

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

**Návrh technologie TOX Clinching pro spoj
dle požadavku zákazníka**

**Design of TOX Clinching Technology According
to Customer Requested Joint Parameters**

Student:

Ing. Martin Diviš

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Ing. Martin Diviš**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh technologie TOX Clinching pro spoj dle požadavku zákazníka
Design of TOX Clinching Technology According to Customer
Requested Joint Parameters**
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte teoretický rozbor technologie TOX, nutné a omezující parametry.
2. Posuďte zákaznický požadavek a stanovte nutné podmínky funkčnosti tvářeného spoje.
3. Navrhnete konstrukční řešení tvářecího nástroje a technologické parametry lisovacího zařízení.
4. Vyhodnoťte dosahované parametry experimentálních vzorků.

Seznam doporučené odborné literatury:

BOLJANOVIC, V. *Sheet Metal Forming Processes and Die Design*. 1.st. ed. New York: Industrial Press, 2004. 219 p. ISBN 0-8311-3182-9."

BACA, J., BÍLIK J., TITTEL V. *Technológia tvárnenia*. 1. vyd. Bratislava: Edícia vysokoškolských učebníc, 2010. 245 s. ISBN 978-80-227-3242-0.

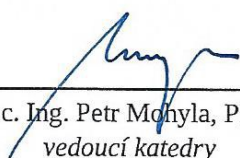
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.**


Datum zadání: 12.12.2014

Datum odevzdání: 16.05.2016





doc. Ing. Petr Mchyla, Ph.D.
vedoucí katedry

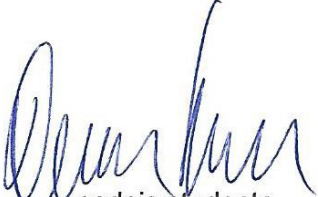


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 15.4.2016



podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užití díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užití své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 15.4.2016



Podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Adresa trvalého pobytu:

Ing. Martin Diviš

Bohdíkov 185, 789 64

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

DIVIŠ, M. *Návrh technologie TOX Clinching pro spoj dle požadavku zákazníka.: bakalářská práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2016, 43 s. Vedoucí práce: Hrubý, J.

Bakalářská práce se zabývá návrhem technologie TOX Clinching podle konkrétního požadavku zákazníka. Hlavním cílem navržené technologie je splnit požadavek elektrické vodivosti spoje. Spoj je proveden ze dvou plechů. První, pozinkovaný tloušťky 1,5 mm, je zalisován do druhého, nalakovaného tloušťky 1,2 mm. Úvodem je proveden teoretický rozbor, popis technologie TOX a používaných nástrojů, jsou uvedeny nutné a omezující parametry na spoj a jeho kontrolu. V krátkosti je představena firma TOX Pressotechnik. Následuje popis postupu vlastní práce, použitých nástrojů a přístrojů, dosažených výsledků včetně odzkoušení nástrojů, návrh konstrukce nástrojů a technologických parametrů zařízení. V závěru je uvedeno zhodnocení dosažených výsledků.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

DIVIŠ, M. *Design of TOX Clinching Technology According to Customer Requested Joint Parameters: Bachelor Thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2016, 43 p. Thesis head: Hrubý, J.

Bachelor's thesis deals with technology TOX clinching according to specific customer requirements. The main objective of the proposed technology is to fulfill the requirement of electrical conductivity connections. The joint is made of two sheets. The first one, galvanized 1.5 mm thick, is pressed into the second one, lacquered 1.2 mm thick. As a preliminary theoretical analysis and description of the technology TOX and used tools are given necessary and restrictive parameters on the joint and its control. In short, the company introduced TOX PRESSOTECHNIK. The explanation of their own work, hand tools and instruments, achievements including testing tools, design tool design and technological parameters. In conclusion stated evaluation of the results.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ.....	1
ÚVOD.....	2
1. SPOLEČNOST TOX [®] PRESSOTECHNIK.....	3
1.1 Historie TOX [®] Pressotechnik	3
1.2. Produkty	4
2. TEORIE POUŽITÝCH TECHNOLOGIÍ	5
2.1 Teoretický úvod	5
2.1.1 Základní pojmy.....	5
2.1.2 Veličiny používané při tváření	6
2.1.3 Základní mechanismy plastické deformace.....	7
2.1.4 Termomechanické podmínky tváření	9
2.1.5 Elektrický odpor	12
2.1.6 Ochrana před úrazem elektrickým proudem	12
3 TECHNOLOGIE TOX [®] CLINCHING	13
3.1 Historie	13
3.2 Princip metody	14
3.3 Používaný materiál.....	16
3.4 Tvářecí nástroje a stroje	18
3.5 Vlastnosti a požadavky spojení TOX [®] Clinching.....	21
4 CÍL A METODIKA PRÁCE	23
4.1 Cíl práce	23
4.2 Metodika	24
4.2.1 Plán práce	24
4.2.2 Zkušební materiál	24
4.2.3 Zákaznický požadavek	25
4.3 Použité přístroje	26
5 NÁVRH NÁSTROJŮ A PARAMETRŮ TOX [®] CLINCHING	29

5.1 Výchozí stav	29
5.2 Zkoušky nástrojů	31
6 VÝSLEDKY	35
7 ZÁVĚR	40
8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	41
SEZNAM OBRÁZKŮ	42
SEZNAM TABULEK	43

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

C	[MPa]	- součinitel pevnosti
F_{id}	[N]	- ideální tvářecí síla
F_{max}	[N]	- maximální hodnota síly pevnostní zkoušky v tahu
F_{sk}	[N]	- skutečná tvářecí síla
F_t	[N]	- tečná síla
I	[A]	- elektrický proud
l_0	[mm]	- počáteční délka, před deformací
l_1	[mm]	- konečná délka, po deformaci
n	[-]	- exponent deformačního zpevnění
p	[MPa]	- tvářecí tlak
R	[Ω]	- elektrický odpor
R_e	[MPa]	- napětí na mezi kluzu
R_{eH}	[MPa]	- horní mez kluzu
R_{eL}	[MPa]	- dolní mez kluzu
R_m	[MPa]	- napětí na mezi pevnosti
S	[mm ²]	- plocha průřezu
SAP		- software pro plánování podnikových zdrojů
SKB		- typ matrice s pohyblivými elementy
T_{tav}	[°C]	- teplota tavení materiálu
U	[V]	- elektrické napětí
v	[ms ⁻¹]	- rychlost
\bar{x}	[μ m]	- aritmetický průměr
σ_d	[MPa]	- deformační odpor
σ_p	[MPa]	- přirozený deformační odpor
$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$	[MPa] -	- složky normálového napětí
ϵ_l	[%]	- poměrná délková deformace
ϕ_l	[-]	- logaritmičká délková deformace
\emptyset	[mm]	- průměr
τ_{KR}	[MPa]	- kritické smykové napětí
$\tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}$	[MPa]	- smykové napětí
Ω	[ohm]	- jednotka elektrického odporu

ÚVOD

*„Žádné množství pokusů nikdy nemůže dokázat, že jsem měl pravdu.
Jediný pokus však kdykoliv může dokázat, že jsem se mýlil.“*

Albert Einstein (1879 –1955) [1]

S technologiemi spojování materiálů stejných nebo i různých vlastností, se setkáváme v každodenním životě na každém kroku. Ke spojování tvářitelných materiálů se již delší dobu ve strojírenském průmyslu úspěšně používá technologie Clinching (klinčování). Tato práce vychází z použití metody spojování ocelových plechů za studena technologií klinčování firmy TOX[®]-Pressotechnik označovanou jako TOX[®]-Clinching

Cílem práce je navrhnout technologii TOX[®]-Clinching pro spoj podle konkrétního požadavku zákazníka. Zákaznický požadavek je návrh nového spoje, který doplní již používané spoje ve výrobě. Navržená technologie musí zajistit vodivost elektrického proudu spojem, protože současné provádění spoje je vzhledem k povrchové úpravě materiálu elektricky nevodivé.

Práce obsahuje teoretický rozbor procesu tváření a část s popisem technologie TOX[®]-Clinching a návrhem řešení spoje. Dále jsou zde uvedeny výstupy z praktických zkoušek a výsledky z laboratoře. V závěru je proveden návrh nástrojů a technologických parametrů pro navrženou technologii a celkové zhodnocení.

1. SPOLEČNOST TOX[®] PRESSOTECHNIK

1.1 Historie TOX[®] Pressotechnik

Společnost TOX[®]-Pressotechnik byla založena roku 1978 panem Eugenem Raapem. Hlavní sídlo společnosti je v Německém Weingartenu, viz Obr. 1, kde zaměstnává přes 400 pracovníků, tento závod je v současné době podstatně stavebně rozšiřován o další konstrukční, vývojové, výrobní a obslužné prostory. Ve svých 18 dceřiných společnostech po celém světě má firma více než 1000 spolupracovníků. Nejvýznamnější dceřiné pobočky jsou v Číně, Indii, Brazílii, USA a Polsku. [2]



Obr. 1 Tox[®] - Pressotechnik – centrála Weingarten [3]

1.2. Produkty

TOX[®]-Pressotechnik je firmou specializující se na oblasti technologie spojování plechů a kompetentním partnerem pro řešení celých projektů „z jedné ruky“.

Produkty společnosti jsou v převážné většině nástroje pro technologie spojování metodou klinčování, pneumohydraulické válce TOX[®]-Kraftpaket, servopohony TOX[®]-ElektricDrive, ruční a robotické kleště, mnoho typů lisů pro všestranné použití a samozřejmě je i monitoring lisovacích procesů.

Jejími zákazníky jsou významné firmy z oblasti automobilů, bílého domácího zboží, elektro průmyslu, stavebnictví a mnoha dalších oblastí. Přehled sortimentu viz Obr. 2.



Obr. 2 Produktový program

2. TEORIE POUŽITÝCH TECHNOLOGIÍ

V této kapitole jsou uvedeny základní pojmy, které budou v bakalářské práci použity.

2.1 Teoretický úvod

2.1.1 Základní pojmy

Jednou z nejdůležitějších skupin procesů ve výrobě je plastická deformace.

Tato skupina zahrnuje kování, válcování, vytlačování, hluboké tažení a všechny plošné tvářecí procesy. [4]

Deformace – změna tvaru tělesa způsobená vnějšími silami. [5]

Deformační schopnost – je schopnost tuhých těles měnit tvar a rozměry pod vlivem účinku působení vnějších sil pomocí tvářecího nástroje. Vztahuje se na celkové přetvoření, tj. pružné i plastické přetvoření nebo deformaci. [5]

Tváření – zpracování materiálu velkými plastickými deformacemi (trvalá změna tvaru a rozměrů tělesa účinkem vnějších sil pomocí tvářecího nástroje a stroje). [6]

– vyvolání stavu napjatosti nad mezí kluzu materiálu (vzniká tak trvalá deformace požadovaného směru a velikosti bez porušení tvářeného materiálu). [6]

– vhodné především pro plastické materiály (umožňují trvalou deformaci bez porušení). [6]

Tvářitelnost (plasticita) – velikost plastického přetvoření materiálu do porušení v ideálních (domluvených) podmínkách. [5]

Technologická tvářitelnost – schopnost materiálu trvale měnit tvar a rozměry pod vlivem účinku působení vnějších sil bez porušení soudržnosti v konkrétních technologických podmínkách. Jedná se o komplexní charakteristiku materiálu z hlediska tváření. [5]

Tvářitelnost kovových materiálů zahrnuje dvě stránky:

- geometrickou – vyjadřuje vlastní dosaženou změnu tvaru a rozměru
- silovou – vyjadřuje velikost napětí potřebného pro vyvolání a průběh plastického přetvoření. Za silovou stránku technologické tvářitelnosti můžeme považovat tvářecí sílu nebo technologický deformační (přetvárný) odpor. [5]

2.1.2 Veličiny používané při tváření

Napětí – je vnitřní síla v zatíženém tělese vztažená na jednotku průřezu. [5]

Rozeznáváme:

