VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

METODA KLINČOVÁNÍ
THE CLINCHING TECHNOLOGY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — **Martin Urban**
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — **Ing. Eva Peterková, Ph.D.**
SUPERVISOR

BRNO 2020

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	**Martin Urban**
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	**Ing. Eva Peterková, Ph.D.**
Akademický rok:	2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Metoda klinčování

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o moderní metodu spojování plechů, známou spíše pod anglickým výrazem "clinching". Spoj vzniká bez použití jakýchkoliv spojovacích prvků, a to tvářením za studena. Největší zastoupení má zejména v automobilovém průmyslu, kde v plné míře nahrazuje bodové svařování. Práce bude obsahovat popis a princip této metody, užití v praxi a přehled užívaných strojů a nástrojů.

Cíle bakalářské práce:

Průzkum v oblasti tváření a vytvoření obecného náhledu na metodu klinčování.
Popis a princip této metody včetně zhodnocení kladů a záporů.
Vytvoření přehledu užívaných nástrojů a strojů.
Příklady výrobních postupů a užití v praxi.
Práce bude doplněna názornou obrázkovou dokumentací a závěry.

Seznam doporučené literatury:

TSCHATSCH, Heinz. Metal forming practise: processes - machines - tools. New York: Springer-Verlag, c2006. ISBN 35-403-3216-2.

Handbuch der Umformtechnik: processes - machines - tools. New York: Springer, c1996. ISBN 35-406-1099-5.

BOLJANOVIC, Vukota. Sheet metal forming processes and die design. New York: Industrial Press, c2004. ISBN 08-311-3182-9.

SUCHY, Ivana. Handbook of die design: processes - machines - tools. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2006. ISBN 00-714-6271-6.

ŽÁK, Jan, Radko SAMEK a Bohumil BUMBÁLEK. Speciální letecké technologie I. Praha: Mezinárodní organizace novinářů, 1990. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-0128-1.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc. ředitel ústavu	doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D. děkan fakulty

ABSTRAKT

URBAN Martin: Metoda klinčování.

Tato bakalářská práce obsahuje popis technologie klinčování. Jsou ukázány nejčastější selhání klinčového spoje, což je buď lom v místě krku spoje, nebo vyklouznutí horní vrstvy. Dále se tato práce zabývá srovnáním klinčování s bodovým svařováním, kde jsou vypsány výhody a nevýhody technologie klinčování oproti technologii bodového svařování. Je uveden výčet několika metod klinčování. Dále je uveden přehled klinčovacích strojů a nástrojů. A nakonec je uvedeno několik příkladů užití klinčování v praxi.

Klíčová slova: klinčování, tváření, spojování plechů, klinčovací stroje, metody klinčování

ABSTRACT

URBAN Martin: The clinching technology.

This bachelor thesis contains a description of clinching technology. Most common failures of a clinch joint, which is either a fracture at the neck of the joint or a slip of the top layer, are shown. Furthermore, this work deals with the comparison of clinching with spot welding, which lists the advantages and disadvantages of clinching technology compared to spot welding technology. A list of several clinching methods is given. Follows an overview of clinching machines and tools. And at the end are indicated some examples of the use of clinching in practice.

Keywords: clinching, forming, joining of sheets, clinching machines, clinching methods

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

URBAN, Martin. *Metoda klinčování* [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124498. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Eva Peterková.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne

……
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji paní Ing. Evě Peterkové, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat také mým rodičům za veškerou podporu z jejich strany.

OBSAH

Zadání
Abstrakt
Bibliografická citace
Čestné prohlášení
Poděkování
Obsah

Str.

ÚVOD ... 9
1 TECHNOLOGIE KLINČOVÁNÍ ... 10
1.1 Teoretické rozbory ... 12
1.2 Srovnání s bodovým svařováním ... 14
2 METODY KLINČOVÁNÍ ... 15
3 STROJE A NÁSTROJE ... 22
3.1 Stroje a klinčovací kleště ... 22
3.2 Nástroje pro klinčování ... 29
4 PŘÍKLADY POUŽITÍ V PRAXI ... 33
5 ZÁVĚRY ... 35

Seznam použitých zdrojů
Seznam použitých symbolů a zkratek
Seznam obrázků
Seznam tabulek

ÚVOD [1], [2], [3], [4], [5], [6]

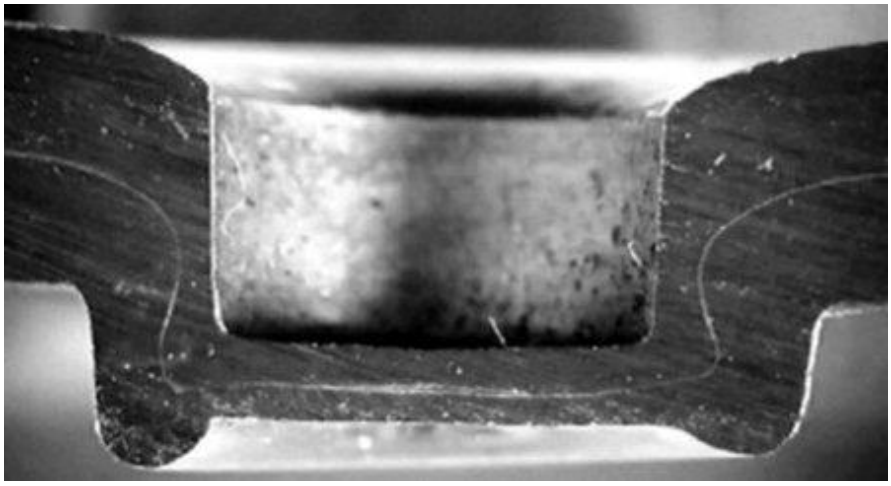
Technologie na spojování plechů jsou v průmyslu převážně poháněny pokroky v materiálech, práci s odlišnými materiály a snahou o zvýšenou automatizaci. Nejběžnějšími způsoby spojování konstrukčních ocelí jsou nýtování a bodové svařování. Rychlý vývoj technologie svařování v posledních několika desetiletích značně snížil oblast použití nýtovaných spojů. Postupem času se tak nýtování nahradilo bodovým svařováním. Obě tyto metody však vyžadují určité specifické časově náročné předběžné zpracování spojovaných polotovarů. Kromě toho, když jsou spojeny polotovary s povrchovou úpravou, například pozinkované ocelové plechy, je zničena ochranná vrstva, což vede ke snížení odolnosti proti korozi a porušení struktury. U nýtování je navíc potřeba vyvrtání otvorů do polotovarů a u bodového svařování je zase potřeba důsledné čištění povrchu polotovarů před spojením. Proto je nutné využít jiné metody spojování plechů, jako je mechanické spojování – klinčování. Aplikování metody klinčování může překonat nevýhody bodového svařování a nýtování. V posledních letech se tak často přechází od bodového svařování právě k technologii klinčování. Má velkou škálu využití například v automobilovém, stavebním nebo elektrotechnickém průmyslu.

Tato práce popisuje technologii klinčování, její různé metody, výrobní stroje a nástroje a také porovnává klinčování s bodovým svařováním. Na obr. 1 jsou zobrazeny ukázky klinčování.

Obr. 1 Ukázky klinčování [3], [4], [5], [6]

1 TECHNOLOGIE KLINČOVÁNÍ [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13]

Jedná se o technologii mechanického spojování plechů a profilů za studena. Používají se speciální nástroje a na spoj se využívá pouze vlastního materiálu, tudíž bez přidání jakéhokoli přídavného materiálu nebo spojovacích prvků, jako jsou například nýty, šrouby nebo čepy. Tato technika je také vhodná pro spojování dílů z různých materiálů a různých tlouštěk. Název klinčování pochází z anglického slova clinching. Na obr. 2 je zobrazen řez klinčovým spojem.

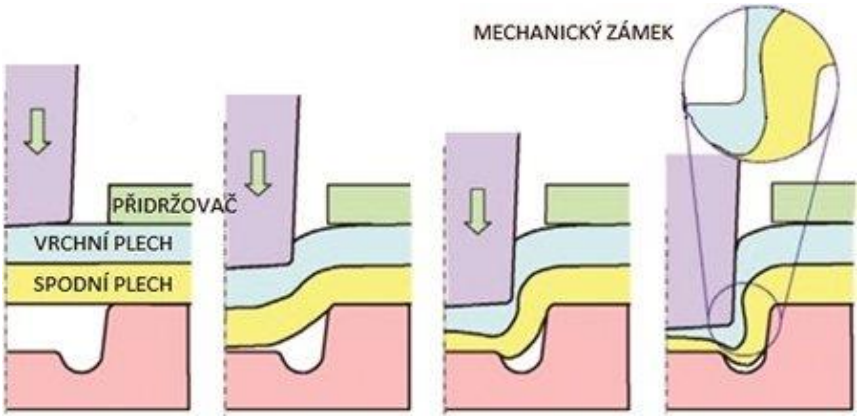


Obr. 2 Řez klinčovým spojem [8]

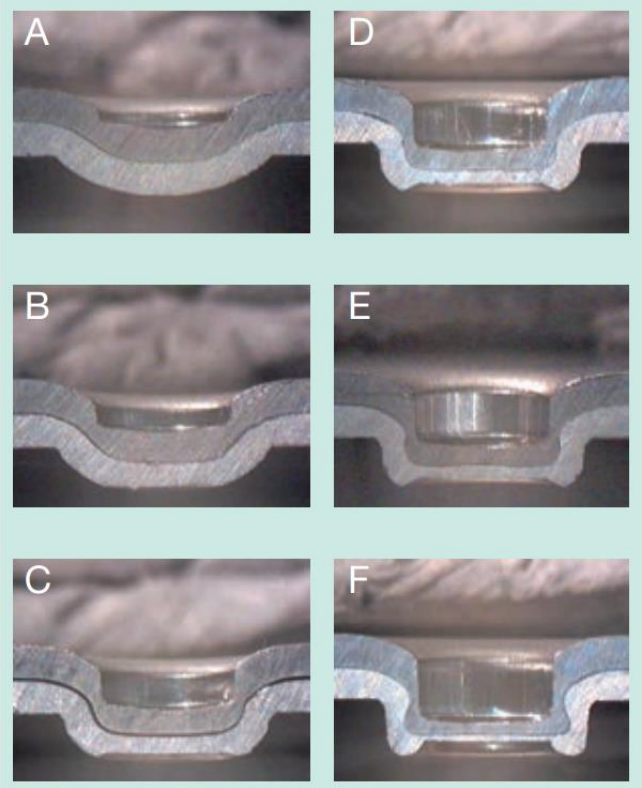
Výrobní nástroje se dělí na dva druhy:

- razníky,
- matrice.

Princip výroby spočívá v tom, že razník zatlačí dva plechy v místě spoje do matrice a tím je plasticky spojí. Vytvoří tak mechanický zámek, viz obr. 3. Výsledkem je pak nerozebíratelný spoj. Tvar výsledného spoje závisí jak na tvaru razníku, tak i na tvaru matrice. Nejčastější spojení jsou kruhová, oválná nebo hranatá. V některých případech se ale může jednat i o mnohem netradičnější tvary. Některé spoje se vytváří s prostřihem a jiné bez prostřihu. Velmi důležitou součástí je také odtrhovač, který po dokončení spojovacího procesu vytrhne matrici a razník ven z materiálu. Postupné vytvoření spoje je podrobně znázorněno na obr. 4, na kterém jsou v řezech zobrazeny jednotlivé operace.



