



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## SPOJOVÁNÍ DÍLCŮ TECHNOLOGIÍ TVÁŘENÍ

JOINING COMPONENTS BY FORMING TECHNOLOGIES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MAREK HUDEČEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. EVA PETERKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie  
Akademický rok: 2014/2015

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Marek Hudeček

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

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:

### **Spojování dílců technologií tváření**

v anglickém jazyce:

### **Joining components by forming technologies**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o speciální metody spojování dílců z plechu, u nichž není zapotřebí třískového obrábění jako je např. vrtání otvorů.

Cíle bakalářské práce:

Provedení průzkumu v oblasti tváření a vytvoření obecného přehledu metod spojování dílců technologiemi tváření. V práci by měl být uveden popis těchto metod, příklady použití, srovnání s klasickými metodami spojování dílců a výčet výhod a nevýhod. Práce by měla být doplněna vlastními úvahami a závěry.

Seznam odborné literatury:

1. TSCHAETSCH, Heinz. Metal Forming Practise: Process - Machines - Tools. New York: Springer Berlin Heidelberg, 2006. ISBN 3-540-33216-2.
2. SCHULER GmbH. Handbuch der Umformtechnik. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1996. ISBN 3-540-61099-5.
3. Kovárenství: XI. mezinárodní symposium - FORM 2012. 1. vyd. Brno: Svaz kováren ČR o.s., 2012. ISSN 1213-9289.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Eva Peterková, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne

L.S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

HUDEČEK Marek: Spojování dílců technologií tváření

---

Projekt vypracovaný v rámci bakalářského studia B-STI udává přehled o metodách spojování dílů především z plechu. Většina popsaných metod je provedena technologiemi tváření za studena bez nutnosti předchozího třískového obrábění. Velmi podrobně je v práci popsáno spojování součástí z plechu pomocí technologie drážkování. Používání nových materiálů ve výrobě a požadavky na snižování výrobních nákladů si žádají aplikaci moderních způsobů spojování, mezi které patří mechanické spojovací postupy a spojování pomocí přetvoření.

Klíčová slova: tváření, spoj, Flowdrill, Rivset, Rivclinch, Tuk-Rivet

## **ABSTRACT**

HUDEČEK Marek: Joining components by forming technologies.

---

The project elaborated in frame of bachelor's degree B-STI gives an overview about methods of joining parts primarily made from sheet. Most of these methods are implemented by cold forming technology without machining. In great detail is described joining parts from sheet using technology of seaming in bachelor thesis. Using a new materials in production and requirements on decrease cost require application modern way of joining, some of them are mechanical coupling procedures and joining by deformation strain.

Keywords: forming, joint, Flowdrill, Rivset, Rivclinch, Tuk-Rivet

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

HUDEČEK, Marek. *Spojování dílců technologií tváření*. Brno, 2015. 34 s., CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí bakalářské práce Ing. Eva Peterková, Ph.D.

## **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 Ing. Evy Peterkové, Ph.D.

V Brně dne 28.5.2015

.....  
Marek HUDEČEK

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto děkuji paní Ing. Evě Peterkové, Ph.D. za cenné připomínky a odborné vedení při zpracování bakalářské práce. Děkuji také své rodině za morální podporu a Mgr. Evě Kyselkové za pomoc při překladu z Německého jazyka.