- normálové napětí $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ [MPa]
- smykové napětí $\tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}$ [MPa]

Mez kluzu (plasticity) R_e [MPa] – je normálové napětí, při kterém začíná výrazná trvalá změna tvaru tělesa zatíženého jednoosým napětím. [5]

Přirozený deformační odpor σ_p [MPa] – skutečné normálové napětí, bez pasivních odporů potřebné pro vyvolání případně průběh plastického přetvoření v materiálu při jednoosém zatížení. Je to vlastně odpor, který klade materiál proti přetvoření v ideálních (domluvených) podmínkách. Při daném složení, struktuře a stavu materiálu závisí na teplotě, rychlosti přetvoření a velikosti přetvoření. Přirozený deformační odpor se určuje z křivek přetvárné pevnosti (křivky přirozených deformačních odporů). [5]

Deformační odpor σ_d [MPa] – je odpor, který klade materiál proti přetvoření při tváření v konkrétních technologických podmínkách. Jeho velikost je dána přirozeným deformačním odporem tvářeného materiálu, stavem napjatosti a vnějším třením. [5]

Tvářecí tlak – je tlak na čelní plochu nástroje, vyvolaný přetvárným odporem výtvarku. Na styčné ploše platí:

$$p = \sigma_d \text{ [MPa]} \quad (2.1) \text{ [5]}$$

Tvářecí síla – vnější zatížení působící prostřednictvím nástroje na výtvarok

- ideální tvářecí síla $F_{id} = \sigma_{ps} \cdot S$ [N] (2.2) [5]

- skutečná tvářecí síla $F_{sk} = \sigma_{ds} \cdot S$ [N] (2.3) [5]

Přetvoření – úmyslná změna tvaru dosažená tvářením

– absolutní – rozměru – délky: $\Delta l = l_1 - l_0$ [mm] (2.4) [5]

– poměrné – rozměru – při prodloužení: $\varepsilon_l = \frac{l_0 - l_1}{l_0} * 100$ [%] (2.5) [6]

– logaritmická – rozměru – délky: $\varphi_l = \ln \frac{l_1}{l_0}$ [-] (2.6) [6]

2.1.3 Základní mechanismy plastické deformace

1. Kluz
2. Dvojčatění
3. Difúze

1. Kluz:

– základní mechanismus plastické deformace, viz Obr. 3

– kluzový systém je určen rovinou kluzu a směrem kluzu

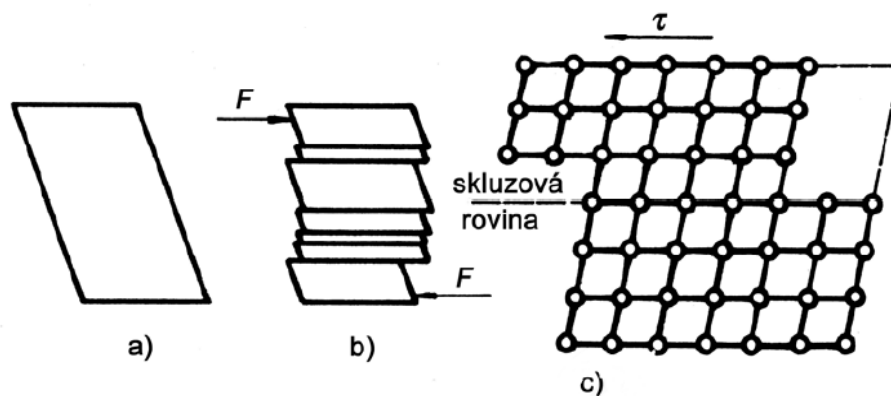
– velikost posuvu je celočíselným násobkem nejmenší mřížkové vzdálenosti

– napětí potřebné ke kluzu – kritické smykové napětí

$$\tau_{KR} = \frac{F_t}{S} \text{ [MPa]} \quad (2.7) [6]$$

– *jednoduchý kluz (translační)* – vzniká v počátečním stádiu plastické deformace, probíhá podle jednoho systému kluzových čar

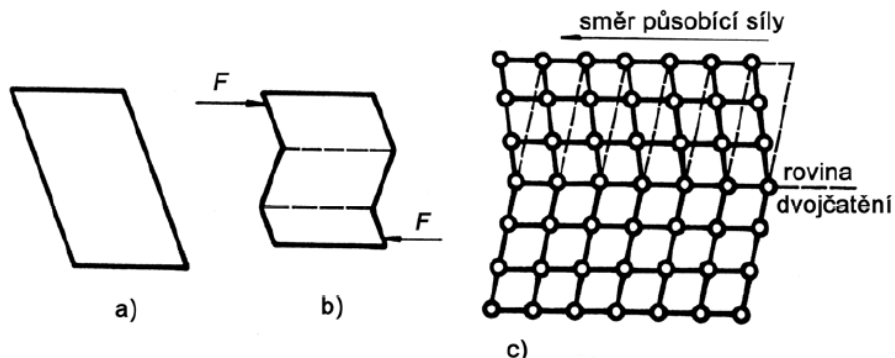
– *složitý kluz* – vzniká při dalším zatěžování, probíhá současně v několika kluzových systémech



Obr. 3 Plastická deformace kluzem [6]

2. Dvojčatění:

- vlivem vnějších sil se část krystalu symetricky pootočí kolem roviny dvojčatění a vytvoří zrcadlový obraz nedeformované části, viz Obr. 4
- deformace kovu při vzniku dvojčat nemůže být velká (vzniká značné zpevnění), další deformace se zpravidla děje kluzovým mechanismem



Obr. 4 Plastická deformace dvojčatěním [6]

3. Difúze:

- základní předpoklady jsou vysoká teplota a velmi malá deformační rychlost
- přemísťování atomů vlivem napětí do míst s energeticky výhodnějšími podmínkami

Deformační zpevnění

Plastická deformace za studena se uskutečňuje translačním kluzem v jednotlivých zrnech, kterého nositelé jsou pohyblivé dislokace. Následuje proces drobení a přizpůsobující se proces rotace a translace subzrn a potom zrn.

Vše, co brání pohybu dislokací, způsobuje zpevnění materiálu. Zpevnění se projevuje tím, že na pokračování plastického přetvoření je nutné zvyšovat napětí.

Velikost napětí potřebného pro proces tváření se určuje z křivek zpevnění nebo křivek přirozeného deformačního odporu, případně z křivek deformačních odporů.

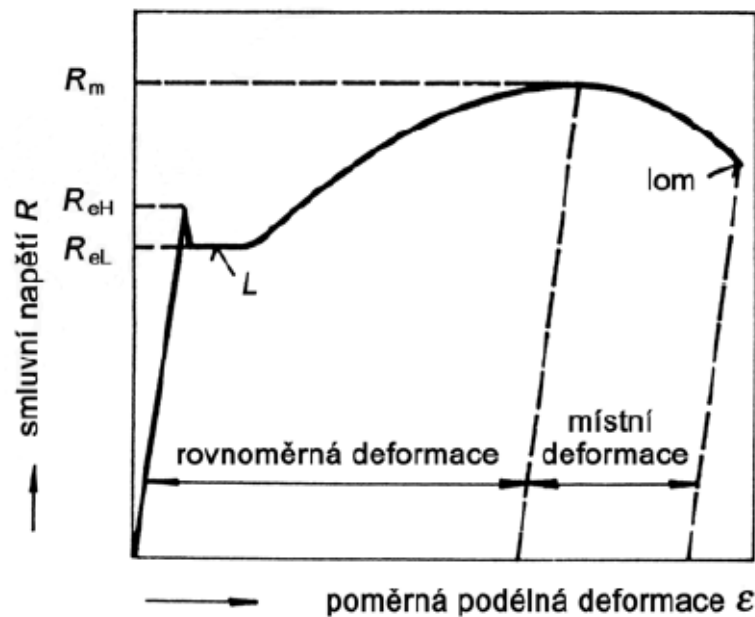
Na stupeň zpevnění má vliv stupeň přetvoření, rychlost přetvoření, teplota, tvar a rozměry tělesa, kvalita povrchových vrstev, tedy použitá technologie výroby.

Křivky zpevnění

- určují závislost mezi velikostmi napětí v tvářeném tělese a velikostmi deformace při jednoosém stavu napjatosti:

$$\sigma = C \cdot \varphi^n \text{ [MPa]} \quad (2.8) [6]$$

n – exponent deformačního zpevnění, vyjadřuje vhodnost plechu pro tváření vypínáním, čím je hodnota součinitele větší, tím je plech vhodnější pro hluboké tažení, jeho hodnota se zjišťuje tahovými zkouškami.



Obr. 5 Křivka zpevnění (tahový diagram měkké uhlíkové oceli) [6]

L – Lüdersova deformace, deformace bez růstu napětí, způsobuje viditelné kluzové čáry na povrchu vzorku.

2.1.4 Termomechanické podmínky tváření

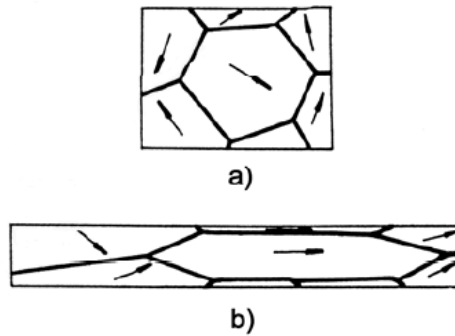
Mezi termomechanické podmínky tváření patří:

- 1) Teplota tváření
- 2) Rychlost tváření a rychlost přetvoření
- 3) Stav napjatosti
- 4) Velikost přetvoření

1) Teplota tváření

Tváření rozdělujeme podle teploty na:

- a) Tváření za studena – do teploty $0,3 T_{\text{tav}}$, v kovu vzniká zpevnění v závislosti na velikosti deformace a deformovaná struktura, viz Obr. 6

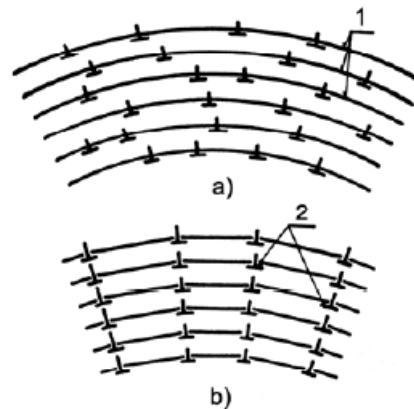


Obr. 6 Vznik textury při tváření za studena
(a - nedeformovaná zrna, b - deformovaná zrna) [6]

b) Tváření se zotavením – $(0,3 - 0,5) T_{tav}$, struktura je deformovaná. Mírný pokles pevnosti, zpevnění je nižší, zlepšení plasticity.

ZOTAVENÍ – při teplotě $(0,3 - 0,35) T_{tav}$ (uvolnění některých zachycených dislokací, změna jejich uspořádání bez snížení počtu).

POLYGONIZACE – nepravidelně rozložené dislokace po tváření za studena zaujmou místa v určitých liniích, viz Obr. 7

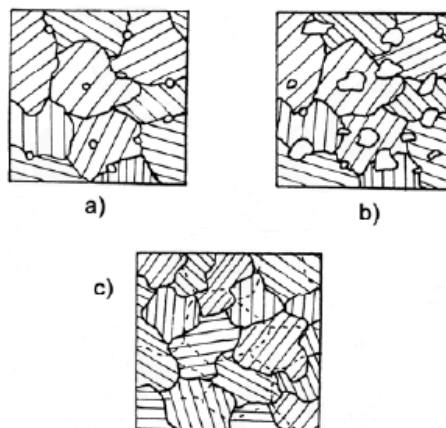


Obr. 7 Polygonizace v kovové mřížce deformované ohybem (a – nepravidelně rozložené dislokace po tváření za studena před polygonizací, b – umístění dislokací v určitých liniích po polygonizaci)

[6]

c) Tváření s částečnou rekrytalizací struktury – $(0,5 - 0,7) T_{tav}$, v materiálu jsou dvě struktury – rekrytalizovaná s rovnoměrnými zrny a deformovaná se zrny prodlouženými ve směru tváření

- d) Tváření za tepla s úplnou rekrystalizací – nad $0,7 T_{\text{tav}}$, rekrystalizace probíhá současně s tvářením, struktura má zrnitý vzhled, vzniká jen velmi malé zpevnění, viz Obr 8



Obr. 8 Proces úplné rekrystalizace struktury (a - nukleace, b - růst nových zrn, c - struktura kovu po rekrystalizaci) [6]

2) Rychlost tváření a rychlost přetvoření

Rychlost tváření se pohybuje v rozmezí:

- hydraulické lisy – $v = 0,025$ až $0,25 \text{ ms}^{-1}$
- mechanické lisy – $v = 0,3$ až $0,6 \text{ ms}^{-1}$
- buchary – $v = 6$ až 9 ms^{-1}
- vysokorychlostní buchary $v = 20$ až 40 ms^{-1}

Rychlost přetvoření představuje časovou změnu přetvoření, tj. velikost přetvoření za jednotku času. Pokud rychlost přetvoření překročí 10^3 s^{-1} mluvíme o vysokorychlostním přetvoření.