Obr. 3 Podstata vzniku klinčového spoje [8]



A. Proniknutí
B. Pěchování
C. Vznik horního obrysu
D. Vyplnění prstencového kanálu
E. Stranové zatečení na straně razníku
F. Hotový klinčový spoj

Obr. 4 Princip metody klinčování [9]

Tento způsob spojování plechů se stal jedním z nejoblíbenějších v širokém spektru průmyslových odvětví. Používá se především pro výrobu:

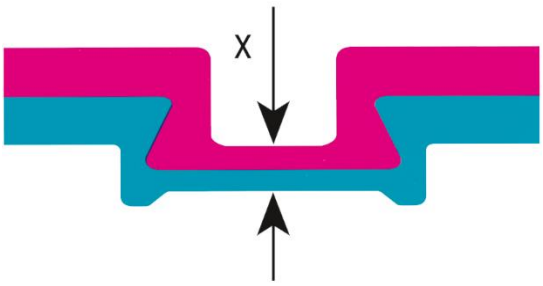
- kolejových vozidel
- domácích spotřebičů – pračky, myčky, sušičky, ledničky a dalších
- topných zařízení
- klimatizačních systémů
- ventilačních systémů
- garážových dveří
- skladovacích systémů
- počítačů, televizí a další elektroniky
- lodí
- polic a dalších skladových zařízení
- letadel
- automobilů (obr. 5):
  - kapota
  - přístrojová deska
  - úchyty čalounění
  - zadní přepážka
  - víko kufru
  - části karoserie
  - topení

- blatník
- skořepina sedadla
- stahovačka

Obr. 5 Využití klinčování u automobilů [11]

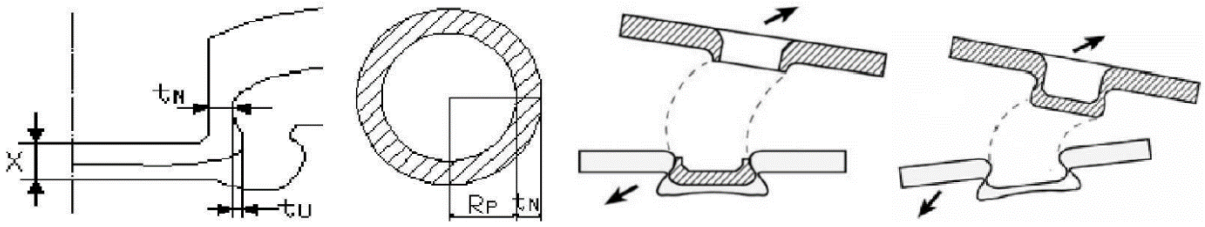
1.1 Teoretické rozbory [2], [3]

Během procesu spojování plechů klinčováním se vytváří vysoké přídržné síly deformačním zpevněním materiálu v oblasti hrdla a nepřítomností vrubového efektu. A to díky použití pevné, tuhé matrice. Testy koroze prokázaly, že antikorozní vlastnosti spojených plechů, například pokovených hliníkem nebo pozinkovaných, zůstanou zachovány, z důvodu nepoškození povrchové vrstvy. Tato metoda spojování neřeže povrch spojovaných materiálů, takže povrchová vrstva materiálu zůstává neporušena. Pevnost v tahu a ve střihu závisí na kontrolním rozměru „X“, viz obr. 6, tedy na tloušťce spodní části spoje, za předpokladu, že jsou dodrženy parametry spojování a provozní životnost nástrojů.



Obr. 6 Kontrolní rozměr „X“ klinčového svaru [3]

V praktických aplikacích jsou klinčové spoje zatěžovány převážně tahem. Typickým selháním spoje jsou zlomeniny krku nebo rozdělení vrstev, jak je znázorněno na obr. 7. Tato selhání spoje úzce souvisí s tvarem spojového profilu. Například malá tloušťka krku t_N (viz obr. 7) může vést k lomu horní vrstvy na krku, kde je materiál nejtenčí. Malé podříznutí t_U může mít za následek oddělení horní vrstvy od spodní, protože vzájemné propojení mezi nimi je slabší.



Obr. 7 Typické modely selhání klinčového spoje [2]

Při namáhání tahem a střihem působí hlavní smykové zatížení v oblasti krku horní vrstvy pomocí vzájemného působení obou vrstev na sebe v geometricky uzamčeném spoji a postupně se zvyšuje. Lom na krku vzniká, když smykové napětí dosáhne hodnoty lomového napětí σ_τ, což je nejvyšší možné smykové napětí horní vrstvy. Lomové zatížení klinčového spoje lze vypočítat pomocí následující rovnice:

$$F_N = \sigma_\tau A = \pi(2R_p t_N + t_N^2)\sigma_\tau \quad (1.1)$$

kde: F_N – lomové zatížení [N]
A – projekční plocha krku [mm^2]
σ_τ – lomové napětí [MPa]
R_p – vnitřní poloměr spoje [mm]
t_N – tloušťka krku [mm]

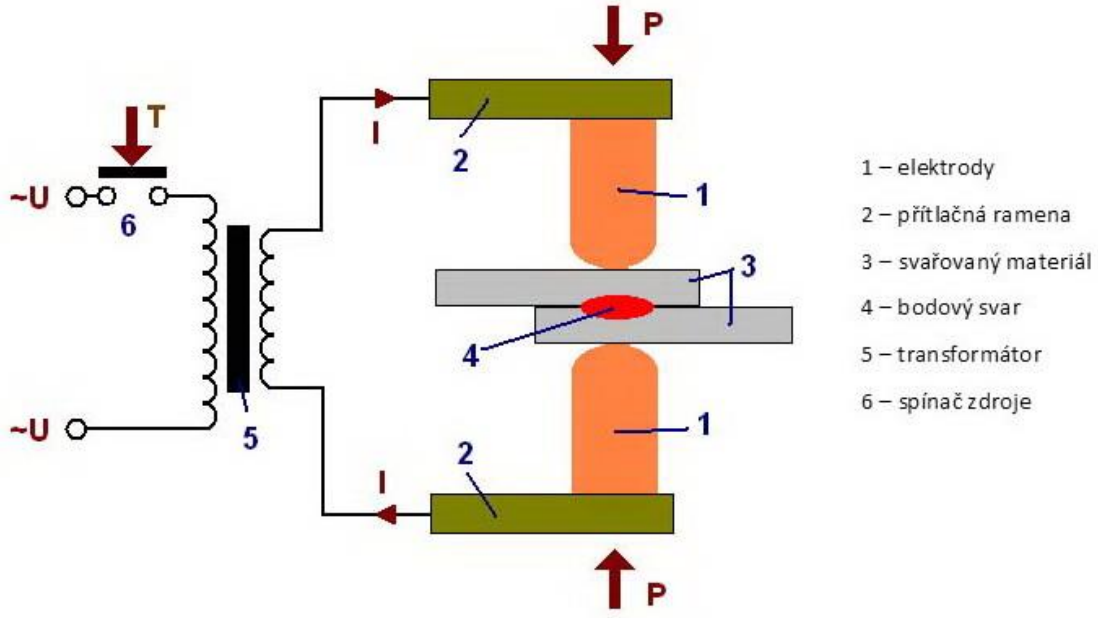
Rozdělení spoje je oddělení horní a spodní vrstvy způsobené nedostatečným geometrickým zamčením ve spoji. Horní vrstva prochází plastickou deformací během procesu rozdělování spoje. Tato deformace je podobná jako u tažení trubek bez trnu. Během procesu rozdělování spoje není plastická deformace osově symetrická. V tomto případě podléhá plastické deformaci pouze část spojovaného materiálu v horní vrstvě. Proto by měl být zahrnut korekční koeficient k_1 s hodnotou 0,9 pro spoj namáhaný tahem a střihem zároveň. Analytický model pro proces rozdělování spoje může být definován rovnicí:

$$F_p = k_1 \frac{\sigma_b}{\sigma_s} \sigma_s \pi R_p^2 \quad (1.2)$$

kde: F_p – hraniční zatížení [N]
k_1 – korekční koeficient [-]
σ_b – tahové napětí [MPa]
σ_s – smykové napětí [MPa]

1.2 Srovnání s bodovým svařováním [3], [7], [11], [13], [14], [15], [16], [17]

Asi nejčastější technologií ve spojování plechů je v této době bodové svařování. Spojení probíhá tak, že v jednom bodě se stlačí dva materiály proti sobě dvěma elektrodami, kterými prochází elektrický proud. Ve spojovaných materiálech tak vzniká velký odpor, což způsobí ohřev styčných ploch. Díky tomuto ohřevu a vyvíjenému tlaku tak dochází ke vzniku svaru. Schéma tohoto principu lze vidět na obr. 8.



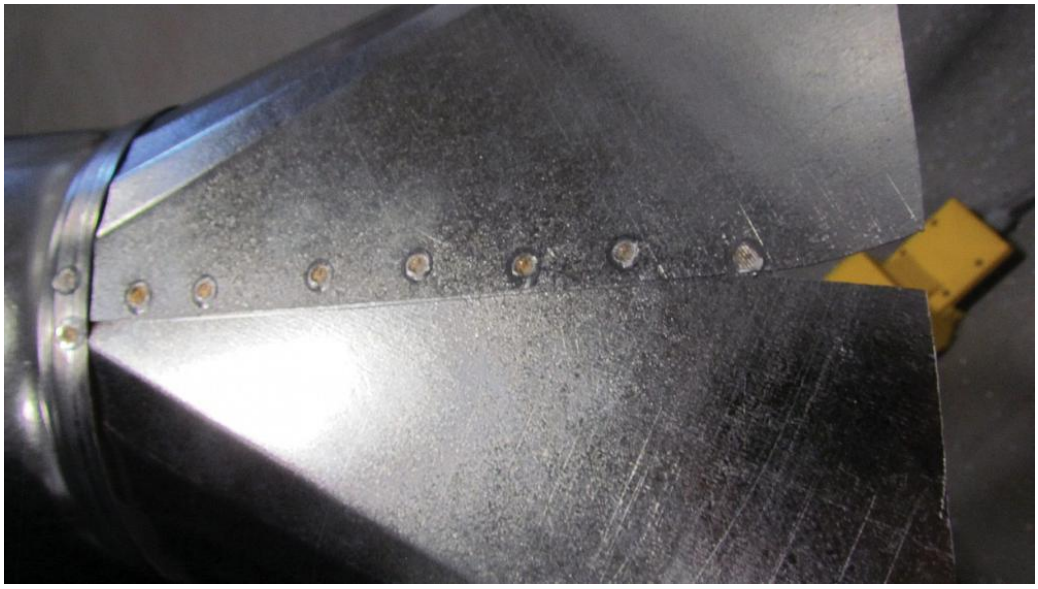
Obr. 8 Schéma bodového svařování [14]

Bodové svařování by v budoucnu mohlo být nahrazeno klinčováním. Pro vytvoření představy, jak si tyto metody vzájemně stojí, jsou níže uvedeny výhody a nevýhody klinčování oproti bodovému svařování.