OBSAH

ZADÁNÍ

ABSTRAKT

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

PODĚKOVÁNÍ

OBSAH

ÚVOD .....	9
1 KONVENČNÍ METODY SPOJOVÁNÍ .....	10
1.1 Svarové spoje .....	10
1.2 Pájené spoje .....	10
1.3 Lepené spoje .....	11
1.4 Nýtové spoje .....	11
1.5 Šroubové spoje .....	12
2 SPOJOVÁNÍ POMOCÍ PŘETVOŘENÍ .....	13
2.1 Důlkování, provádění záseku .....	14
2.2 Protlačování .....	14
2.3 Oplášťování (společné tažení) .....	16
2.4 Rozšiřování .....	16
2.5 Zužování .....	17
2.6 Obrubování .....	18
2.7 Drážkování.....	19
2.7.1 Výroba sudů a barelů .....	21
2.7.2 Výroba automobilových tlumičů výfuků .....	22
2.7.3 Výroba plechovek a konzerv.....	22
2.8 Omotávání ,navíjení, převíjení .....	24
2.9 Drápkování, zahýbání .....	24
2.10 Rozepření .....	25
2.11 Stlačení, slisování .....	26
3 MODERNÍ ZPŮSOBY SPOJOVÁNÍ .....	27
3.1 Termální vrtání metodou Flowdrill .....	27
3.2 Nýtování Rivset .....	30
3.3 Klinčování Rivclinch .....	31
3.4 Nýtování Tuk-Rivet .....	32
4 ZÁVĚRY .....	34
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	
SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ	



## ÚVOD [32], [25]

Hotový produkt je jen zřídka vyroben pouze z jednoho kusu. Většinou se skládá z více elementů, které jsou spojeny v jeden celek. V moderní výrobní technice získávají stále větší význam postupy, které mohou navzájem spojovat látky různého původu jako kovy, umělé hmoty, textil nebo keramiku. Je kladen důraz na efektivitu výroby a snížení výrobní ceny produktu.

Používání nových materiálů a zvyšující se požadavky na dlouhou životnost a vysokou kvalitu výrobku si žádají použití pokrokových způsobů spojování, mezi které patří spojování pomocí přetvoření a mechanické spojovací postupy. Jde o specifické spojování součástí nejen z plechu, u kterých není potřeba předpřipravit otvory vrtáním ani jiným třískovým obráběním. Tyto způsoby vytváření spojů lze aplikovat u automatizovaných výrobních procesů, k příznivému ovlivnění výrobních nákladů, ke snížení spotřeby použitého materiálu, zlepšení vzhledu a výsledné jakosti spojených dílů.

Díky tomu, že většinou nedochází k významným teplotním změnám ovlivňujících spoj, může být použito spojování přetvořením u povrchově zpracovaných a potažených součástí. Proti konvenčním metodám je energeticky a časově méně náročné a tím i hospodárnější. Navíc je příznivější k životnímu prostředí a umožňuje snazší recyklaci, po uplynutí životnosti součástí.

Tato práce zpracovává obecný přehled spojovacích metod prostřednictvím technologie tváření. Pro ilustraci jsou na obr. 1 uvedeny příklady tvářených spojů.



Obr. 1 Příklady spojů zhotovených tvářením [3], [11], [16], [37], [54], [61]

# 1 KONVENČNÍ METODY SPOJOVÁNÍ

Při spojování součástí lze vybírat ze široké škály možností, mezi které patří lepení, pájení, svařování, dále pak spoje nýtové, šroubové, tvarové a další. Faktory ovlivňující výběr spojovací metody jsou provozní podmínky, velikost součástí, materiál součástí, požadovaná bezpečnost, počet vyráběných kusů, design a také velikost a druh zatěžování.

## 1.1 Svarové spoje [20], [23], [24], [59]

Svařování patří mezi nerozebíratelné spoje kovových materiálů i plastů a lze jej rozdělit do dvou základních skupin na tavné svařování a tlakové svařování. U tavné metody je přívodem tepla do místa svaru způsobeno natavení materiálů, a tak vzniká spoj. Při tlakovém svařování dojde působením mechanické energie k deformaci povrchů a jejich přiblížení na vzdálenost působení meziatomárních sil, kdy vznikne vlastní spoj. Pro svařování může nebo nemusí být použit přídavný materiál.



Obr. 2 Svarový spoj [20]

Výhody: Vysoká pevnost, těsnost a trvanlivost spoje, rychlost a produktivita svařování, úspora materiálu oproti odlitku, použití svařování při renovaci a opravách.