Se zvyšováním rychlosti přetvoření roste deformační odpor materiálu a zvyšuje se tvářitelnost.

3) Stav napjatosti

Výrazně ovlivňuje tvářitelnost materiálu. Nejvhodnější je, když převažují nebo se vyskytují pouze tlaková napětí.

4) Velikost přetvoření

Je dána tvarem a rozměry polotovaru, jakož i tvarem a rozměry samotného výrobku. Závisí na navrhnutém technologickém postupu výroby. S velikostí přetvoření souvisí i celkové výsledné vlastnosti výrobku. Při tváření za studena je výsledné zpevnění a tedy i vyčerpání plastických vlastností materiálu závislé na velikosti přetvoření. Při tváření za tepla, kdy současně se zpevněním probíhá proces odpevnění dynamickou rekrystalizací má velikost přetvoření vliv na výslednou velikost zrna po tváření a tedy i na mechanické vlastnosti. Proto při tváření za studena, jakož i při správném tváření za tepla, má výtvarak vyšší mechanické vlastnosti (tvrdost, pevnost) než před tvářením.

2.1.5 Elektrický odpor

Látky vedoucí elektrický proud bez větších potíží se nazývají vodiče. Nejčastěji jsou jimi kovy. Každý elektrický vodič – není-li v supravodivém stavu – jeví při průchodu proudem elektrický odpor (resistenci).

G. S. Ohm objevil r. 1827 na základě experimentů, že proud procházející vodičem je úměrný přiloženému napětí.

Tento poznatek nazvaný *Ohmův zákon* vyjadřuje rovnice:

$$U = R \cdot I [\Omega] \quad (2.9) [7]$$

Elektrický odpor měříme zpravidla ohmmetrem.

Ohmmetr je přístroj udávající velikost měřeného odporu přímo v ohmech.

2.1.6 Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Z hlediska ochrany proti nebezpečí úrazu elektrickým proudem musí být lidé a hospodářská zvířata chráněni proti nebezpečí, které může nastat [8]:

- a) Při dotyku nebezpečných živých částí
- b) Při dotyku neživých částí
- c) Při jiných nežádoucích účincích elektrického proudu

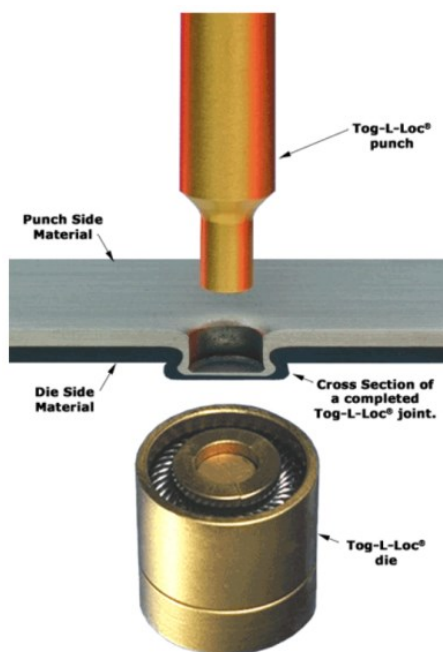
Pro zajištění ochrany osob před úrazem elektrickým proudem musí být dodrženy základní požadavky na ochranná opatření, které jsou uvedeny v ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 a v dalších souvisejících normách.

3 TECHNOLOGIE TOX[®] CLINCHING

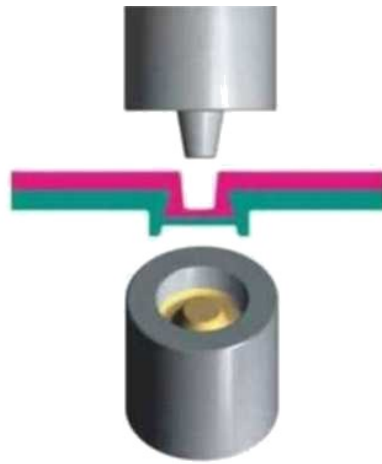
3.1 Historie

První patent k metodě Clinching byl udělen v Německu již v roce 1897.

Společnost BTM Corporation ve Spojených státech v roce 1986 přišla na trh se svojí technologií spoje Tog-L-Loc[®] [9], viz Obr. 9, a společnost TOX[®] GmbH v Německu v roce 1986 představila TOX spojovací techniku ve verzi kulatého bodu, viz Obr. 10. Rychlý vývoj této technologie začal od 80 let 20. století, rovněž zejména v Německu. V 90 letech minulého století se začala metoda Clinching hojně využívat v automobilovém průmyslu pro spojování plechových rámců, hlavním důvodem byla její rychlost, efektivnost a vysoká ekonomika oproti jiným metodám spojování (např. bodový svár). V současnosti se technologie Clinching používá napříč všemi odvětvími průmyslu, nejen v automobilovém průmyslu, ale i při výrobě tzv. bílé elektroniky, při výrobě krytů zařízení a strojů. Všude tam, kde je nutné dosáhnout spojení dvou a více materiálů spojem s předem požadovanými vlastnostmi.



Obr. 9 Tog-L-Loc[®] [9]



Obr. 10 TOX[®] kulatý bod [10]

3.2 Princip metody

Spojovací metodu Clinching je možné počítat k metodám spojování tvářením (DIN 8593). Jedná se o jednostupňovou mechanickou spojovací technologii spojování plechů za studena, bez použití dodatečných spojovacích prvků a za použití speciálních nástrojů (razník, matrice). Tyto nástroje spojí plechy plasticky k sobě a vytvoří mechanický zámek. Výsledkem je nerozebíratelný zpravidla kruhový spoj.

Výhodou je, že neproběhne proděravění ani jednoho z materiálů. Ve spoji nedochází, vzhledem k relativně pomalým rychlostem tažení, k porušení povrchových vrstev spojovaných materiálů. Je možné spojovat materiály opatřené povrchovou úpravou (pozinkování atd.), resp. vrstvou laku.

V oblasti spoje dochází ke zpevnění materiálu.

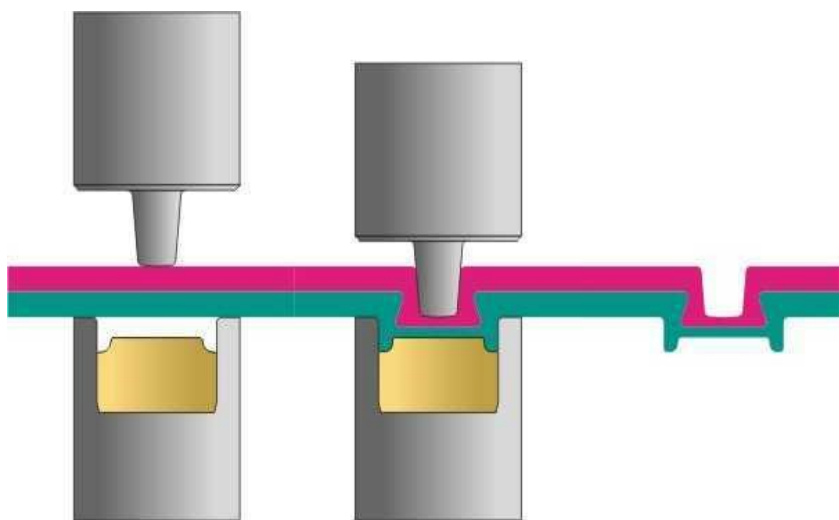
Materiál se při pracovní operaci nesmí přetrhnout (nesmí být překročeno napětí na mezi pevnosti materiálu R_m), až na výjimky, kdy je přetržení materiálu technologicky požadované. Tažení u této technologie probíhá vzhledem k nevelkým tloušťkám plechů při jedné pracovní operaci, tedy v jednom tahu.

Patentovaný TOX[®] – kulatý bod vzniká tak, že kulatý razník lisuje (protlačuje) spojované plechy do matrice. S rostoucím tlakem je materiál nucen vyplňovat kruhové vybrání ve dnu matrice, a tím současně zatéká do stran. Výsledkem je kruhový protlačený nerozebíratelný spoj bez hran a bez otřepů, na kterých by se mohla objevit koroze. Při spojení nedojde k porušení povrchových vrstev a materiál v místě spoje je navíc zhutněn a zpevněn. Na straně razníku se vytvoří důlek a na straně matrice výrůstek.

Spojení může být provedeno kulaté nebo hranaté a s prostřihem nebo bez prostřihu spojovaných materiálů. Výjimkou nejsou ani vícebodové aplikace.

Výhoda této technologie je, při porovnání s jinými metodami spojování (bodové svařování), že zde nedochází ke změně výchozích vlastností materiálu. Oproti bodovému svařování, kde vzniká v zóně sváru teplem ovlivněná oblast a tím se mění vlastností výchozího materiálu, vlastností pevnostní a vyloučena není ani tvorba mikroskopických trhlin.

Jednotlivé fáze metody TOX[®] Clinching jsou zobrazeny na Obr. 11 a na Obr. 12.



Obr. 11 TOX[®] Clinching – schéma [11]



A – Zapuštění



B – Protlačování



C – Utvoření horní kontury



D – Vyplnění kanálků



E – Boční vytečení plechu

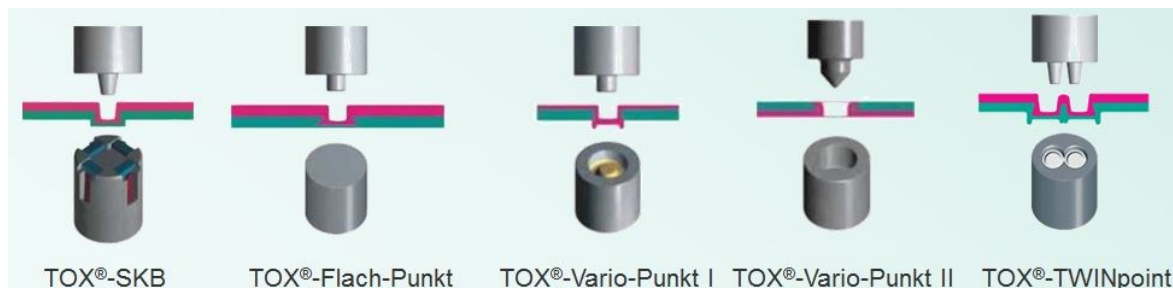


F – Hotový TOX[®] kulatý bod

Obr. 12 Fáze metody TOX[®] Clinching [11]

Typ spoje technologie TOX[®] Clinching TOX[®] kulatý bod je uvedený na Obr. 10, tento je předmětem bakalářské práce.

Další typy spojů jsou uvedeny na Obr. 13.



Obr. 13 Přehled typů TOX[®] spojů [11]

Doporučené průměry TOX[®] kulatého bodu v závislosti na celkové tloušťce spojovaných materiálů, viz Tabulka 1.