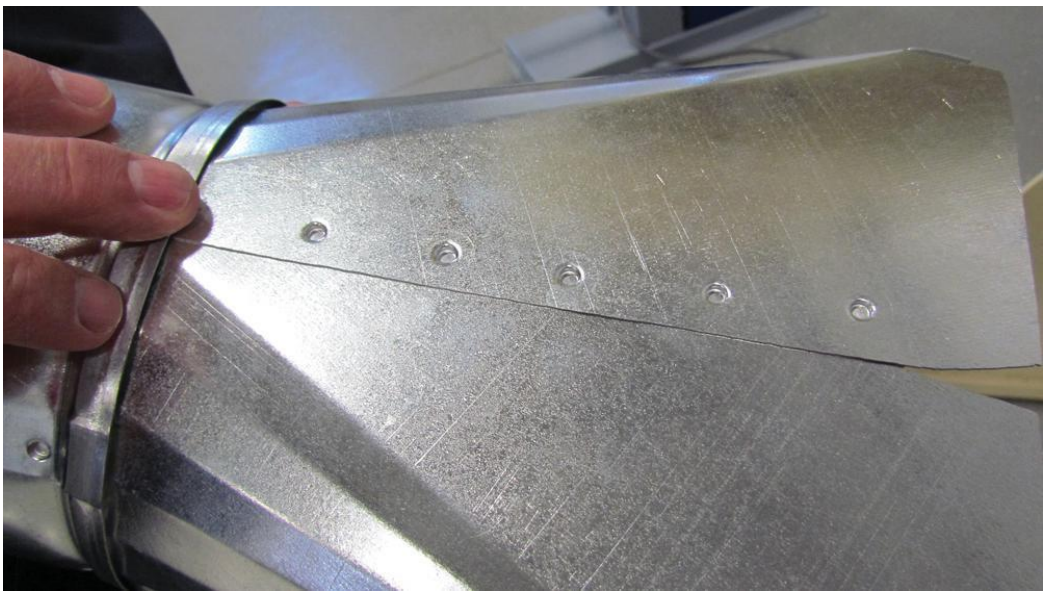
- Výhody klinčování:
  - tváří se za studena (za pokojové teploty) – nedochází k tepelnému ovlivnění spoje,
  - jde o čistou a ekologickou metodu spojování – nevytvářejí se jiskry, výpary nebo saze,
  - možnost spojovat materiály s povrchovou úpravou – například pozinkované, lakované atd,
  - možnost spojovat více druhů materiálů, a také kombinace různých druhů materiálů,
  - nedestruktivní testování spojů – za použití mechanické měrky,
  - dlouhá životnost nástrojů – stovky až tisíce spojů (někdy až stovky tisíc),
  - vhodné pro hybridní spojování – kombinace lepení a klinčování,
  - cenově výhodná metoda,
  - možnost vložit různé fólie nebo tlumící materiály mezi spojované plechy,
  - vysoká kvalita a životnost spojů,
  - dobrá vodivost spoje,
  - snadno automatizovatelný proces,
  - vyšší pevnost spoje – až o 70 %.

- Nevýhody klinčování:
  - vyžaduje více místa okolo místa plánovaného spoje,
  - vyšší pořizovací cena u většiny strojů (nemusí platit pro ruční kleště),
  - u většiny klinčovacích metod bude z jedné strany (ze strany kde byla matrice) přečnívat vytlačený materiál,
  - k provozu klinčovacích strojů je potřeba vzduchový kompresor.

Na obr. 9 a obr. 10 jsou zobrazeny dva stejné dílce, na obr. 9 je spoj pomocí bodového svařování a na obr. 10 je dílec spojen pomocí metody klinčování. Z obr. 9 je patrné popálení povrchu dílce v oblastech svarů, zatímco na obr. 10 lze vidět, že klinčování povrch nijak nepoškodilo.



Obr. 9 Použití bodového svařování [17]



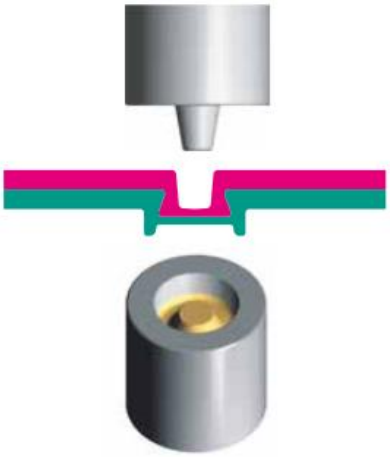
Obr. 10 Použití klinčování [17]

2 METODY KLINČOVÁNÍ [9], [11], [13], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26]

Spojováním dvou plochých polotovaru metodou klinčování se zabývá několik firem, z nichž nejznámější jsou TOX® PRESSOTECHNIK, Eckold, Böllhoff a BTM. Například firma TOX® PRESSOTECHNIK vyvinula velkou řadu těchto metod. Níže je uveden výčet těchto metod.

TOX® Round Joint

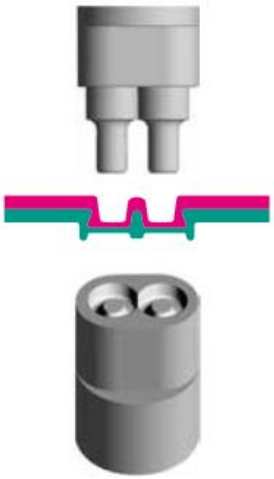
Tato metoda je nejpoužívanější a zároveň nejjednodušší. Jedná se o jednoduchý kulatý spoj, kdy razník vjíždí do polotovaru a ten je rovnoměrně tlačen do stran matrice, viz obr. 11. Vytvoří se esteticky přívětivý kulatý spoj bez jakýchkoli ostrých hran nebo otřepů, na kterých by mohla vznikat koroze. Při použití protikorozních povlaků nebo jiných ochranných vrstev nevznikají žádné potíže, protože tyto vrstvy tečou společně s materiálem. Elektrická vodivost tohoto spoje je excelentní. Úspora nákladů oproti bodovému svařování se u této metody pohybuje mezi 30 a 60 procenty. Statická pevnost tohoto spoje dosahuje až 70% pevnosti spoje vytvořeného bodovým svařováním, ovšem dynamická pevnost je vyšší.



Obr. 11 TOX® Round Joint [18]

TOX® TWINpoint

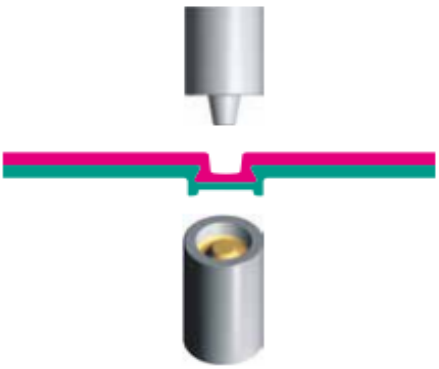
Tato metoda se využívá především u spojů, kde je potřeba zvýšená odolnost proti rotaci. Oproti jednotnému spoji také zvyšuje pevnost daného spoje. Jedná se o dva jednoduché kulaté spoje hned vedle sebe, viz obr. 12. Je to ideální metoda pro malé příruby a limitované prostory instalace. Statická pevnost tohoto spoje je prakticky stejná jako u spoje vytvořeného bodovým svařováním.



Obr. 12 TOX® TWINpoint [18]

TOX® MICROpoint

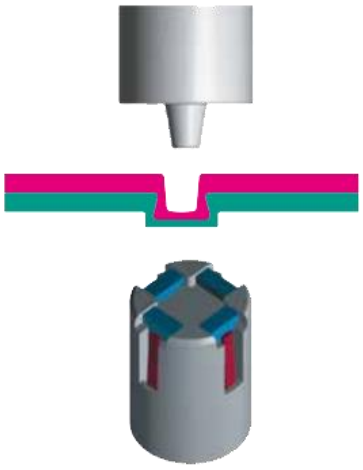
Tato metoda je úplně stejná jako metoda TOX® Round Joint, viz obr. 13, s tím rozdílem, že se jedná pouze o průměry od 1,5 mm do 2 mm. Je to nejvhodnější metoda pro spojování plechů tloušťky od 0,1 mm do 0,5 mm, případně různých tenkých přírub. Elektrická vodivost tohoto spoje je také výborná.



Obr. 13 TOX® MICROpoint [18]

TOX® – SKB

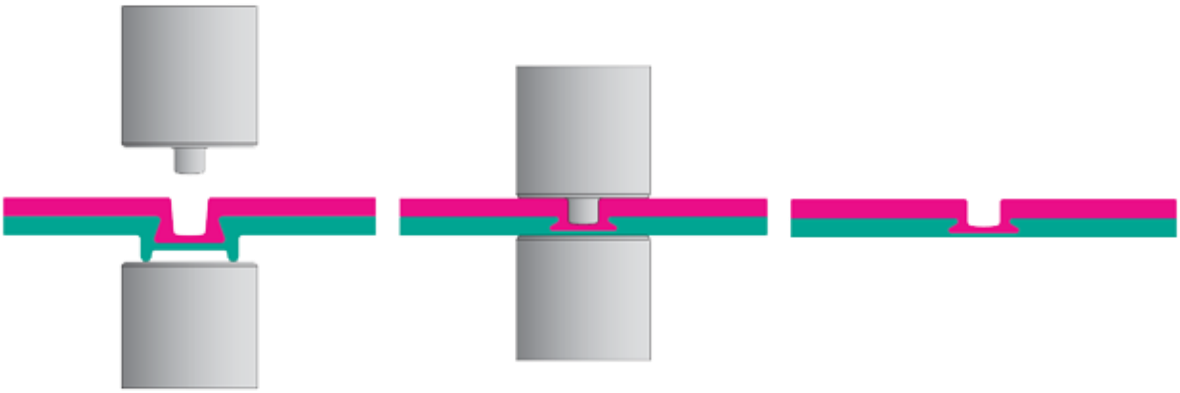
Metoda TOX® SKB se od ostatních metod hodně liší. Jedná se totiž o speciální spojovací metodu, která má v matrici jak pevné, tak i pohyblivé segmenty, viz obr. 14. Spojované polotovary a razník jsou vystředěny pevnými segmenty, které umožňují perfektní vycentrování daného spoje. Pohyblivé prvky mezi pevnými segmenty umožňují vzájemné spojení polotovarů ve spoji. Výhodami oproti klasickému TOX® Round Jointu je vyšší flexibilnost a plošší profil spoje.



Obr. 14 TOX® SKB [18]

TOX® Flat Joint / TOX® SKB Flat

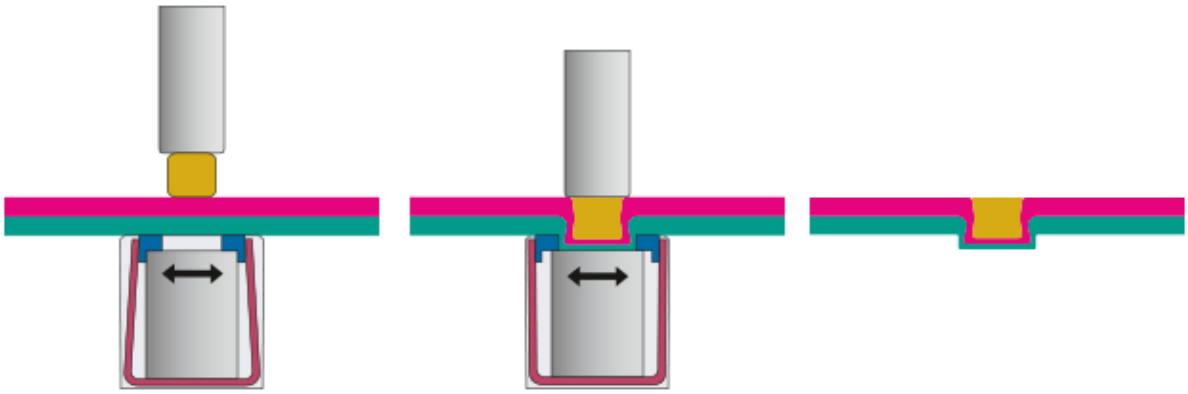
V některých případech není vytvoření klasického spoje vhodné, proto byla vytvořena metoda TOX® Flat Joint a TOX® SKB Flat. Vytvoření plochého spoje je rozděleno do dvou částí, viz obr. 15. V prvním kroku se vytvoří buď normální TOX® Round Joint nebo TOX® – SKB. V druhém kroku se pak vytvořený spoj vyrovná s přesností ± 0.1 mm. Vytvoření plochého spoje nijak zvlášť neovlivní pevnost v tahu ani pevnost ve smyku daného spoje.



