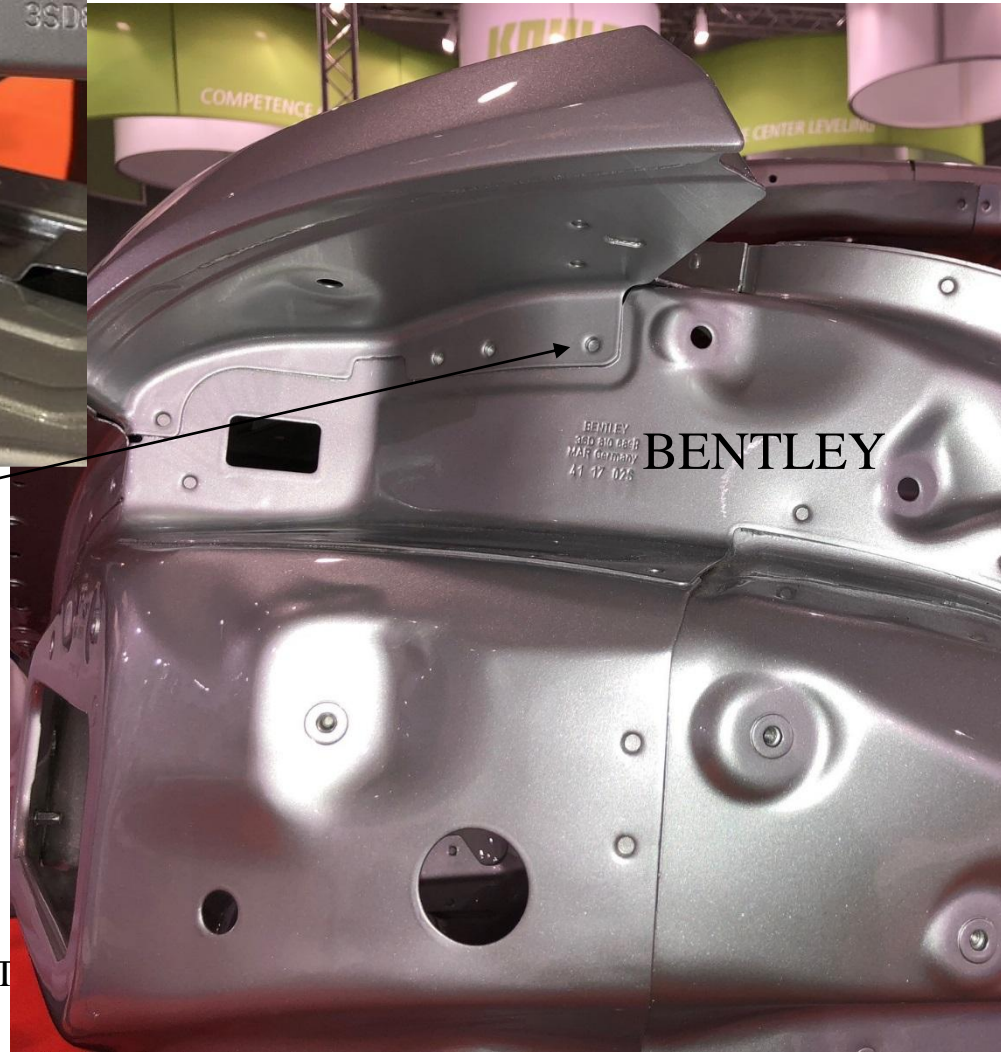


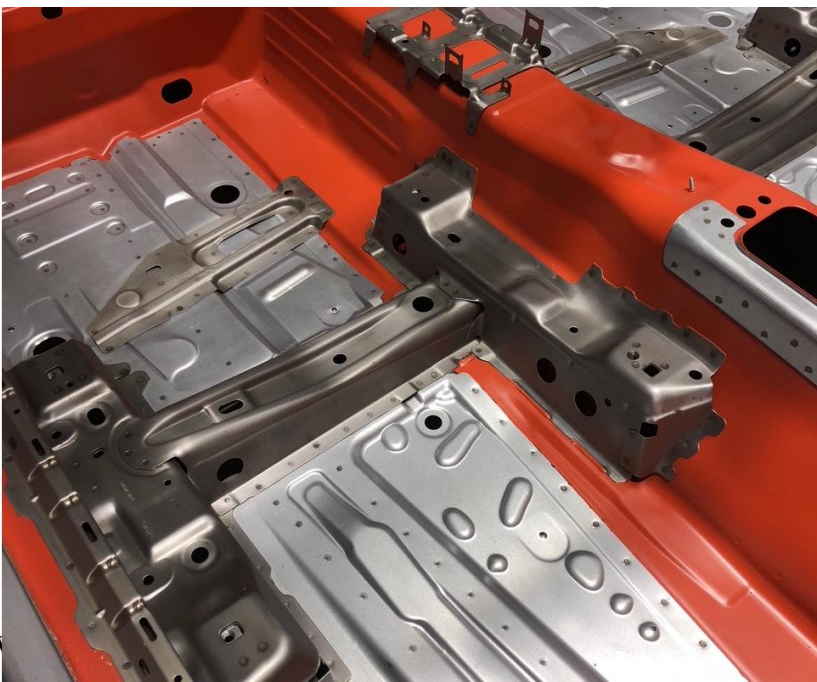
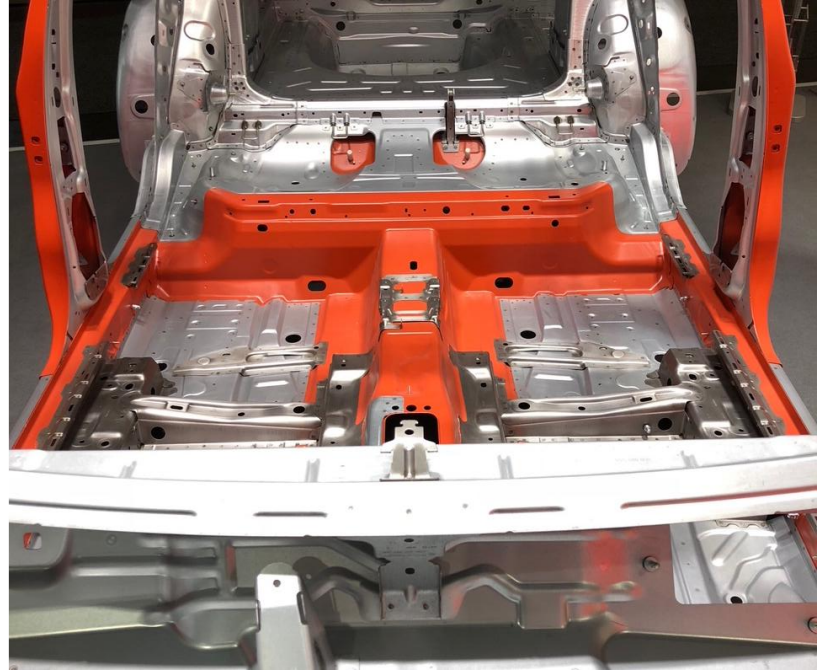
All sheet metal components are more or less formed, many joining technics are used

Clinching

...to be continued on the next slide

Professor, D.Sc.T





Kansainvälistä terminologiaa

Nomenclature

- Clinching (Brit)
- Press-joining (Am)
- Durchsetzfügen, Clinching, Druckfügen (D)
- Stuknitning, Clinching, Sammanfogning (S)
- Clinchage (Fr)