Tabulka 1 TOX[®] Clinching technologie

Celková tloušťka spojovaných materiálů	Ø TOX [®] kulatý bod
4,5 - 11,0 mm	12 mm
1,75 - 7,0 mm	10 mm
1,6 - 6,0 mm	8 mm
1,0 - 3,0 mm	6 mm
1,0 - 2,5 mm	5 mm
0,6 - 2,0 mm	4 mm
0,5 - 1,5 mm	3 mm

3.3 Používaný materiál

Vlastnosti použitého materiálu jsou důležitou podmínkou pro každou technologii tváření a obzvláště pro použití technologie Clinching. Materiál musí splňovat podmínku dostatečné tvárnosti (plastičnosti) za studena. Z možných typů materiálu je možné spojovat samozřejmě kovové materiály, ale i materiály rozdílných vlastností, podmínkou je tvárnost jednoho z nich. Můžeme kombinovat i různé druhy materiálů a používat vložené mezivrstvy z textilu, plastu, papíru apod., možné je i provedení s mezivrstvou

lepidla (tzv. hybridní spoj), pro tento případ je vhodné použít matrici s pohyblivou zápusťou (typ TOX SKB – viz Kapitola 3.4 Tvářecí nástroje a stroje).

Vhodnost typu spoje podle tloušťky materiálu: [12]

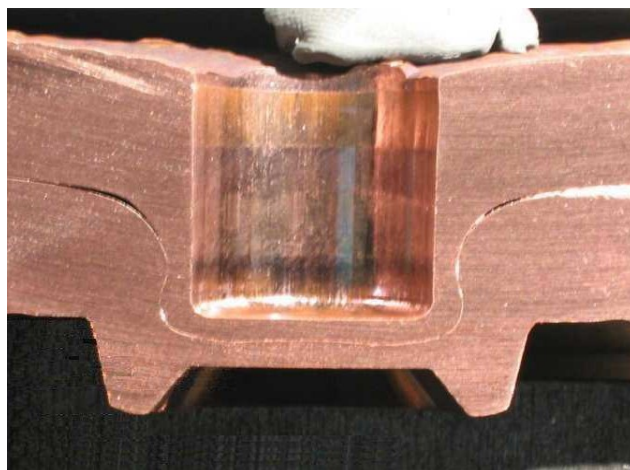
- materiály stejné tloušťky
- tlustší do tenčího, poměr 2,5 : 1
- tenčí do tlustšího, poměr 1 : 2
- minimální tloušťka jednoho materiálu cca 0,2 mm
- max. celková tloušťka cca 12,0 mm

Doporučené složení spoje: [12]

- a) Materiál tvrdý – strana razníku
Materiál měkký – strana matrice
- b) Plech větší tloušťky – strana razníku
Plech menší tloušťky – strana matrice

Tloušťka jednotlivých spojovaných materiálů se pohybuje od 0,1 mm do 11,00 mm a velikosti průměru spoje \varnothing 1,5 až 26 mm, viz Obr. 14.

Pro snížení vlivu tření se provádí nanášení maziva, v některých případech v praxi je mazivo někdy ještě přítomno z předchozích technologických procesů. Mazivo se nanáší ručně nebo automaticky.



Obr. 14 TOX bod - \varnothing 26 mm, tloušťka plechů $2 \times 11,2 = 22,4$ mm [15]

3.4 Tvářecí nástroje a stroje

Mezi základní používané nástroje technologie Clinching patří speciální razník a matrice, Neméně důležitý je i stěrač razníku nebo matrice.

Razník zatlačuje spojovaný materiál do matrice, kde je materiál formován do požadovaného tvaru.

Úkol stěrače je přitlačení materiálu při tlačení, zabránění jeho zvlnění a při zpětném chodu razníku materiál přidršet.

Sada nástrojů pro určité spojení je navržena tak, aby zaručovala předem definované vlastnosti spojení.

V praxi firmám, používajících Clinching technologii, doporučí vhodné typy a provedení nástrojů přímo jejich výrobce a dodavatel technologie pro jednotlivý typ spojení.

Návrh nástrojů, velikost lisovacích a přidržovacích sil, jakož i pevnostní charakteristiky bodu jsou uvedeny v tzv. Test reportu ke každému prováděnému spoji, více o Test reportu v Kap. 3.5 Vlastnosti a požadavky spojení Clinching.

Nástroje odpovídají svým provedením použitému typu stroje.

Životnost nástrojů je velmi závislá na konkrétní aplikaci, ale praxe ukazuje, že přesahuje 100 000 a více bodů.

Základní podmínkou pro kvalitu spojení je souosost nástrojů, která musí být jednoznačně zaručena.

Razník

Všechny varianty razníku jsou vyráběny vysoustružením. Tvar odpovídá požadovanému spoji, osazení opět podle použitého stroje. Je možná, a provádí se, i povrchová úprava razníku, ta se volí podle druhu spojovaného materiálu, aby materiál neulpíval na razníku, nesnižoval jeho funkčnost a prodlužoval životnost. Povrchová úprava má vliv na lisovací sílu, jakož i na stěrač razníku. Razníky mohou mít ostré hrany, pro stříh materiálu nebo hrany zakulacené, kdy je materiál tažen, viz Obr. 15.

V bakalářské práci byl použit v počáteční fázi razník kulatý, z důvodu nutnosti porušení povrchové vrstvy laku bylo následně přistoupeno k variantě razníku se stříhem materiálu, viz Obr. 15.



Obr. 15 TOX razník, A - kulatý, B - se stříhem materiálu

Matrice

Matrice se dělí na matrice s pevnou nebo pohyblivou zápustkou (typ SKB), viz Obr. 16.

Dále podle typu spoje na ploché, pro kulatý bod a pro dvojbod.

Vlastní provedení matrice je opět různé a závisí na použitém zařízení, ploché, odsazené nebo podle použitého zařízení.

Pevné matrice jsou vyrobeny ze dvou dílů, z osazení a vložky s integrovaným odtokem maziva. Osazení a vložka matrice mohou být podle potřeby zhotoveny z různých materiálů a přizpůsobeny potřebám spoje. Je možná i povrchová úprava matrice.

SKB matrice obsahuje 3 – 6 pohyblivých segmentů, které umožňují odtok přebytečného materiálu a 3 - 6 segmentů pevných, které zajišťují vystředění a symetrii spoje. SKB matrice je obzvláště vhodná pro spojení s mezivrstvou lepidla a pro spojení při použití stejných nástrojů pro více typů materiálů.

V bakalářské práci bylo odzkoušeno použití obou variant matric, ale konečný návrh je matrice pevná, ta lépe vyhovovala stanoveným požadavkům.



Obr. 16 TOX matrice A pevná, B SKB

Stěrač

Pro použití přidržovače je nutné znát jak sílu lisování, tak velikost přidržovací síly při zpětném kroku razníku. Tyto síly se zjišťují již při návrhu spoje a jsou uvedeny ke každému prováděnému spoji v Test reportu, viz Kap. 3.5 Vlastnosti a požadavky spojení Clinching.

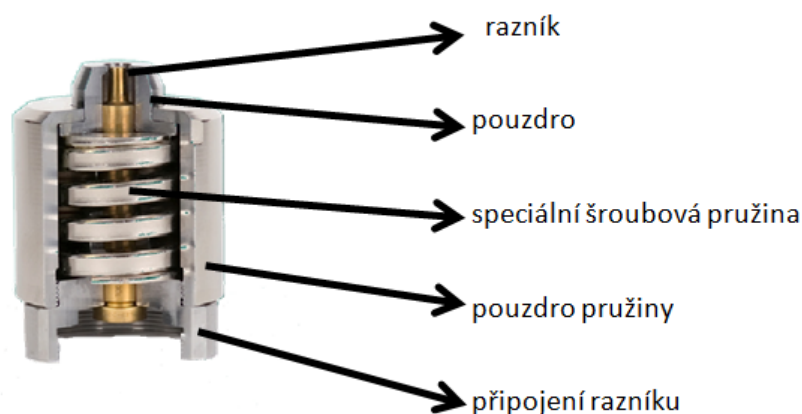
Stěrač, viz Obr. 17, není přímý nástroj, splňuje však více funkcí:

- upevnění nástroje, ve většině případů slouží stěrač k upevnění nástroje,
- držák, při TOX spoji probíhá tažení, při kterém je plech a spojovaný bod lehce vtažen.

Tomu přiřadí projektant definovanou lisovací sílu, stěrač působí nejdříve jako držák, který díl upevní a zafixuje. Pružina stěrače je při tomto kroku stlačena

- stáhnutí, po spojení se má razník vzdálit opět z hloubky bodu, příp. matrice má být z bodu vyzdvižena. Síla potřebná k tomuto kroku je definována v TOX Test reportu.

Pohyb stěrače jako i síla stěrače jsou vyvozeny z předepjaté pružiny stěrače.



Obr. 17 Řez stěračem s razníkem [12]

Lisovací stroje

Ke zhotovování spojů Clinching se zpravidla využívají lisy s pohonem hydraulickým, pneumo-hydraulickým nebo elektromechanickým servopohonem. Lisy jsou různých konstrukcí a typů, sestrojené podle individuálních potřeb zákazníka.

Pro zkoušky při zpracování bakalářské práce byly použity lisy z laboratoře německé firmy TOX[®] PRESSOTECHNIK typ EPMR 55.34.100.000 a lis CEC 008.100, jejich popis společně s dalšími použitými přístroji je uveden v kapitole 4.3. Použité přístroje.

3.5 Vlastnosti a požadavky spojení TOX[®] Clinching

Konečné vlastnosti a tvar navrženého spoje závisí na zvolené kombinaci nástrojů, razníku a matrice. Volba nástrojů závisí na mnoha parametrech, od celkové tloušťky spoje, druhu spojovaných materiálů až po požadované vlastnosti spoje,

Základní vlastnosti a provedení každého konkrétního spoje jsou uvedeny v TOX Test reportu, který získá zákazník jako podklad pro svou další práci.

TOX Test report

Pro každý typ a každou variantu spoje je vypracován tzv. TOX Test report, viz Obr. 18, ve kterém je uvedeno:

- Druh tloušťka spojovaných materiálů
- Průměr bodu
- Označení použitých nástrojů
- Velikost kontrolní míry X
- Potřebná hodnota lisovací síly
- Hodnoty pevnostních zkoušek v tahu ve směru axiálním a radiálním
- Konstrukční směrnice pro osazení bodu ze strany razníku a matrice
- Detail broušeného řezu bodem
- Případná další doporučení (např. druh a typ mazání)

Hodnoty v TOX Test reportu vychází z individuálních zkoušek originálního materiálu dodaného zákazníkem, zpracované v TOX laboratoři.

The image shows a TOX Test report form with three main sections:

- Left Section:** TOX PRESOTECHNIK logo and contact information. It includes a 'Dear User' note and instructions on how to use the report. It also lists TOX ClinchRivet, TOX TWInpoint, and TOX MICRQpoint with brief descriptions of their applications.
- Middle Section:** TOX Testreport No. and Weingarten representation. It contains a 'Project and user' field, 'Material designation' (punch and die), and 'Material interlayer layer'. Below this is a 'Test Results' table for TOX Round point, showing strength values (pull strength, shear strength), total press force, holding-down force, stripping force, and stripping force per die. It also includes a 'TOX Tests Order Designation' and a note about die mounting.
- Right Section:** TOX Testreport 'Further information' section. It describes the test procedure (shear strength and pull strength), tolerances for control dimension X, and further notes regarding material characteristics and installation guidelines.

Obr. 18 TOX Test report [12]

Kontrolní míra X

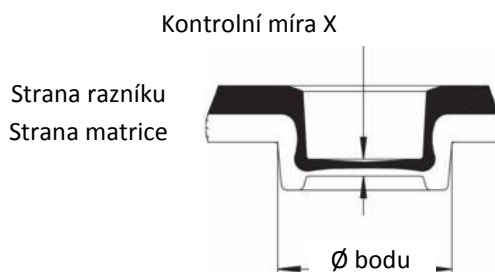
Jedním ze základních ukazatelů kontroly provedeného spojení je tzv. kontrolní míra X, viz Obr. 19.