Obr. 15 TOX® Flat Joint [18]

TOX® ClinchRivet

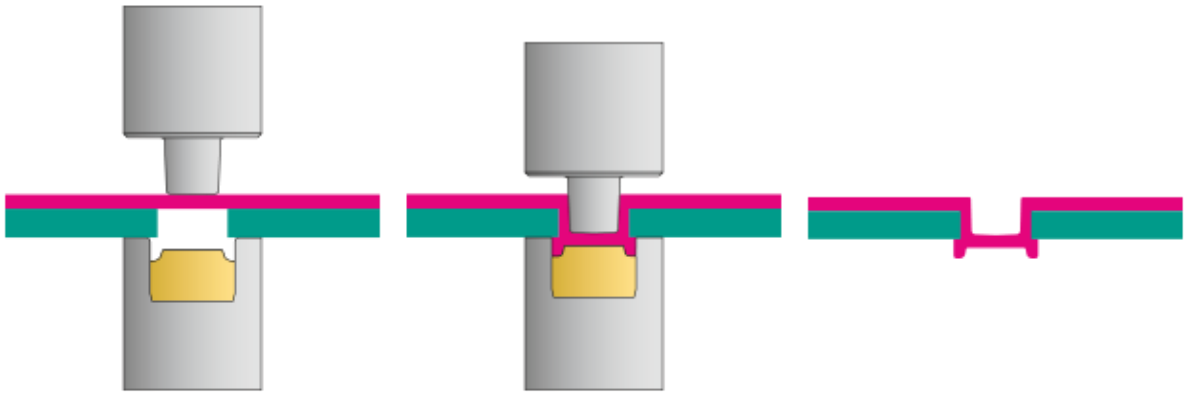
Tato metoda se od ostatních zásadně liší. Je to hlavně tím, že používá přídavný materiál, kterým je malý válcový nýt. Tento spoj je vytvářen podobným způsobem jako například klasický TOX® Round Joint, ovšem v tomto případě je razník nahrazen samotným nýtem, který ze spoje už ovšem nevyjíždí, ale zůstává v něm, viz obr. 16. Tímto způsobem se zásadně zvýší pevnost spoje, a to především při použití tenkých polotovarů. Všechny ostatní výhody klasického TOX® Round Jointu navíc platí i pro tuto metodu.



Obr. 16 TOX® ClinchRivet [18]

TOX® Vario Joint

Tato metoda byla vyvinuta pro speciální případy spojování plechů technologií klinčování. Mezi tyto speciální případy se řadí spojování plechů s velkými rozdíly v tloušťce, spojování při vyvíjení velké síly, kombinace dobře a špatně tvářitelných materiálů nebo třeba klinčování nekovových materiálů. Princip této metody spočívá v tom, že jeden ze spojovaných polotovarů je už předem provrtaný a poté je ten lépe tvářitelný z nich protlačen skrze otvor vytvořený v prvním polotovaru, viz obr. 17. Vytvořené spojení má vyšší pevnost proti radiálním i axiálním silám. Během jednoho stlačení lze vytvářet několik spojů najednou. Tento proces vyžaduje přesné zarovnání obou polotovarů.

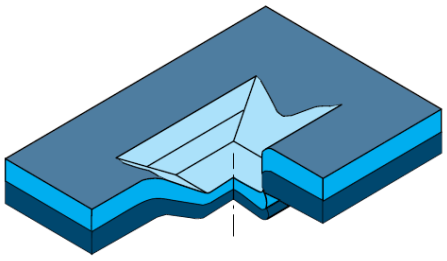


Obr. 17 TOX® – Vario Joint [18]

Další firmou, která vyvinula vlastní typy klinčovacích spojů je německá firma Eckold. Tato firma používá čtyři základní typy spojů, jeden z nich má obdélníkový tvar a zbylé tři mají kulatý tvar. Zde je uveden přehled těchto spojů.

S-DF

Jedná se o obdélníkový spoj s částečným prostřihem. Používá se u spojování polotovarů s různými deformačními vlastnostmi a u spojování více než dvou vrstev. Na obr. 18 je zobrazen částečný řez tímto spojem. V tabulce 1 jsou vypsány hodnoty přídržných sil S-DF spoje pro hliník a měkkou ocel.



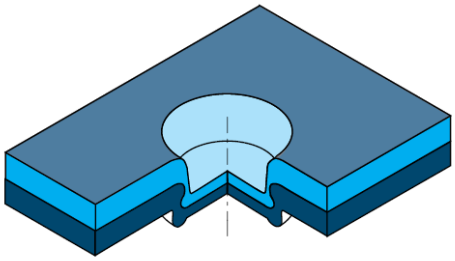
Obr. 18 Částečný řez S-DF spojem [19]

Tab. 1 Hodnoty přídržných sil S-DF spoje [19]

Šířka S-DF razníku	Smykové síly – příčné		Smykové síly – podélné		Síly příčného napětí	
	hliník	měkká ocel	hliník	měkká ocel	hliník	měkká ocel
2 mm	1150 N	1400 N	1100 N	1150 N	380 N	580 N
3 mm	1380 N	1900 N	1280 N	1400 N	420 N	720 N
4 mm	1750 N	2400 N	1600 N	2000 N	620 N	900 N

R-DF

Jedná se o kulatý spoj bez prostřihu s pohyblivou matricí. Je vhodný pro použití u spousty variant spojovaných materiálů a různých kombinací tlouštěk polotovarů. Smyková napětí na něj působící jsou symetrická. Částečný řez tímto spojem je zobrazen na obr. 19. V tabulce 2 jsou vypsány hodnoty přídržných sil R-DF spoje pro hliník a měkkou ocel.



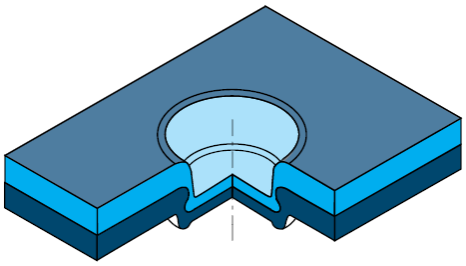
Obr. 19 Částečný řez R-DF spojem [19]

Tab. 2 Hodnoty přídržných sil R-DF spoje [19]

Průměr matrice	Smykové síly		Síly příčného napětí	
	hliník	měkká ocel	hliník	měkká ocel
6 mm	1200 N	1800 N	700 N	1300 N
8 mm	1800 N	3000 N	1000 N	1450 N

G-DF

Jedná se o kulatý spoj bez prostřihu s pevnou matricí určený pro spoje tenkých přírub s minimální deformací. Lze ním spojovat polotovary z různých materiálů a také polotovary ze špatně tvářitelných materiálů. Smyková napětí na něj působící jsou symetrická. Částečný řez tímto spojem je zobrazen na obr. 20. V tabulce 3 jsou vypsány hodnoty přídržných sil G-DF spoje pro hliník a měkkou ocel.



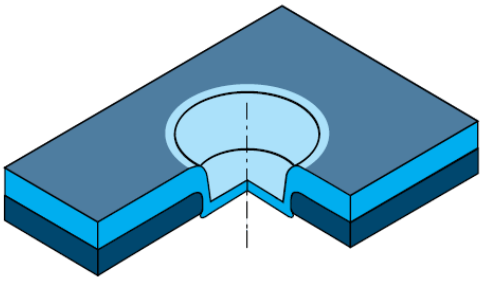
Obr. 20 Částečný řez G-DF spojem [19]

Tab. 3 Hodnoty přídržných sil G-DF spoje [19]

Průměr matrice	Smykové síly		Síly příčného napětí	
	hliník	měkká ocel	hliník	měkká ocel
6 mm	1700 N	1950 N	600 N	1500 N
8 mm	2650 N	3400 N	750 N	1450 N

CONFIX

Jedná se o kulatý spoj bez prostřihu se spojem do otvoru v jednom z materiálů. Tento spoj je určený zejména pro spoje polotovarů s velkým rozdílem tlouštěk, ale také pro spojování polotovarů se špatnými deformačními vlastnostmi. Částečný řez tímto spojem je zobrazen na obr. 21. V tabulce 4 jsou vypsány hodnoty přídržných sil CONFIX spoje pro hliník a měkkou ocel.

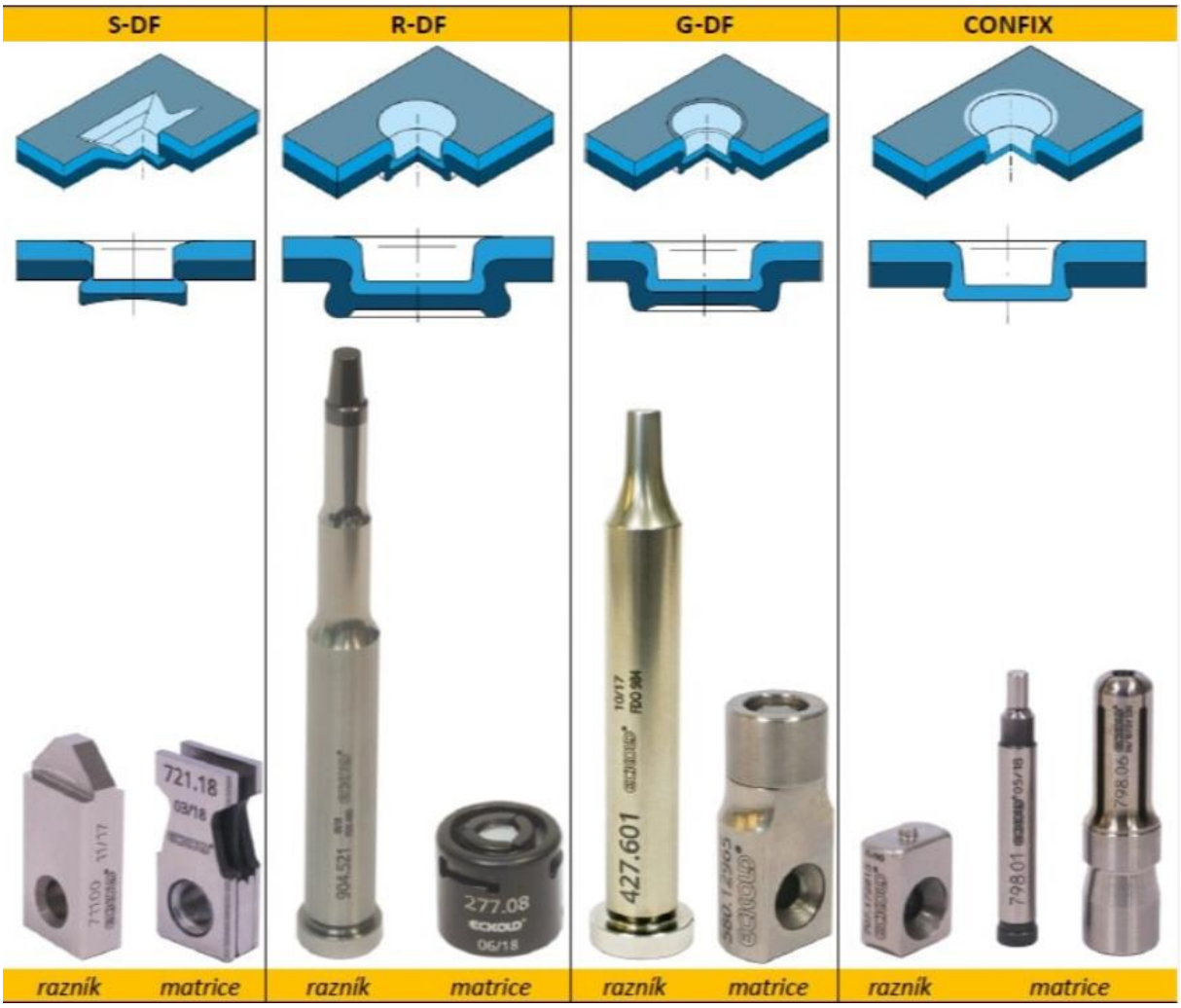


Obr. 21 Částečný řez CONFIX spojem [19]

Tab. 4 Hodnoty přídržných sil CONFIX spoje [19]

Průměr matrice	Smykové síly		Síly příčného napětí	
	hliník	měkká ocel	hliník	měkká ocel
5 mm	1680 N	2400 N	600 N	1280 N
6 mm	1820 N	3000 N	1000 N	1500 N

Hodnoty přídržných sil v tabulkách 1–4 se vztahují na spojené polotovary z oceli (DC01) nebo hliníku (AlMg3) o tloušťce jedné vrstvy 1 mm. Pokud jsou použity jiné materiály nebo tloušťky polotovarů, získají se zcela odlišné hodnoty. Na obr. 22 lze vidět všechny tyto typy i s jednotlivými razníky a matricemi používanými u daných typů spojů.

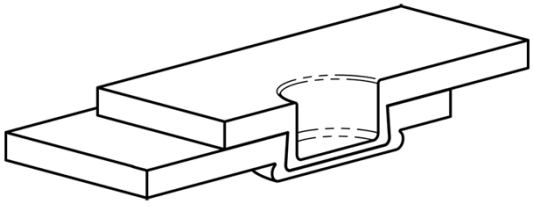


Obr. 22 Typy spojů firmy Eckold [11]

Firma BTM se také řadí mezi firmy, které vyvinuly vlastní klinčovací metody, dokonce uvádí, že je světovým lídrem ve vývoji klinčovacích spojů. Níže je uveden přehled jejich základních čtyř metod.

Tog-L-Loc

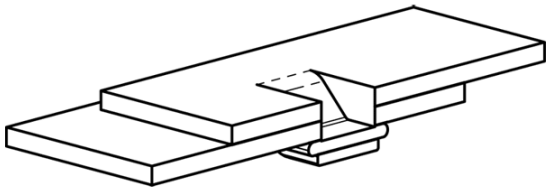
Metoda Tog-L-Loc (obr. 23) vytváří pevný a nepropustný spoj téměř v jakékoli kombinaci tvárných materiálů. Kromě měkké oceli lze tuto metodu použít také pro spojování galvanizované oceli, lakované oceli, hliníku, mědi, různých kovových kombinací, některých nerezových ocelí, kovů s adhezivní vrstvou, a dokonce i zvukově izolační oceli. Výsledkem spojovacího procesu je kulatý spoj. Tato metoda využívá vestavěné matrice integrovanými vypouštěcími otvory, které pomáhají udržovat matrici čistou v aplikacích používající maziva. Je snadným řešením spojování hladkých nebo potažených plechů. Jedná se o nejpoužívanější spoj firmy BTM. Je široce používán pro výrobu automobilů, domácích spotřebičů, nábytku, elektrických výrobků, stavebních potřeb a dalších.



Obr. 23 Příčný průřez Tog-L-Loc spojem [24]

Lance-N-Loc

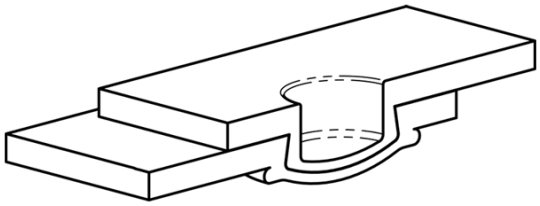
Metoda Lance-N-Loc (obr. 24) spojuje tvrdé kovy (často korozivzdorné) a kovy s nekovovými materiály (těsnění, filtrační látky). Spojené polotovary jsou proděravěné a stlačené pro vytvoření mechanického zámku pod spodní vrstvou plechu. Toho se dosáhne díky tomu, že během spojovacího procesu, když je materiál protlačován razníkem do matrice, se čepele matrice rozšiřují, což umožňuje materiálu zatéci pod spodní vrstvu spojovaných plechů. Konečným výsledkem je spoj s větší šířkou než proděravěná část polotovarů, díky tomuto systému se dosáhne vyšších pevností spoje. Může vytvářet tlusté i tenké spoje, a také kombinace více než dvou vrstev polotovarů. Je ideální pro použití v aplikacích, kde je vyžadována elektrická vodivost spoje. Nevýhodou této metody je fakt, že výsledný spoj není vodotěsný.



Obr. 24 Příčný průřez Lance-N-Loc spojem [24]

V-Loc

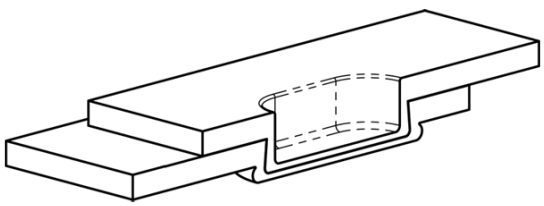
Jedná se o metodu používanou především ke spojování polotovarů z materiálů, jako je například hliník, náchylných na stárnutí a zpevňování. Touto metodou lze dosáhnou vysoce kvalitních spojů vizuálně příjemného vzhledu. Unikátní geometrie metody V-Loc (obr. 25) zlepšuje tok materiálu a vytváří spoj odolný vůči vzniku krčku a účinkům předpětí. Nejčastěji je tato metoda používána ke spojování vysoce pevných hliníkových fólií s nebo bez přidaných adheziv. Často se také používá ke spojování hliníku s jiným materiálem. Minimální tloušťka jedné vrstvy polotovaru je 0,4 mm. Pokud polotovary nemají stejnou tloušťku, je výhodné mít tlustší polotovar na straně razníku, ovšem nepřesahující poměr tlouštěk 3:1. Když je tlustší polotovar na straně matrice, tak nesmí být poměr tlouštěk polotovarů větší než 2:1.



Obr. 25 Příčný průřez V-Loc spojem [24]

Oval-Loc

Metoda Oval–Loc (obr. 26) je ideální pro aplikace připojení elektrických terminálů. Vytváří silné, podlouhlé, utěsněné spoje pro úzké prostory s geometrií uzamčených součástí. Tato metoda odolává lépe rotačnímu namáhání než kterákoli jiná metoda vyvinutá firmou BTM. Tato metoda má stejné výhody jako metoda kulatého spoje Tog-L-Loc, ovšem s přidáním lepší rotační odolnosti a také zvýšené pevnosti spoje. Platí zde stejná minimální tloušťka jedné vrstvy polotovaru jako u metody V-Loc a také stejné maximální poměry tlouštěk dvou vrstev.



Obr. 26 Příčný průřez Oval-Loc spojem [24]

3 STROJE A NÁSTROJE [8], [9], [11], [24], [26]

V této kapitole je uveden přehled běžně užívaných strojů a nástrojů. Na trhu je velký výběr od velkého množství firem. Většina velkých firem, které ve výrobě používají technologii klinčování, jako například již zmíněné firmy TOX® PRESSOTECHNIK, Eckold, Böllhoff a BTM, si vyvíjí své vlastní stroje a k nim příslušné nástroje, aby jim lépe vyhovovaly k jejich specifické výrobě. Co se strojů týče, tak především ty velké se používají pro sériovou výrobu, častokrát plně zautomatizovanou. Zatímco ruční kleště slouží spíše ke kusové výrobě kvůli tomu, že spojování ručními klešti nelze zautomatizovat, protože je vždy potřeba, aby byly ovládány dělníkem. Nástroje pro klinčování jsou pouze dva, razník a matrice. Razník je nástroj pohyblivý v jedné ose, na rozdíl od matrice, která je nepohyblivá.

3.1 Stroje a klinčovací kleště [9], [12], [19], [27], [28], [29]

Stroje pro klinčování nemusí být vždy pouze velké lisy, ale může se jednat i o malé ruční kleště. S těmito kleštěmi může výrobní dělník snadno zacházet a není tedy vázán pouze na stroje velké a nepřenosné. Níže je uveden přehled kleští a stacionárních strojů vyvinutých firmami TOX® PRESSOTECHNIK a Eckold.

a) TOX® ruční kleště

- Typ CMH 03.45 – Jedná se o ruční kleště s C – třmenem poháněné pneumaticko-hydraulickým posilovačem a hydraulickým válcem, viz obr. 27. Lisovací síla při tlaku oleje 470 barů je 45 kN.
- Typ CHH 03.45 a CHH 03.75 – Tyto dva typy ručních kleští jsou vhodné ke spojování dílců se složitými a členitými tvary, a to díky C – třmenům v různých provedeních. Tyto ruční kleště jsou poháněny hydraulickým pohonem, který je integrován v otočném závěsném ramenu, viz obr. 28. Otevření nástroje je 6 mm a zdvih až 50 mm. Lisovací síla je při tlaku oleje 250 barů buď 45 kN nebo 75 kN.
- Typ CMH 04.45 – Tento typ ručních kleští v provedení X je určen pro obtížně přístupná místa. Využívá nůžkový pohyb. Lisovací síla při tlaku oleje 470 barů je 45 kN. Z důvodu bezpečnosti je otevření kleští 6 mm, viz obr. 29.

Obr. 27 Ruční kleště CMH 03.45 [27]

Obr. 28 Ruční kleště CHH 03.45 a CHH 03.75 [27]

- Typ CHH 04.45 – Je to další typ ručních kleští, který používá provedení X (nůžkový pohyb). Tyto kleště, zobrazené na obr. 29, spojují plechy v rovině kolmé k ose pohonu. Lisovací síla při tlaku oleje 250 barů je 45 kN. Při jednoručním ovládání je otevření kleští 6 mm, ovšem při dvouručním ovládání lze dosáhnout otevření až 30 mm.
- Typ CMH 01.45 – Tento typ ručních kleští byl původně určen pro spojování plechů ventilačních systémů. Lisovací síla při tlaku oleje 6 barů je 45 kN. Vyznačuje se svou robustní konstrukcí a díky přívodu hydraulickému systému integrovanému v závěsném rameni, které je otočné až o 360°, také velice snadnou manipulací. Díky nastavitelnému zdvihu se dosáhlo vysoké opakovatelné přesnosti rozměru X a dlouhé životnosti nástrojů. Typ kleští CMH 01.45 je zobrazen na obr. 29.