Kontrolní míra X označuje při TOX[®]-spoji zbytkovou tloušťku dna po spojení dvou nebo více materiálů. [12]

Kontrolní míra je měřitelná hodnota zjistitelná bez nutnosti destrukce vlastního spoje a lze ji označit jako ideální a lehce a rychle dostupný ukazatel pro kontrolu kvalitu spojení.

Hodnota kontrolní míry X je uvedena vždy v Test reportu.

Skutečně naměřené hodnoty kontrolní míry X se od hodnoty uvedené v test reportu mohou lišit v rozsahu $\pm 15 \%$.



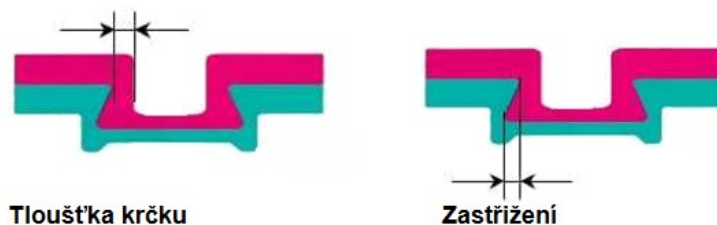
Obr. 19 Kontrolní míra X [12]

Další pevnostní ukazatele spojení

Další ukazatele kvality spoje získáme již jen destrukcí provedeného spoje.

Ve zhotoveném broušeném řezu lze odečíst hodnoty:

- Tloušťky krčku materiálu ze strany razníku, viz Obr. 20
- Šířku zastřížení materiálu ze strany razníku, viz Obr. 20



Obr. 20 Pevnostní ukazatele spojení [12]

Provedení tahové zkoušky v axiálním a radiálním směru spojených materiálů.

Zjištěné hodnoty se porovnají s Test reportem a provede jejich vyhodnocení.

4 CÍL A METODIKA PRÁCE

4.1 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je navrhnout technologii TOX Clinching pro spoj podle požadavku konkrétního zákazníka.

Zákazník, výrobce domácích spotřebičů (tzv. bílého zboží), požaduje spojení dvou plechů technologií TOX Clinching, kdy jeden z ocelových plechů je pozinkován (strana razníku) a druhý je z jedné strany povrchově upraven lakem (strana matrice).

Hlavním zákaznickým požadavkem na provedený spoj je jeho elektrická vodivost, pro možnost využití spoje jako vodivého spojení jednotlivých dílů konstrukce, viz Obr. 21. Návrhem technologie se rozumí určit vhodný typ nástrojů (razník a matrice), definovat sílu nutné pro provedení spoje TOX a další nutné nebo omezující podmínky, které vyplynou z prováděných zkoušek.



Obr. 21 Příklad použití spoje

4.2 Metodika

Bakalářská práce byla vypracována metodou postupného zkoušení jednotlivých nástrojů a vyhodnocování parametrů broušeného řezu spoje.

4.2.1 Plán práce

Před začátkem vlastní práce byl vyhotoven plán práce:

1. Teoretický rozbor problematiky spoje a volba nástrojů pro výchozí spoj, byly použity podklady ze SAP databáze spojů firmy TOX.
2. Provedení výchozího spoje a zdokumentování jeho technických parametrů, pro porovnání výsledků v závěrečné fázi.
3. Návrh a použití standardně používaných nástrojů pro provedení spoje.
4. Vyhodnocení (změření elektrického odporu a broušený řez) spoje.
5. V případě kladného výsledku (elektrické vodivosti spoje) optimalizace spoje, vyhodnocení a závěr.
6. V případě negativního výsledku změna razníku nebo matrice příp. obou a provedení dalšího spoje (toto se bude v případě negativního výsledku opakovat).
7. V případě nenalezení vhodného standardního nástroje návrh nástroje nového.
8. Vyhodnocení výsledků a závěr.

4.2.2 Zkušební materiál

Zákazníkem byly dodány vzorky ocelových plechů, viz Obr. 22, běžně používaného ve výrobě.

Přesné označení typu a specifikaci materiálu a použitého laku bohužel zákazník nedodal.

Pozinkovaný ocelový plech s konstrukčními otvory:

– 35 x 40 mm, celková tloušťka 1,5 mm

Lakovaný plech:

– 60 x 40 mm, celková tloušťka 1,2 mm

– tloušťka vrstvy laku byla velmi proměnlivá a nerovnoměrná, měřením jsem zjistil, že se pohybuje v rozmezí 100 μm – 140 μm . Tloušťka laku byla měřena u každého vzorku na 10 bodech spojovaného povrchu. Určena maximální, minimální tloušťka a aritmetický průměr měřených hodnot, toto měření umožnil použitý přístroj Elektro Physik MiniTest 730, viz Kap. 4.3 Použité přístroje.

Celkový dodaný počet byl 70 párů vzorků pro zkoušky, což v konečném důsledku pro potřebu prováděných zkoušek právě stačilo.

Byl dodán i vzorek současně používaného spoje pro porovnání vlastností novým spojem.



Obr. 22 Dodané vzorky materiálu

4.2.3 Zákaznický požadavek

Technologie TOX Chlinching je zákazníkem využívána při výrobě jeho produktů. Využívá se mimo jiné její výhody nenarušení povrchové vrstvy při vlastním procesu spojování. Právě tato vlastnost Chlinching spoje je v tomto konkrétním případě jeho nevýhodou. Pro výrobky bílého zboží platí požadavky na elektrickou bezpečnost a je nutné vodivé spojení všech prvků při jejich uzemnění. [8]

Pozinkovaný plech, ležící na straně razníku, je zalisován do lakované vrstvy spodního plechu na matrici. Vrstva laku působí při spojení plechů, vzhledem k jejímu spolu tečení se spojovaným materiálem a z důvodu své nevodivosti, jako izolant. Proto musí být pro provedení vodivého spojení těchto dílů použito dodatečných prvků s narušením vrstvy laku (šroubový spoj).

Detailní parametry a požadavky na vodivost a pevnost spoje nejsou konkrétně zadány a budou podle dosažených parametrů posouzeny zadavatelem zda jsou vyhovující.

Není nutné provádět tahovou zkoušku bodu v axiálním směru, toto namáhání nepřichází v praxi vzhledem k použití prováděných spojů do úvahy. Bude provedena pouze tahová zkouška v radiálním směru.

Návrh musí také umožnit integritu a bezproblémové včlenění do současného výrobního procesu, bez nutnosti větších zásahů do jeho struktury a průběhu.

4.3 Použité přístroje

Veškeré práce probíhaly na přístrojích v laboratoři firmy TOX[®] PRESSOTECHNIK GmbH & Co. KG v jejím hlavním sídle v německém Weingartenu.

Pro měření velikosti elektrického odporu byl použit přístroj Microhmmeter C. A. 6240, viz Obr. 23.



Obr. 23 Microhmmeter C. A. 6240

Spoje byly prováděny na následujících lisech:

Robotické kleště TOX typ TZ05.333049.A.002, viz Obr.24:

- pohon EPMR.34.100.000
- lisovací síla 55 kN
- celkový zdvih 100 mm
- vyložení do 200 mm
- přesnost +/- 0,01 mm
- řízení STE 506-006-101

- zařízení bylo použito do lisovací síly 55 kN, poté byl použit stroj s pneumo-hydraulickým válcem CEC 008.100 do síly 84 kN



Obr. 24 Robotické kleště TOX typ TZ05.333049.A.002

Lisovací stroj typu CEC 008.100, viz Obr. 25:

- síla 84 kN
- tlak vzduchu 6 bar
- celkový zdvih 200 mm
- silový zdvih 12 mm
- pneumo-hydraulický válec Kraftpaket RZK 8.37.200.12LF



Obr. 25 Lisovací stroj typ CEC 008.100

Z dalších zařízení byly použity:

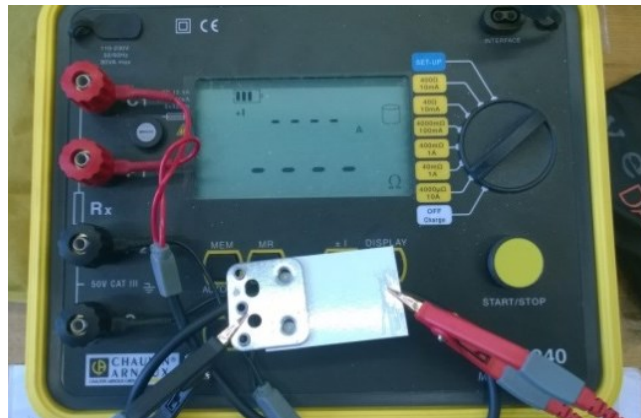
- pro měření tloušťky vrstvy laku přístroj Elektro Physik MiniTest 730
- pro řezání a broušení bodů stroje firmy Buehler
- zobrazení bodu bylo prováděno na digitální kameře UI-2240SE
- trhací zkouška se prováděla na stroji typu Z030/TH2S

5 NÁVRH NÁSTROJŮ A PARAMETRŮ TOX[®] CLINCHING

5.1 Výchozí stav

Zákazníkem byl dodán vzorek spoje zhotoveného na dodaném vzorku. Měření vodivosti ohmmetrem na tomto dodaném vzorku bylo s výsledkem nulové vodivosti – odporu, viz Obr. 26.

Pro vodivé připojení konektoru ohmmetru bylo vždy nutné mechanicky odstranit vrstvu laku z plechu.



Obr. 26 Měření elektrického odporu dodaného vzorku spoje

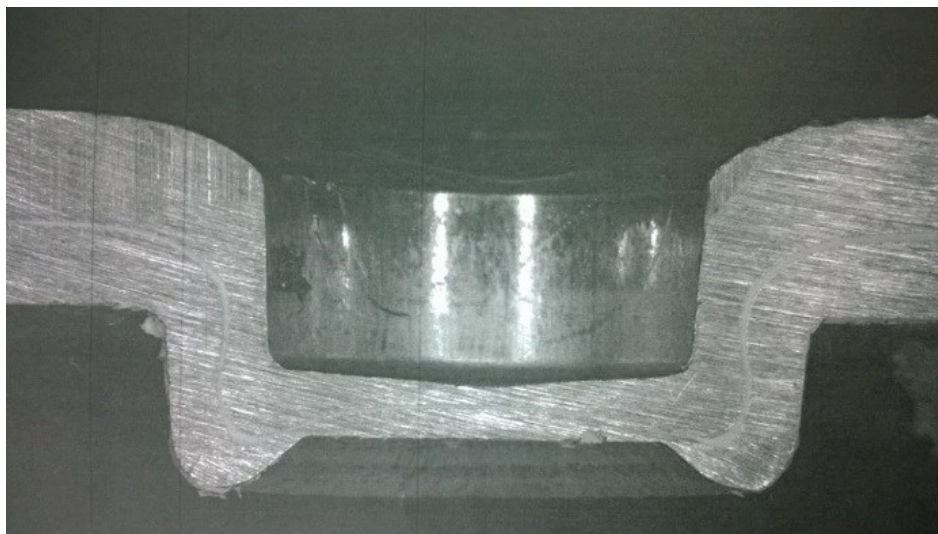
Jako výchozí stav byl podle celkové tloušťky spojovaných materiálů zvolen kulatý bod o průměru $\varnothing = 8,0$ mm, viz Tabulka 1.

Ze systému SAP databáze firmy TOX, pro stejný typ a materiály spoje, byly určeny výchozí nástroje – razník A56100 a matrice BB 8016.