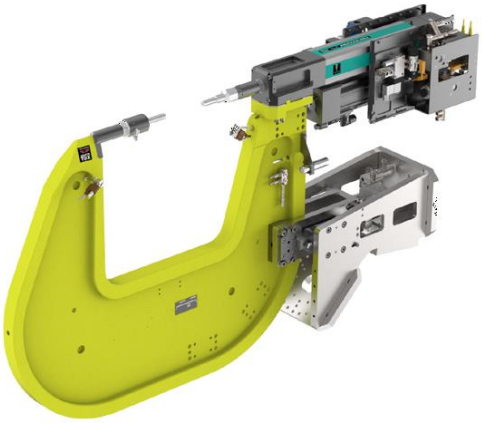
Obr. 29 Ruční kleště CMH 01.45, CMH 04.45 a CHH 04.45 [27]

- Typ CMH 02.30 – Jedná se o superkompaktní přírubové kleště, obr. 30. Lisovací síla při tlaku oleje 6 barů je 30 kN. Mají pevný razník a pevnou matrici. Jsou navrženy pro spojování velmi malých přírub a lemů. Díky pevným nástrojům bylo dosaženo jejich velice dlouhé životnosti. Stejně jako u typu CMH 01.45 je zde zaveden integrovaný přívod hydrauliky, z čehož vyplývá snadná manipulace.

Obr. 30 Ruční kleště CMH 02.30 [28]

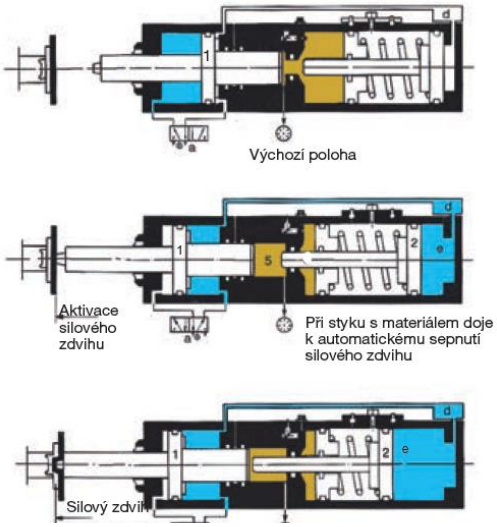
b) TOX® robotické kleště (obr. 31)

Jsou navrženy pro vysokou produktivitu ve výrobních linkách a robotických buňkách. Často se používají v plně automatizované výrobě. Otevření nástrojů je až o 95 mm a lisovací síla se pohybuje mezi 50 kN a 80 kN. Díky modulárnímu systému, založeném na různých typech pohonů, různých provedeních třmenu a nástrojů poskytují volnost při výběru vhodných kleští pro dané aplikace. Tento modulární systém umožňuje libovolně kombinovat standardizovaná rozhraní. Díky tomu se zajistí vysoká kvalita u všech aplikací. Lze při tom vybírat z několika různých pohonů:



Obr. 31 Robotické kleště typu TZ s pohonem na straně [28]

- TOX® PowerPackage – Lisovací síla se pohybuje mezi 2 a 2000 kN. Jedná se o energeticky úsporné pneumatické válce s integrovaným hydraulickým systémem a automatickým sepnutím silového zdvihu. Princip tohoto pohonu je zobrazen na obr. 32. Kombinací pneumatického a hydraulického systému se dosáhne následujících výhod:
  - celkový zdvih až 400 mm,
  - silový zdvih až 200 mm,
  - hydraulické tlumení koncové polohy,
  - minimum pohyblivých částí,
  - ochrana proti přeplnění olejem,
  - nízká spotřeba energie,
  - vysoká odolnost proti opotřebení,
  - vysoká frekvence zdvihů,
  - snadná montáž nástrojů,
  - široký sortiment příslušenství,
  - provedení se vzduchovou pružinou.

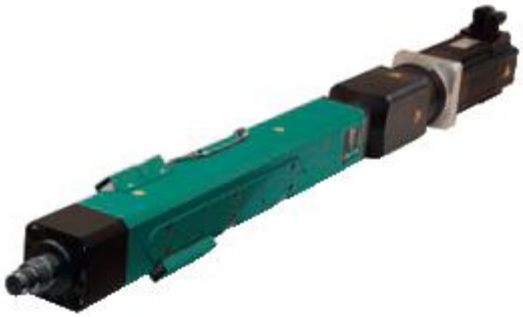


Obr. 32 Funkce TOX® Powerpackage [27]

- TOX® PowerKurver – Jedná se o robustní čistě pneumatický pohon, jehož lisovací síla se pohybuje mezi 0,5 a 90 kN. Je zobrazen na obr. 33.

Obr. 33 TOX® PowerKurver [9]

➢ TOX® ElectricDrive – Jedná se o modulární elektromechanický servopohon s lisovací silou až 700 kN, viz obr. 34. Elektromechanické servopohony se používají, pokud daná aplikace vyžaduje větší flexibilitu a přesnost. Pohony TOX® ElectricDrive jsou nejlepším a nejuniverzálnějším řešením pro všechny aplikace. Jejich výhodami jsou:



Obr. 34 Standardní TOX® Elektrický servopohon EPMS [9]

- dlouhá životnost a robustnost,
- vysoká účinnost,
- nízké provozní náklady,
- vysoká mechanická přesnost,
- široké možnosti nastavení parametrů,
- vysoký dynamický výkon v silovém i polohovacím módu.

c) Eckold spojovací kleště

- MZD 45/35 P – Jedná se o ruční přenosné kleště poháněné stlačeným vzduchem. Tyto kleště jsou zobrazeny na obr. 35. Ocel a hliník jimi lze spojovat maximálně do tloušťky 3,5 mm. Lisovací síla při tlaku oleje 5 barů je 35 kN. Při jednom použití spotřebují 5 litrů vzduchu. Váha těchto kleští je 9,5 kg. Spoj vytvářený kleštěmi MZD 45/35 P je typu S-DF zobrazeném na obr. 18. Jejich hlavními výhodami jsou:

Obr. 35 Spojovací kleště MZD 45/35 P [12]

  - velké hrdlo,
  - mechanizmus otočný o 360°,
  - skvělá přesnost,
  - nastavitelný záběr,
  - levné nástroje,
  - levné provozní náklady.

- MCD 30/50 AH – Jedná se o malé mobilní kleště poháněné akumulátorovou baterií, viz obr. 36. Byly vyvinuty pro spojování plechů a nejrůznějších profilů na stavbách. Jsou velice lehké s vahou 6,5 kg. Typy vytvářených spojů jsou R-DF (obr. 19) a G-DF (obr. 20). Největší celková tloušťka spojovaných polotovarů je 3 mm pro ocel a 4 mm pro hliník. Na jedno nabití baterie lze vytvořit cca 300 spojů za použití lisovací síly 50 kN.

Obr. 36 Spojovací kleště MCD 30/50 AH [12]

- MZD 25/3 PH – Jedná se o lehké jednoruční kleště, speciálně navržené pro mobilní použití. Díky své váze (4,5 kg) a svému designu, viz obr. 37 mohou být použité v jinak obtížně dostupných místech. Kleště mají pneumaticko-hydraulický pohon s lisovací silou 30 kN. Vytvářejí S-DF spoj, viz obr. 18. Maximální tloušťka spojovaných polotovarů je 3 mm.
- MZD 35/35 – Lehké a snadno ovladatelné kleště s pneumaticko-hydraulickým pohonem pro širokou škálu aplikací (obr. 38). Jejich hlavním využitím je spojování plechových dílců z různých druhů materiálů. Typ spoje je buď R-DF (obr. 19) nebo S-DF (obr. 18). Jejich váha je pouze 3,5 kg a lisovací síla 35 kN.
- MCD 30/5 PH – Jedná se o lehké jednoruční kleště s otočnou nástrojovou hlavou poháněné pneumaticko-hydraulicky, viz obr. 39. Maximální lisovací síla je 50 kN. Vytvářejí R-DF (obr. 19) nebo S-DF spoj (obr. 18) a spojují polotovary až do tloušťky 3 mm.
- MZD 60/6 – Jedná se o velké robustní kleště s vahou 36 kg. Jsou poháněny jednočinným hydraulickým válcem, který umožňuje celkovou lisovací sílu až 80 kN. Jsou zobrazeny na obr. 40. Vytváří S-DF (obr. 18) a R-DF (obr. 19) spoje a mohou spojovat polotovary o celkové tloušťce 3,5 mm.

Obr. 37 Spojovací kleště MZD 25/3 PH [12]

Obr. 38 Spojovací kleště MZD 35/35 [12]

Obr. 39 Spojovací kleště MCD 30/5 PH [12]

Obr. 40 Spojovací kleště MZD 60/6 [12]

d) Eckold stacionární stroje

- DFG 500 / 60 – Jedná se o univerzální stacionární stroj pro spojování plechů a profilů, viz obr. 41. Díky svému velkému vyložení se v něm mohou spojovat i duté profily. Ramena se ovládají pomocí nožního spínače. Stroj je schopen vytvářet S-DF (obr. 18) a R-DF (obr. 19) spoje, a to za pomocí lisovací síly 60 kN.
- MFG 500 / 150 H – Rám tohoto stroje je ve tvaru C, což umožňuje širokou škálu aplikací a jedná se tak o stroj s velkou všestranností. Lze na něm vytvářet všechny čtyři spojů od firmy Eckold, a to S-DF, R-DF, G-DF a CONFIX, viz obr. 22. Dokáže spojovat polotovary až do tloušťky 5,5 mm, a to díky jeho velké lisovací síle s hodnotou až 150 kN. Stroj je zobrazen na obr. 42.

Obr. 41 Stacionární stroj DFG 500/60 [12]

Obr. 42 Stacionární stroj MFG 500/150H [12]

3.2 Nástroje pro klinčování [13], [20], [21], [22], [23], [24], [25]

Jak už bylo uvedeno, tak klinčovací nástroje se rozdělují na razníky a matrice. Ke každé klinčovací metodě se ovšem hodí jiné nástroje. Je navíc nezbytné, aby byl právě používaný razník kompatibilní spolu s právě používanou matricí. Níže je uveden přehled razníků a matric od firmy BTM ke každé z jejich metod.

Tog-L-Loc – matrice

Pro tuto metodu se používají tři základní druhy matric, viz obr. 43:

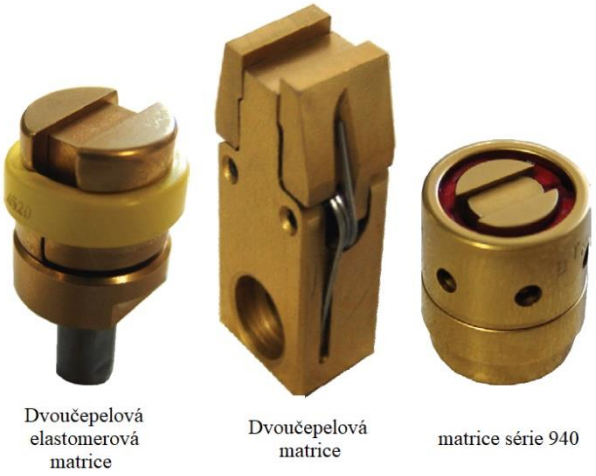
- tříčepelová elastomerová matrice – ideální, když ochrana matrice může být upravena tak, aby začlenila konturové prvky,
- dvoučepelová matrice – ideální, když je místo spoje umístěno velmi těsně u příruby, kde mohou čepele pracovat paralelně,
- matrice série 940 – tento typ matice je vybaven vestavěným ochranným štítem, který obklopuje elastomerový prstenec a tři čepele matrice.