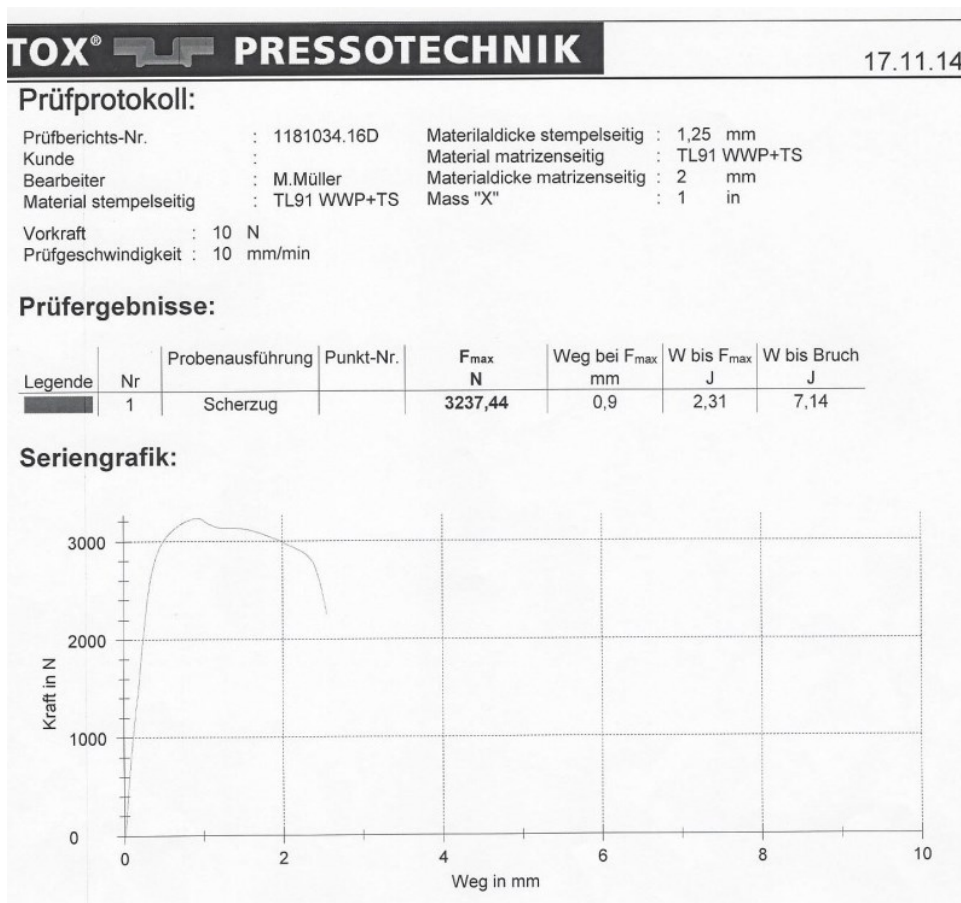
Parametry výchozího spoje:

- Lisovací síla 45,40 kN
- Kontrolní míra $X = 0,65$ mm
- Tloušťka laku – max= 141,8 μm , min = 121,6 μm , $\bar{x} = 130,5$ μm
- Tahová zkouška $F_{\text{max}} = 3,237$ kN, viz Obr. 28
- Změřený odpor $R = 0 \Omega$, viz Obr. 29

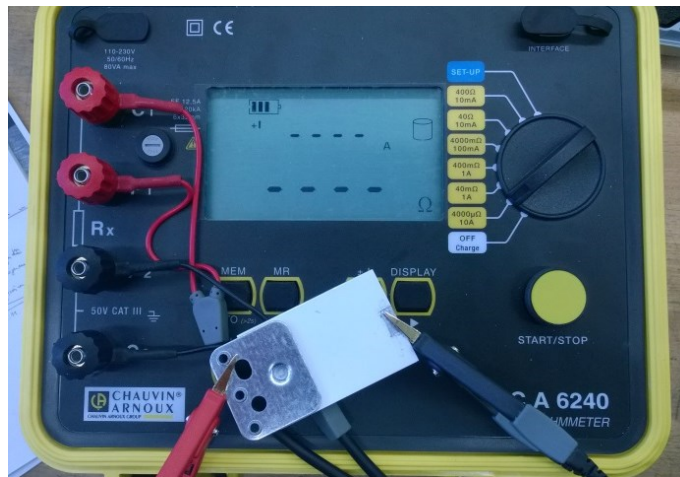
Provedený broušený řez výchozího bodu, viz Obr. 27, jasně zobrazuje vrstvu laku mezi oběma plechy, tedy izolační vrstvu neumožňující elektricky vodivé spojení a současně tím dokazuje spolu tečení laku při provedeném spoji.



Obr. 27 Broušený řez bodem s výchozími nástroji



Obr. 28 Pevnostní zkouška v tahu s výchozími nástroji

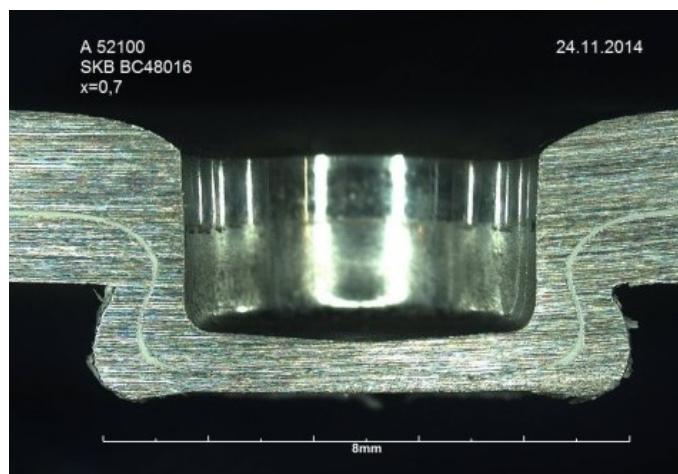


Obr. 29 Měření elektrického odporu výchozího TOX bodu

5.2 Zkoušky nástrojů

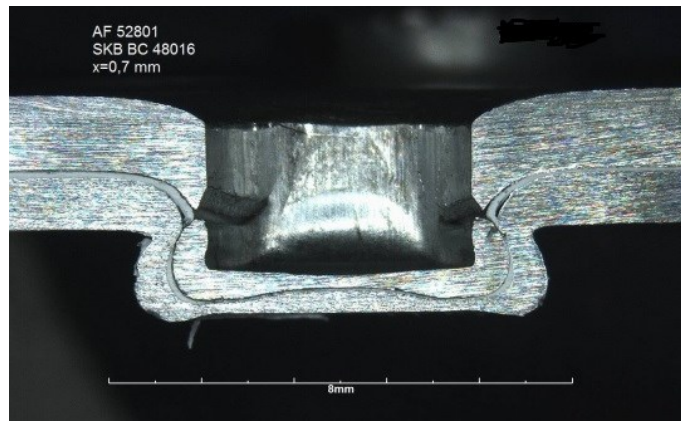
Následovala řada zkoušek různých variant typů razníků a matic (pevné i SKB) pro splnění požadavku elektrické vodivosti.

Dále jsou uvedeny pouze případy, které měly vliv na postup vlastní práce:



Obr. 30 Matrice SKB BC 48016 – Razník A 52100 – X = 0,7 mm

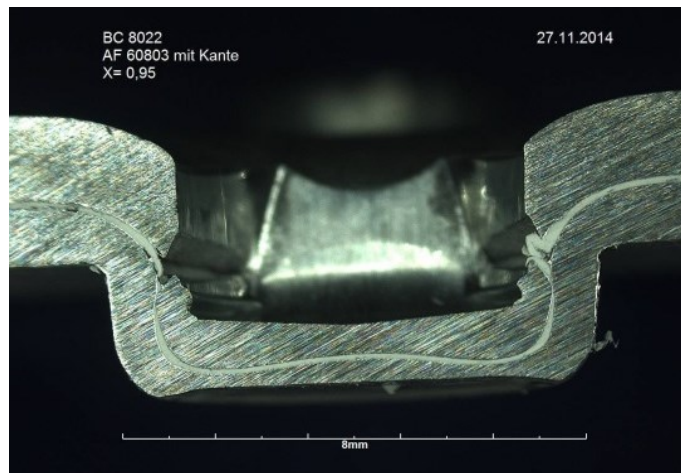
Řez, viz Obr. 30, ukazuje, že matrice typu SKB a razník bez částečného stříhu materiálu nepovedou k elektricky vodivému spojení. Typ matrice s pohyblivými elementy není vhodný a razník bez částečného stříhu není schopen oba materiály vodivě spojit. Opět zřetelná izolační vrstva laku.



Obr. 31 Matrice SKB BC 48016 – Razník AF 52801 – X = 0,7 mm

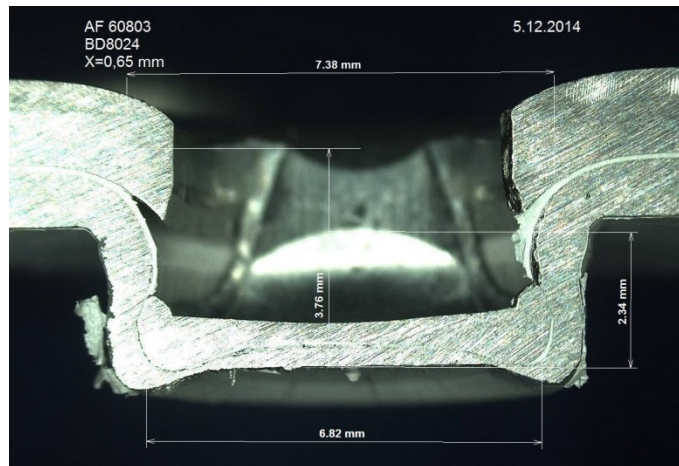
Na Obr. 31 je již použit razník s částečným stříhem materiálu, což se ukázalo jako vhodný směr pro další postup. Bez částečného porušení materiálu není možné dosáhnout porušení vrstvy laku a elektricky vodivého spojení. Ani zde není ještě dosaženo vodivosti spoje, hlavní příčinou jsou pohyblivé elementy matrice typu SKB, které umožní materiálu pohyb.

Další zkoušky již probíhaly s matricí s pevnou zápustkou.



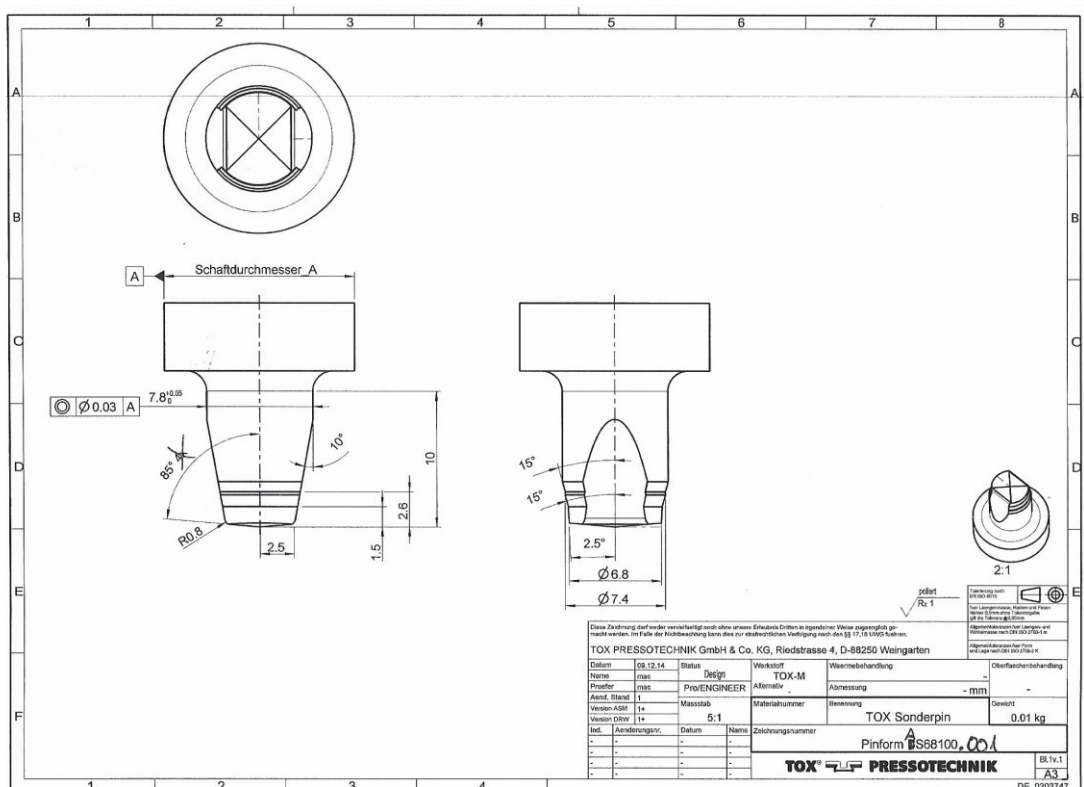
Obr. 32 Matrice BC 8022 – Razník AF 60803 – X = 0,95 mm

Obr. 32 ukazuje použití pevné matrice a razníku s částečným stříhem materiálu a vyfrézovanou spodní hranou pro dostatečné spojení materiálu. Toto složení nástrojů již naznačuje možnost vodivého spojení, přesto z důvodu vrstvy laku nebylo vytvořeno a bylo přistoupeno ke změně matrice při použití stejného razníku, viz Obr. 33.

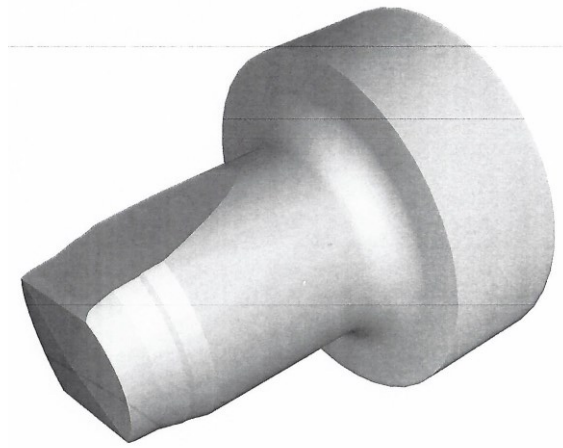


Obr. 33 Matrice BD 8024 – Razník AF 60803 – X = 0,65 mm

Po změně matrice, při stejném razníku, byl proveden elektricky vodivý spoj, viz Obr. 33. Podle tvaru broušeného řezu byl navržen tvar nového razníku s částečným stříhem materiálu a třemi odstupňovanými plochami pro dokonalejší vodivé spojení obou materiálů a eliminací vlivu laku jako izolantu, viz Obr. 34 a Obr. 35. Po vyrobení nového razníku AS 68100.001 a dalších zkouškách byla ještě provedena změna matrice na typ BD 8024, která lépe vyhovovala provedenému spoji.



Obr. 34 Konstrukce nástroje AS 68100.001



Obr. 35 3D model navrženého nástroje AS 68100.001

Konečné složení nástrojů:

Matrice typ BB 8024

Razník typ AS 68100, viz Obr. 34

Kontrolní míra $X = 0,95$ mm

Práce na tomto projektu potvrdily již známé poznatky o chování materiálu při provádění TOX Clinching spoje. Průběh zkoušek jednoznačně potvrdil spolu tečení povrchové vrstvy laku při provedeném spojení metodou TOX Clinching. Pro porušení této vrstvy bylo nutné použití razníku se stříhem materiálu, což vedlo k narušení izolační vrstvy laku a vzniku vodivého spojení plechů. Zajímavé bylo zjištění, že tloušťka vrstvy laku, přesto že byla rozdílná, nehrála zásadní roli při provedení vodivého spoje.

Podrobné parametry spoje jsou uvedeny v Kapitole 6 Výsledky.

6 VÝSLEDKY

Návrh nástrojů:

Matrice typ BB 8024

Razník typ AS 68100

Kontrolní míra $X = 0,95$ mm

S navrženou kombinací nástrojů, po optimalizaci kontrolní míry X na hodnotu 0,95 mm, byly provedeny zkoušky na 10 vzorcích plechů (pro nedostatek vzorků nebylo možné provést více zkoušek).

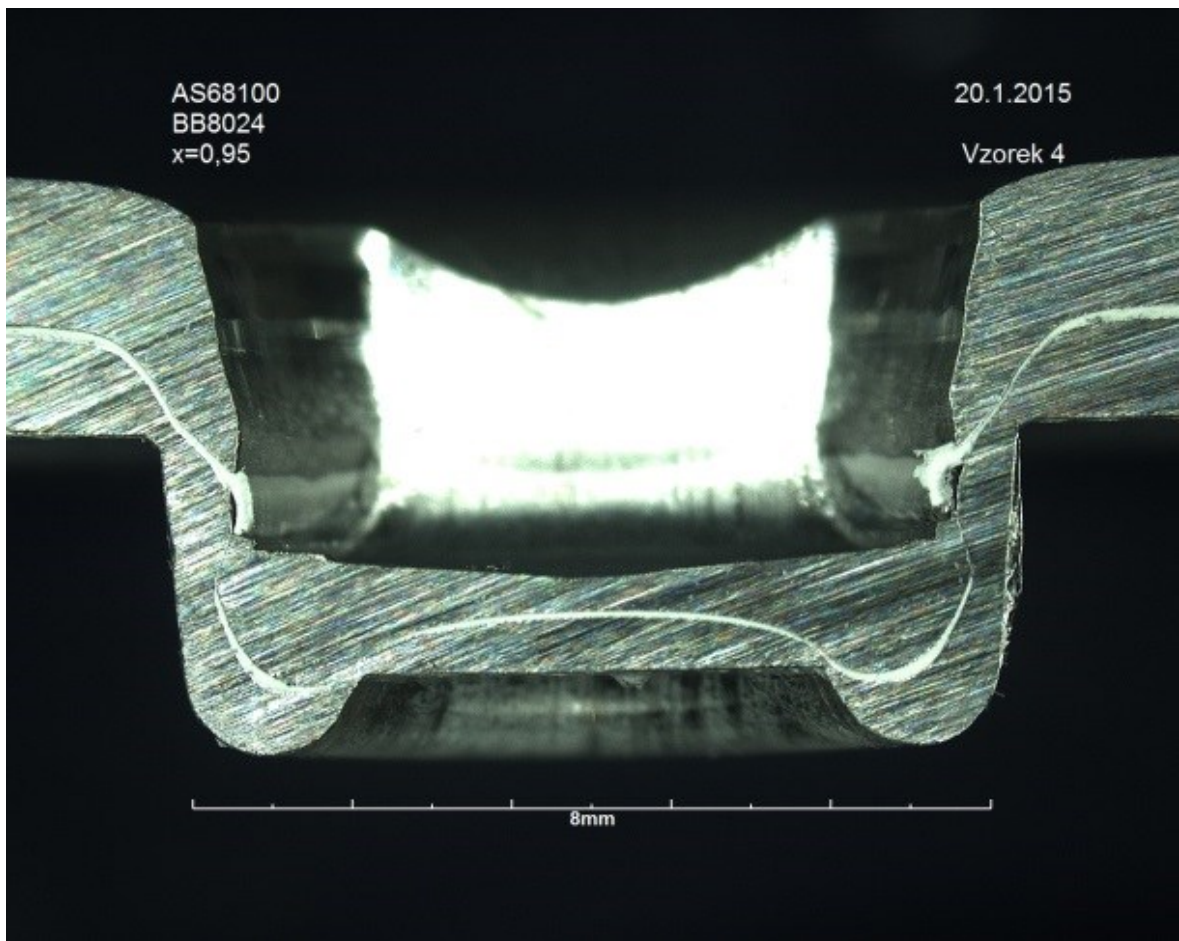
Všechny vzorky splnily požadavek elektrického vodivosti.

Výsledky zkoušek jsou uvedeny v Tabulce 2.

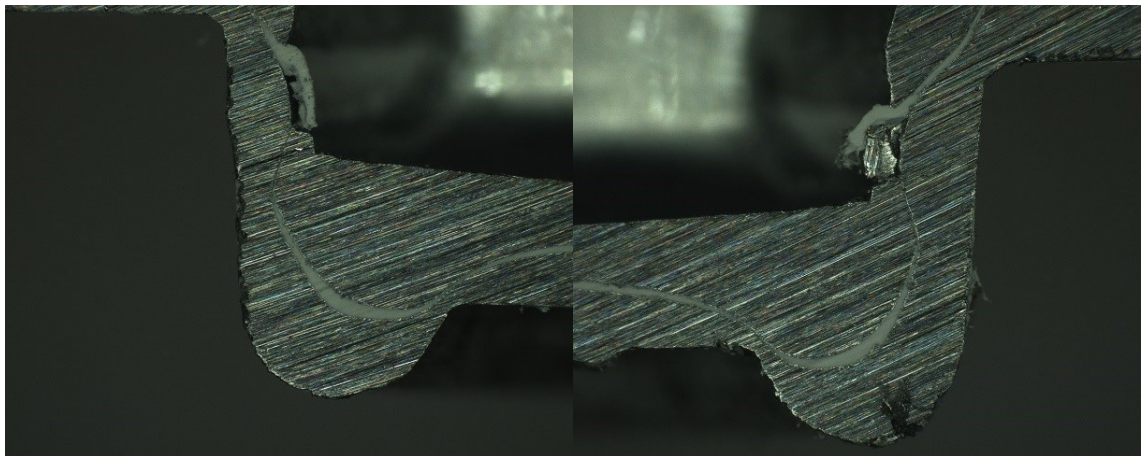
Tabulka 2 Výsledky zkoušek s navrženými nástroji

Číslo zkoušky	Lisovací síla [kN]	Odpor [$\mu\Omega$]	Popis
1	64,51	559	
2	64,11	639	
3	65,33	632	
4	64,29	586	Proveden broušený řez vzorku
5	64,07	660	
6	64,07	662	Vzorek použit pro pevnostní zkoušku v tahu
7	63,58	631	Vzorek použit pro pevnostní zkoušku v tahu
8	64,16	394	
9	63,93	651	
10	64,36	478	

Zhotovený broušený řez vodivého vzorku, včetně detailů, viz Obr. 36 a Obr. 37, zřetelně zobrazuje porušení vrstvy laku a vytvoření elektricky vodivého spojení horního a spodního plechu, což bylo potvrzeno měřením elektrického odporu.



Obr. 36 Broušený řez vodivého spojení - vzorek č.4



Obr. 37 Detail levé a pravé strany vodivého spojení - vzorek č.4

Dosažené parametry spoje:

Lisovací síla (dosažená) = 63,58 kN – 64,51 kN

Navržená lisovací síla = 80 kN

Síla porušení v tahu (v radiálním směru) = 2,584 kN a 2,495 kN (výchozí spoj 3,237 kN)

Elektrický odpor = 393–680 $\mu\Omega$

V praxi se lisovací síla pro zhotovení spoje zvyšuje o 20% (bezpečnost provedení), tzn. navržená lisovací síla je 80 kN.

Vzhledem k asymetričnosti bodu, z důvodu stříhu materiálu byly provedeny dvě pevnostní zkoušky v tahu s razníkem otočeným o 90°, viz Obr. 38



Obr. 38 Vzorky pro pevnostní zkoušku v tahu a použitý razník

Protokoly z pevnostních zkoušek v tahu jsou uvedeny na:

Obr. 39 – Pevnostní zkouška v tahu č. 1 – bod vzorku č. 6

Obr. 40 – Pevnostní zkouška v tahu č. 2 – bod vzorku č. 7

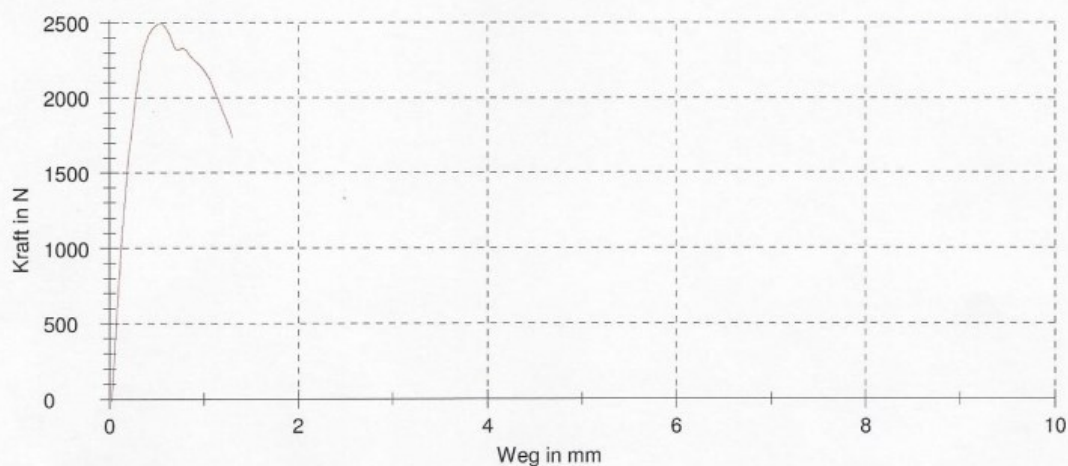
Je důležité připomenout, že návrh těchto nástrojů a udané výsledky jsou 100 % platné pouze pro tento typ spojení a tento druh materiálu. Při jakékoli změně parametrů spoje je nutné provést opět nové zkoušky a ověřit platnost zjištěných výsledků. Samozřejmě, že při spoji s podobnými parametry je možné použít po ověření navržený razník a matrici.