Obr. 43 Druhy matric pro metodu Tog-L-Loc [25]

Lance-N-Loc – matrice

Stejně jako u předchozí metody se matrice pro tuto metodu rozdělují na tři druhy, viz obr. 44:

- dvoučepelová elastomerová matrice – ideální, když ochrana matrice může být upravena tak, aby začlenila konturové prvky,
- dvoučepelová matrice – ideální, když je místo spoje umístěno velmi těsně u příruby, kde mohou čepele pracovat paralelně,
- matrice série 940 – tento typ matice je vybaven vestavěným ochranným štítem, který obklopuje elastomerový prstenec a dvě čepele matrice.



Obr. 44 Druhy matric pro metodu Lance-N-Loc [25]

V-Loc – matrice

Pro tuto metodu se používá pouze matrice série 940, zobrazena na obr. 45 vlevo. Tato matrice se objevuje ve čtyřech velikostních variantách, viz Tab. 5.

Tab. 5 Rozměry V-Loc matric [22]

Typ	Délka (mm)	Vnější průměr (mm)	Průměr čepelí (mm)	Hloubka díry (mm)	Výška čepelí (mm)
3.8	16	13,5	12	4,6	3,12
4.6	16	16	12	4,6	3,12
5.5	19	19	14	6,6	3,12
6.4	22	22	18	5,6	4,13

Oval-Loc – matrice

Stejně jako u metody V-Loc se u této metody používá pouze matrice série 940, zobrazena na obr. 45 vpravo. Ovšem u metody Oval-Loc se tato matrice objevuje pouze ve dvou velikostech, viz Tab. 6.

Tab. 6 Rozměry Oval-Loc matric [23]

Typ	Délka (mm)	Vnější průměr (mm)	Průměr čepelí (mm)	Hloubka díry (mm)	Výška čepelí (mm)
TLO-3x6	19	19	14	6,6	3,12
TLO-4x8	22	20,5	18	5,6	4,11

V-Loc Oval-Loc

Obr. 45 Matrice metody V-Loc a metody Oval-Loc [24]

Tog-L-Loc – razníky (obr. 47)

Razník pro tuto metodu se vyrábí ve třech průměrech, viz Tab. 7.

Tab. 7 Rozměry razníků metody Tog-L-Loc [20]

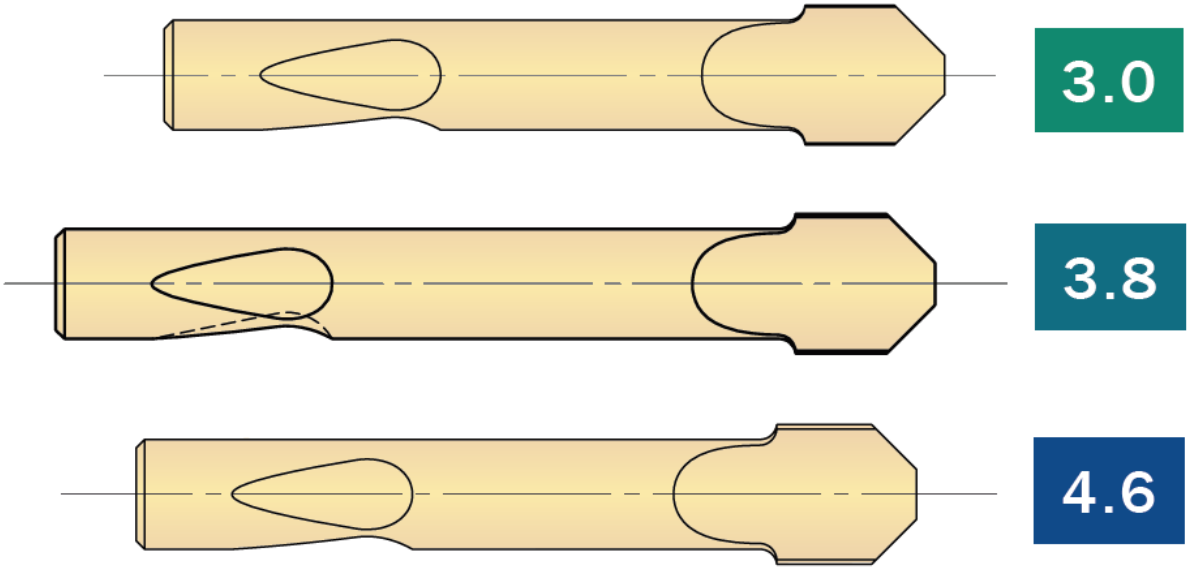
Typ	Průměr (mm)	Délky (mm)	Rádius na konci (mm)
3.0 3.8 4.6 5.5	10	71 80 90 100	0.01 0.02
6.4	13	100 125	0.01 0.02
7.6	16	100 125	0.02 0.03

Lance-N-Loc – razníky (obr. 47)

Pro tuhle metodu se vyrábí tři druhy razníků, všechny mají ale stejné základní rozměry, viz Tab. 8. Liší se pouze umístěním výřezu, který slouží k upnutí nástroje, viz obr. 46.

Tab. 8 Rozměry razníků metody Lance-N-Loc [21]

Typ	Průměr (mm)	Délky (mm)	Průměr hlavy (mm)
3.0 3.8 4.6	10	71 80 90 100	12,7



Obr. 46 Typy razníků metody Lance-N-Loc [21]

V-Loc – razníky (obr. 47)

Pro tuto metodu existují čtyři typy razníků, viz Tab. 9. Tři z nich se vyrábí se stejným průměrem i délkami, ale liší se v průměru hlavy razníku.

Tab. 9 Rozměry razníků metody V-Loc [22]

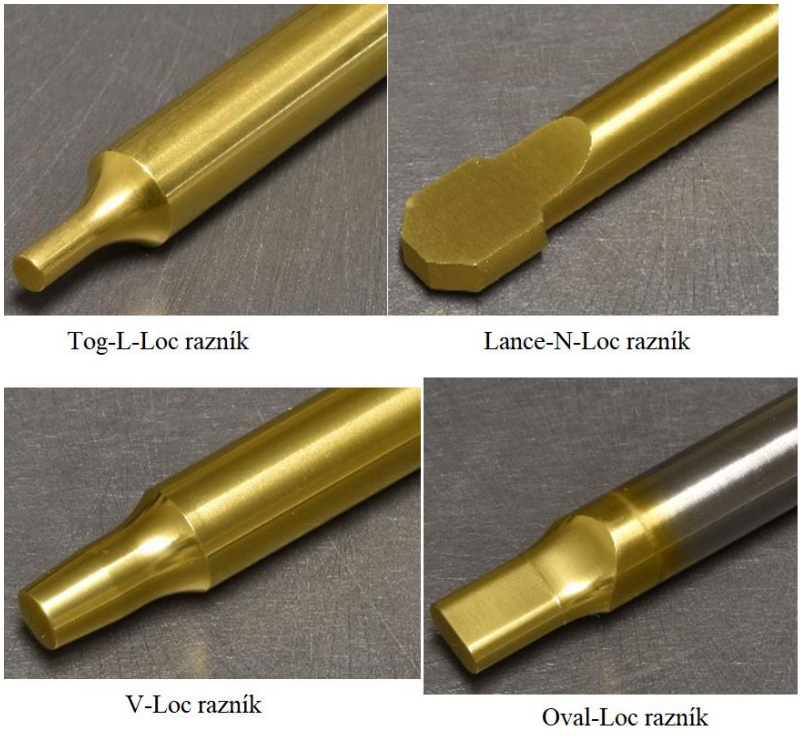
Typ	Průměr (mm)	Délky (mm)	Možné tloušťky spojovaných polotovarů (mm)
VL-3.8	10	71 100	0,8 – 2,1
VL-4.6			1,1 – 3,0
VL-5.5			1,6 – 4,5
VL-6.4	13	125	3,5 – 6,1

Oval-Loc – razníky (obr. 47)

U této metody se používají dva typy razníku, viz Tab. 10. Oba typy mají stejné základní rozměry. Liší se ovšem rozměrem hlavy razníku.

Tab. 10 Rozměry razníků metody Oval-Loc [23]

Typ	Průměr (mm)	Délky (mm)	Rozměr hlavy (mm)	Možné tloušťky spojovaných polotovarů (mm)
TLO-3x6	10	100	3x6	0,8 – 4,0
TLO-4x8	10	100	4x8	2,0 – 6,0



Obr. 47 Razníky firmy BTM [24]

4 PŘÍKLADY POUŽITÍ V PRAXI [18], [19], [24]

Na obr. 48 je zobrazeno několik dílců spojených klinčovacími metodami firmy BTM. Po řádcích od vrchu se jedná o metody Tog-L-Loc, Lance-N-Loc, V-Loc a Oval-Loc. Vždy na levém obrázku je zobrazen spoj ze strany matrice a na pravém obrázku ze strany razníku.

Obr. 48 Klinčové spoje firmy BTM v praxi [24]

Německá firma Eckold pro výrobu často využívá technologie klinčování. Níže jsou zobrazeny některé z jejich výrobků, při kterých bylo klinčování použito. Jedná se o část skladové police, viz obr. 49, plechový podavač, viz obr. 50, bednu na elektroniku, viz obr. 51 a části ventilačního systému, viz obr. 52.

Obr. 49 Část skladové police [19]

Obr. 50 Plechový podavač [19]

Obr. 51 Elektronická bedna [19]

Obr. 52 Části ventilačního systému [19]

Na obr. 53 je zobrazena vnější plechová část pračky, vyrobená firmou TOX® PRESSOTECHNIK. Při spojování jednotlivých plechů bylo využito klinčování, konkrétně jejich nejběžnější metoda TOX® Round Joint. Na obr. 54 je pak počítačová bedna, vyrobená také pomocí metody TOX® Round Joint. U obou těchto výrobků bylo zvoleno klinčování, protože výrobky mají korozivzdorný povrch a jak už bylo zmíněno, tak klinčování oproti například bodovému svařování nepoškozuje povrch spojovaných polotovarů.

Obr. 53 Oplechování pračky [18]

Obr. 54 Počítačová bedna [18]

5 ZÁVĚRY

Při zpracování této bakalářské práce byla rozebrána technologie klinčování. Po základním popisu této technologie byly uvedeny nejčastější typy selhání klinčového spoje. Následně byla tato technologie srovnána s technologií bodového svařování, které je v současné době největším konkurentem klinčování ve výrobě zaměřené na spojování plechů. V této kapitole bylo zjištěno, že má klinčování oproti bodovému svařování velkou řadu výhod, a to především při spojování polotovarů s povrchovou úpravou. Dále byl uveden popis různých metod klinčování od několika firem a také byl zobrazen přehled strojů a ručních kleští určených ke spojování plechů klinčováním. Následoval přehled několika druhů klinčovacích nástrojů, a to jak razníků, tak i matric. A na závěr bylo uvedeno pár příkladů dílců vyrobených touto technologií.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [30]

1. KAŠČÁK, Ľ. Mechanical joining as an alternative method to resistance spot welding and riveting. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*. Košice: JMEST, 2016, (3), 5975. ISSN 2458-9403.