Prüfprotokoll:

Prüfberichts-Nr. :		Material matrizenseitig :	St lackiert
Kunde :		Materialdicke matrizenseitig :	1,2 mm
Bearbeiter :	S.Beller	Mass "X" :	0,95 in
Material stempelseitig :	St verzinkt	Presskraft :	66 kN
Materialdicke stempelseitig :	1,5 mm		
Vorkraft :	10 N		
Prüfgeschwindigkeit :	10 mm/min		

Prüfergebnisse:

Legende	Nr	Probenausführung	Punkt-Nr.	F _{max} N	Weg bei F _{max} mm	W bis F _{max} J	W bis Bruch J
	1	Scherzug		2495,83	0,5	0,91	2,58

Seriengrafik:


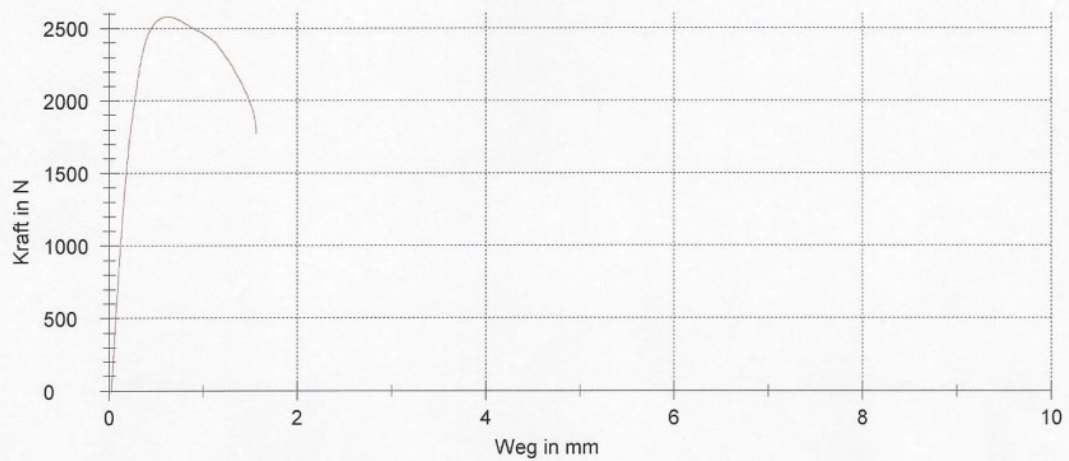
Prüfprotokoll:

Prüfberichts-Nr. :		Material matrizenseitig :	St lackiert
Kunde :		Materialdicke matrizenseitig :	1,2 mm
Bearbeiter :	S.Beller	Mass "X" :	0,95 in
Material stempelseitig :	St verzinkt	Presskraft :	66 kN
Materialdicke stempelseitig :	1,5 mm		

Vorkraft : 10 N
 Prüfgeschwindigkeit : 10 mm/min

Prüfergebnisse:

Legende	Nr	Probenausführung	Punkt-Nr.	F _{max} N	Weg bei F _{max} mm	W bis F _{max} J	W bis Bruch J
	2	Scherzug		2584,45	0,6	1,14	3,37

Seriengrafik:


7 ZÁVĚR

Zadáním byla práce zaměřena na návrh technologie TOX Chlinching podle požadavku zákazníka.

Hlavním úkolem bylo provedení elektricky vodivého spojení dvou plechů používaných při výrobě bílého zboží. Důvodem pro tento spoj byla potřeba zvýšení bezpečnosti proti úrazu elektrickým proudem zlepšením uzemnění výrobku a zlepšení efektivity výroby.

Byl zkonstruován zcela nový typ razníku pomocí odečtení hodnot z broušeného řezu u vyhovujícího spoje.

Navržený typ razníku s odstupňovanými hranami materiál zastříhne, naruší vrstvu laku a tlakem zatlačí spojovaný materiál do stran, kde se díky pevné matici oba zatlačované materiály vodivě spojí. Pevnostní parametry bodu zajišťují zkosené hrany razníku, vytvářející klasický kulatý bod.

Pevná matrice byla použita standardního typu.

Nevýhodou spoje je narušení vrstvy laku a tím nebezpečí koroze v místě vlastního spoje. Narušení lakované vrstvy je ovšem nutnost pro elektrickou vodivost.

Spoj bude plnit pouze doplňkovou funkci, nebude mít hlavní vliv na statiku výrobku. Přesto jsou hodnoty pevnosti v tahu výchozího kulatého bodu vyšší pouze o přibližně 20 %. Je tedy možné, vhodným začleněním těchto bodů, s nimi počítat při výpočtu pevnosti výrobku.

Podle provedených zkoušek pevností v tahu navrženého bodu otočeného o 90°, jsou rozdíly hodnot téměř zanedbatelné (0,1 kN), proto nemusí být nutné řešit otočení razníku při umístění bodů.

Lisovací síla navrženého bodu se, oproti výchozímu bodu, zvýšila o cca 40 %.

Parametry spoje společně s navrženými nástroji byly předány zákazníkovi. Jeho konstrukční a technologické oddělení prověřilo vhodnost a možnost používání navrženého spoje spolu s jeho zavedením do výroby. Toto se jeví velice pozitivně a podle posledních informací se uvažuje o jeho postupném zavedení do výroby.

Vzhledem k sortimentu zákazníkem používaných materiálů vzniká požadavek nových zkoušek i pro další druhy zpracovávaných materiálů, aby se tento typ spoje dal použít i pro další výrobky. Při této práci se bude moci vycházet z poznatků této bakalářské práce.

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] CITÁTY SLAVNÝCH OSOBNOSTÍ. *Albert Einstein*. [Online]. Svoboda, M. © 2007-2015 [cit. 2016-02-13]. Dostupné z: <http://citaty.net/autori/albert-einstein/>
- [2] TOX PRESSOTECHNIK. *TOX About us* [Online] [vyd. 2015-08-01]. Dostupné z: <http://www.tox-en.com/company/corporate-profile/about-us/>
- [3] TOX PRESSOTECHNIK. *TOX Historie*. [Online] [vyd. 2015-02-05]. Dostupné z: <http://www.tox-de.com/de/kontakt/hauptsitz.html>
- [4] BOLJANOVIC, V. *Sheet Metal Forming Processes and Die Design*. 1.st. ed. New York: Industrial Press, 2004. 219 p. ISBN 0-8311-3182-9.
- [5] BACA, J., BÍLIK, J. *Technológia tvárenia*. 1. vyd. Bratislava: Edícia vysokoškolských učebníc, 2000. 242 s. ISBN 80-227-1339-2.
- [6] ČADA, R. *Technologie I*. 1. vydání, Ed. středisko VŠB-TUO, 2007. 359 s. ISBN 978-80-248-1507-7.
- [7] BINKO, J., KAŠPAR, I., *Fyzika stavebního inženýra*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1983. 644 s. ISBN 04-022-83.
- [8] ČSN 33 2000-4-41 ed. 2: *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem*, Účinnost od srpen 2007. 52s.
- [9] BTM–Europe. *Clinchwerkzeuge* [Online] [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: <http://www.btm-europe.de/de/tooling-system-de/tog-l-loc-de.html>
- [10] TOX PRESSOTECHNIK. *Downloads* [Online] [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: <http://www.tox-de.com/de/downloads/prospekte-und-typenblaetter.html>
- [11] TOX PRESSOTECHNIK. *TOX - Verbindungssysteme*, Tox Pressotechnik, 2015. 12 s.
- [12] TOX PRESSOTECHNIK. *Typenblatt 80.100*, Tox Pressotechnik, 2015. 28 s.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Tox [®] - Pressotechnik – centrála Weingarten [3]	3
Obr. 2 Produktový program	4
Obr. 3 Plastická deformace kluzem [6]	7
Obr. 4 Plastická deformace dvojčatěním [6]	8
Obr. 5 Křivka zpevnění (tahový diagram měkké uhlíkové oceli) [6]	9
Obr. 6 Vznik textury při tváření za studena	10
Obr. 7 Polygonizace v kovové mřížce deformované ohybem (a – nepravidelně rozložené dislokace po tváření za studena před polygonizací, b – umístění dislokací v určitých liniích po polygonizaci) [6]	10
Obr. 8 Proces úplné rekystalizace struktury (a - nukleace, b - růst nových zrn,	11
Obr. 9 Tog-L-Loc [®] [9]	13
Obr. 10 TOX [®] kulatý bod [10]	14
Obr. 11 TOX [®] Clinching – schéma [11]	15
Obr. 12 Fáze metody TOX [®] Clinching [11]	15
Obr. 13 Přehled typů TOX [®] spojů [11]	16
Obr. 14 TOX bod - Ø 26 mm, tloušťka plechů 2 x 11,2 = 22,4 mm [15]	17
Obr. 15 TOX razník, A - kulatý, B - se stříhem materiálu	19
Obr. 16 TOX matrice A pevná, B SKB	19
Obr. 17 Řez stěračem s razníkem [12]	20
Obr. 18 TOX Test report [12]	21
Obr. 19 Kontrolní míra X [12]	22
Obr. 20 Pevnostní ukazatele spojení [12]	22
Obr. 21 Příklad použití spoje	23
Obr. 22 Dodané vzorky materiálu	25
Obr. 23 Microhmmeter C. A. 6240	26
Obr. 24 Robotické kleště TOX typ TZ05.333049.A.002	27
Obr. 25 Lisovací stroj typ CEC 008.100	28
Obr. 26 Měření elektrického odporu dodaného vzorku spoje	29
Obr. 27 Broušený řez bodem s výchozími nástroji	30
Obr. 28 Pevnostní zkouška v tahu s výchozími nástroji	30
Obr. 29 Měření elektrického odporu výchozího TOX bodu	31
Obr. 30 Matrice SKB BC 48016 – Razník A 52100 – X = 0,7 mm	31
Obr. 31 Matrice SKB BC 48016 – Razník AF 52801 – X = 0,7 mm	32
Obr. 32 Matrice BC 8022 – Razník AF 60803 – X = 0,95 mm	32
Obr. 33 Matrice BD 8024 – Razník AF 60803 – X = 0,65 mm	33
Obr. 34 Konstrukce nástroje AS 68100.001	33
Obr. 35 3D model navrženého nástroje AS 68100.001	34
Obr. 36 Broušený řez vodivého spojení - vzorek č.4	36
Obr. 37 Detail levé a pravé strany vodivého spojení - vzorek č.4	36
Obr. 38 Vzorky pro pevnostní zkoušku v tahu a použitý razník	37
Obr. 39 Pevnostní zkouška v tahu č.1. - bod vzorku č.6	38
Obr. 40 Pevnostní zkouška v tahu č.2 - bod vzorku č.7	39

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 TOX [®] Clinching technologie	16
Tabulka 2 Výsledky zkoušek s navrženými nástroji.....	35