2. HE, X. C., A. F. GAO, H. Y. YANG a B.Y. XING. Mechanical behavior of clinched sheet material joints and strength design procedure. *Acta Physica Polonica A*. 2016, 129(4), 698-700. DOI: 10.12693/APhysPolA.129.698. ISSN 0587-4246. Dostupné také z: http://przyrbwn.icm.edu.pl/APP/PDF/129/a129z4p073.pdf

3. Clinching a spojování plechů. *TOX PRESSOTECHNIK* [online]. Brno: TOX PRESSOTECHNIK [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: https://cz.tox-pressotechnik.com/aplikace/klincovani/spojovani%20technologie-tox/

4. How to join sheet metal parts: sheet metal joining techniques. *SMLease Design* [online]. SMLease [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: https://www.smlease.com/entries/sheet-metal-design/how-to-join-sheet-metal-parts/

5. Special tools. *ESP Clinching Joining System* [online]. Espadana: ESP, 2008 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: http://www.espclinch.com/special-tools.aspx

6. Portable manual lithium-ion battery electric fastener riveting clinching tools for no rivets connection. RSM Machinery [online]. Jiangsu: RSM Machinery, 2011 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: https://rsmmachinery.en.made-in-china.com/product/ndYEZJQPRxhH/China-Portable-Manual-Lithium-Ion-Battery-Electric-Fastener-Riveting-Clinching-Tools-for-No-Rivets-Connection.html

7. NOVOTNÝ, M. Clinching přináší možnosti spojování plechů za studena. *MM Průmyslové spektrum* [online]. MM publishing, 2010, 18. 11. 2010, 32 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: www.mmspektrum.com/clanek/clinching-prinasi-moznosti-spojovani-plechu-za-studena.html

8. CHRÁŠŤANSKÝ, L. a M. VALEŠ. Metody spojování využívající principy plastické deformace. *MM Průmyslové spektrum* [online]. Praha: MM publishing, 2018, 07. 02. 2018, 46 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: http://firmy.mmspektrum.com/clanek/metody-spojovani-vyuzivajici-principy-plasticke-deformace.html

9. TOX PRESSOTECHNIK. *Přehled výrobků* [online]. [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: https://www.tox-cz.com/assets/countries/CZ/pdf/TOX_Product_Range_00_cz.pdf

10. ŽÁK, J., R. SAMEK a B. BUMBÁLEK. *Speciální letecké technologie I*. Praha: Mezinárodní organizace novinářů, 1990. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-0128-1.

11. Clinching. *Eckold* [online]. NETINVENIO [cit. 2020-02-16]. Dostupné z: https://www.eckold.cz/produkty/stroje-a-zarizeni/spojovani-plechu/clinching/

12. Spojování plechů. *Eckhold* [online]. NETINVENIO [cit. 2020-02-16]. Dostupné z: https://www.eckold.cz/produkty/stroje-a-zarizeni/spojovani-plechu/

13. BTM. *Introduction to Tog-L-Loc* [online]. [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: http://www.btmcomp.com/images/catalogs/btm-brochure-introduction-to-tog-l-loc.pdf

14. Bodové svařování. *Rockweld* [online]. Bíma, 2013 [cit. 2020-02-17]. Dostupné z: https://www.rockweld.cz/bodove-svarovani/

15. KVAPIL, L. Materiálově a energeticky nenáročné spojování. *MM Průmyslové spektrum* [online]. MM publishing, 2015, 11. 02. 2015, 34 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: http://firmy.mmspektrum.com/clanek/materialove-a-energeticky-nenarocne-spojovani.html

16. Clinching. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Clinching

17. MCLEAN, R. Welding Tech: Spot welding vs. clinching – you decide. *Canadian Fabricating & Welding*. Oakville, 2016, 111(7), 28-29. Dostupné také z: https://www.canadianmetalworking.com/canadianfabricatingandwelding/blog/welding/welding-tech-spot-welding-clinching

18. TOX PRESSOTECHNIK. *The TOX®-Joining systems* [online]. [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: https://cz.tox-pressotechnik.com/assets/countries/EN/pdf/TOX_Joining_Systems_80_en.pdf

19. ECKOLD. *Clinching technique* [online]. [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: https://www.eckold.de/fileadmin/Redakteur/Technologien/clinchen/Clinchen_001_2019_10_14_DEU.pdf

20. BTM. *Tog-L-Loc tooling: 940 series* [online]. [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: http://www.btmcomp.com/images/catalogs/btm-catalog-940-tog-l-loc-tooling.pdf

21. BTM. *Lance-N-Loc clinch tooling* [online]. [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: http://www.btmcomp.com/images/catalogs/btm-catalog-lance-n-loc-tooling.pdf

22. BTM. *V-Loc 940 series clinch tooling* [online]. [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: http://www.btmcomp.com/images/catalogs/btm-catalog-940-v-loc-tooling.pdf

23. BTM. *Oval-Loc clinch tooling* [online]. [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: http://www.btmcomp.com/images/catalogs/btm-catalog-oval-loc-tooling.pdf

24. Clinch tooling. *BTM* [online]. Marysville: BTM, 2019 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: http://www.btmcomp.com/clinch-tooling#toglloc

25. BTM. *Tog-L-Loc clinch tooling* [online]. [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: http://www.btmcomp.com/images/catalogs/btm-catalog-tog-l-loc-tooling-[non-940].pdf

26. Clinchovací systémy rivclinch. *Böllhoff* [online]. Hostivice: Böllhoff, 2020 [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://www.boellhoff.com/cz-cs/vyrobky-a-sluzby/montazni-technika/clinchovaci-systemy-rivclinch.php

27. TOX®-Ruční kleště: skutečná flexibilita a geniální spojování. *TOX PRESSOTECHNIK* [online]. Brno: TOX PRESSOTECHNIK [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: https://cz.tox-pressotechnik.com/vyrobky/kleste/rucni-kleste/

28. TOX PRESSOTECHNIK: *TOX®-Tongs* [online]. [cit. 2020-04-07]. Dostupné z: https://cz.tox-pressotechnik.com/assets/countries/EN/pdf/TOX_Tongs_90_en.pdf

29. ECKOLD. *Portable clinching pliers* [online]. [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: https://eckold.com/data/upload/Clinchen/Flyer%20Mobile%20Clinchzange%20MZD%2045_35_P.pdf

30. CITACE PRO. *Generátor citací* [online]. 2013 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: http://citace.lib.vutbr.cz/info

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
A	Projekční plocha krku	[mm^2]
F_N	Lomové zatížení	[N]
F_p	Hraniční zatížení	[N]
k_1	Korekční koeficient	[-]
R_p	Vnitřní poloměr spoje	[mm]
t_N	Tloušťka krku	[mm]
σ_b	Tahové napětí	[MPa]
σ_s	Smykové napětí	[MPa]
σ_τ	Lomové napětí	[MPa]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Ukázky klinčování [27], [28], [29], [14] 9
Obr. 2 Řez klinčovým spojem [2] 10
Obr. 3 Podstata vzniku klinčového spoje [2] 10
Obr. 4 Princip metody klinčování [3] 11
Obr. 5 Využití klinčování u automobilů [5] 12
Obr. 6 Kontrolní rozměr „X“ klinčového svaru [14] 12
Obr. 7 Kontrolní rozměr „X“ klinčového svaru [14] 13
Obr. 8 Schéma bodového svařování [7] 14
Obr. 9 Použití bodového svařování [24] 15
Obr. 10 Použití klinčování [24] 15
Obr. 11 TOX® Round Joint [10] 16
Obr. 12 TOX® TWINpoint [10] 16
Obr. 13 TOX® MICROpoint [10] 16
Obr. 14 TOX® SKB [10] 17
Obr. 15 TOX® Flat Joint [10] 17
Obr. 16 TOX® ClinchRivet [10] 18
Obr. 17 TOX® – Vario Joint [10] 18
Obr. 18 Částečný řez S-DF spojem [13] 19
Obr. 19 Částečný řez R-DF spojem [13] 19
Obr. 20 Částečný řez G-DF spojem [13] 20
Obr. 21 Částečný řez CONFIX spojem [13] 20
Obr. 22 Typy spojů firmy Eckold [5] 21
Obr. 23 Příčný průřez Tog–L–Loc spojem [21] 21
Obr. 24 Příčný průřez Lance–N–Loc spojem [21] 22
Obr. 25 Příčný průřez V–Loc spojem [21] 22
Obr. 26 Příčný průřez Oval–Loc spojem [21] 22
Obr. 27 Ruční kleště CMH 03.45 [11] 23
Obr. 28 Ruční kleště CHH 03.45 a CHH 03.75 [11] 23
Obr. 29 Ruční kleště CMH 01.45, CMH 04.45 a CHH 04.45 [11] 24
Obr. 30 Ruční kleště CMH 02.30 [12] 24
Obr. 31 Robotické kleště typu TZ s pohonem na straně [12] 25
Obr. 32 Funkce TOX® Powerpackage [11] 25
Obr. 33 TOX® PowerKurver [3] 25
Obr. 34 Standardní TOX® Elektrický servopohon EPMS [3] 26
Obr. 35 Spojovací kleště MZD 45/35 P [6] 26
Obr. 36 Spojovací kleště MCD 30/50 AH [6] 26
Obr. 37 Spojovací kleště MZD 25/3 PH [6] 27
Obr. 38 Spojovací kleště MZD 35/35 [6] 27
Obr. 39 Spojovací kleště MCD 30/5 PH [6] 27
Obr. 40 Spojovací kleště MZD 60/6 [6] 27
Obr. 41 Stacionární stroj DFG 500/60 [6] 28
Obr. 42 Stacionární stroj MFG 500/150H [6] 28
Obr. 43 Druhy matric pro metodu Tog-L-Loc [22] 29
Obr. 44 Druhy matric pro metodu Lance-N-Loc [22] 29
Obr. 45 Matrice metody V-Loc a metody Oval-Loc [21] 30
Obr. 46 Typy razníků metody Lance-N-Loc [17] 31
Obr. 47 Razníky firmy BTM [21] 32
Obr. 48 Klinčové spoje firmy BTM v praxi [21] 33

Obr. 49 Část skladové police [13] 34
Obr. 50 Plechový podavač [13] 34
Obr. 51 Elektronická bedna [13]..... 34
Obr. 52 Části ventilačního systému [13] 34
Obr. 53 Oplechování pračky [10] 34
Obr. 54 Počítačová bedna [10] 34

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Hodnoty přídržných sil S-DF spoje [13] 19
Tab. 2 Hodnoty přídržných sil R-DF spoje [13] 19
Tab. 3 Hodnoty přídržných sil G-DF spoje [13] 20
Tab. 4 Hodnoty přídržných sil CONFIX spoje [13] 20
Tab. 5 Rozměry V-Loc matric [18] 30
Tab. 6 Rozměry Oval-Loc matric [19] 30
Tab. 7 Rozměry razníků metody Tog-L-Loc [16] 31
Tab. 8 Rozměry razníků metody Lance-N-Loc [17] 31
Tab. 9 Rozměry razníků metody V-Loc [18] 32
Tab. 10 Rozměry razníků metody Oval-Loc [19] 32