Nevýhody: Tepelně ovlivněná oblast, změna struktury v okolí svaru, vnitřní pnutí a deformace, vady ve svaru, nutná odborná způsobilost obsluhy, vznik záření a plynů, příprava svarových ploch.

## 1.2 Pájené spoje [23], [50], [52]

Pájení patří mezi nerozebíratelné spoje kovových materiálů vzniklé roztavenou pájkou a probíhá při teplotách nižších než je teplota tavení základního materiálu. Lze jej rozdělit podle teploty tavení pájky na pájení měkkými pájkami do 550°C a pájení tvrdými pájkami nad touto teplotou. Měkké pájení se používá pro málo zatěžované a vodotěsné spoje, např. okapy, nádrže, spoje v elektrotechnice atd. Tvrdé pájení se používá pro více zatížené spoje, tvarově komplikované součásti a u výrobků ze žáruvzdorných, žárovepných a korozivzdorných ocelí a slitin.



Obr. 3 Pájený spoj [52]

Výhody: Nedochází k výraznému vnitřnímu pnutí a vzniku deformací, vyšší pracovní rychlost, lepší vzhled, energeticky méně náročné oproti svařování, spojení různých kovových materiálů, použitelné pro tenkostěnné a složité součásti, vodotěsné, elektricky i tepelně vodivé.

Nevýhody: Pevnost je závislá na šířce mezery spoje a na přesnosti spojovaných dílů, méně pevné oproti sváření, nutno použít tavidla, pájecí přípravky a upravit povrch součástí.

### 1.3 Lepené spoje [13] [19], [23]

Lepení patří mezi nerozebíratelné spoje vzniklé prostřednictvím adhezivní síly mezi lepidlem a adherentem a vlastní koheze lepidla. Metody lepení závisí na velikosti spojovaných součástí, tvaru stykových ploch a použitém lepidlu. Vytvrzování je ovlivněno časem, teplotou a tlakem, při kterém probíhá. K vytvrzování jsou používány vakuové stoly, tlakové lisы, autoklávy a vytvrzovací pece.



Obr. 4 Lepený spoj [13]

Výhody: žádný vrubový účinek ani zmenšený průřez, těsný spoj, dle druhu použitého lepidla elektricky a tepelně izoluje nebo vede, tlumí vibrace, vhodné pro spojení tenkých součástí z různých materiálů, snížení hmotnosti konstrukce, ekonomicky výhodné.

Nevýhody: Nízká odolnost vůči vyšším teplotám a některým chemikáliím, nesnášejí stříhové namáhání a loupání, obtížná kontrola vlastností spoje, sklon k časové degradaci a ke creepu, nevhodné pro proměnlivé zatížení, nutná úprava povrchů součástí.

### 1.4 Nýtové spoje [23], [27], [56]

Je to nerozebíratelný spoj, který patří k nejstarším způsobům spojování kovových součástí. Dělí se na přímé a nepřímé nýtování. U přímého nýtování vzniká spoj deformací nýtu vloženého v průchozí díře. U nepřímého nýtování deformací konce jedné ze součástí vložené do otvoru ve druhé. Používají se při spojování těžko svařitelných materiálů, profilů z lehkých kovů a slitin apod. Dnes jsou nahrazovány lepenými a svarovými spoji, které rapidně snižují hmotnost konstrukce. Nýtování je hojně užíváno v leteckém průmyslu.



Obr. 5 Nýty [27]

Výhody: Pružnější než spoje pájené a svarové, nevznikají přídatná napětí přívodem tepla jako při svařování.

Nevýhody: Nezaručují přesnou vzájemnou polohu spojovaných součástí ani těsnost, otvory pro nýt oslabují průřez a působí jako vrub.

## 1.5 Šroubové spoje [14], [23], [58]

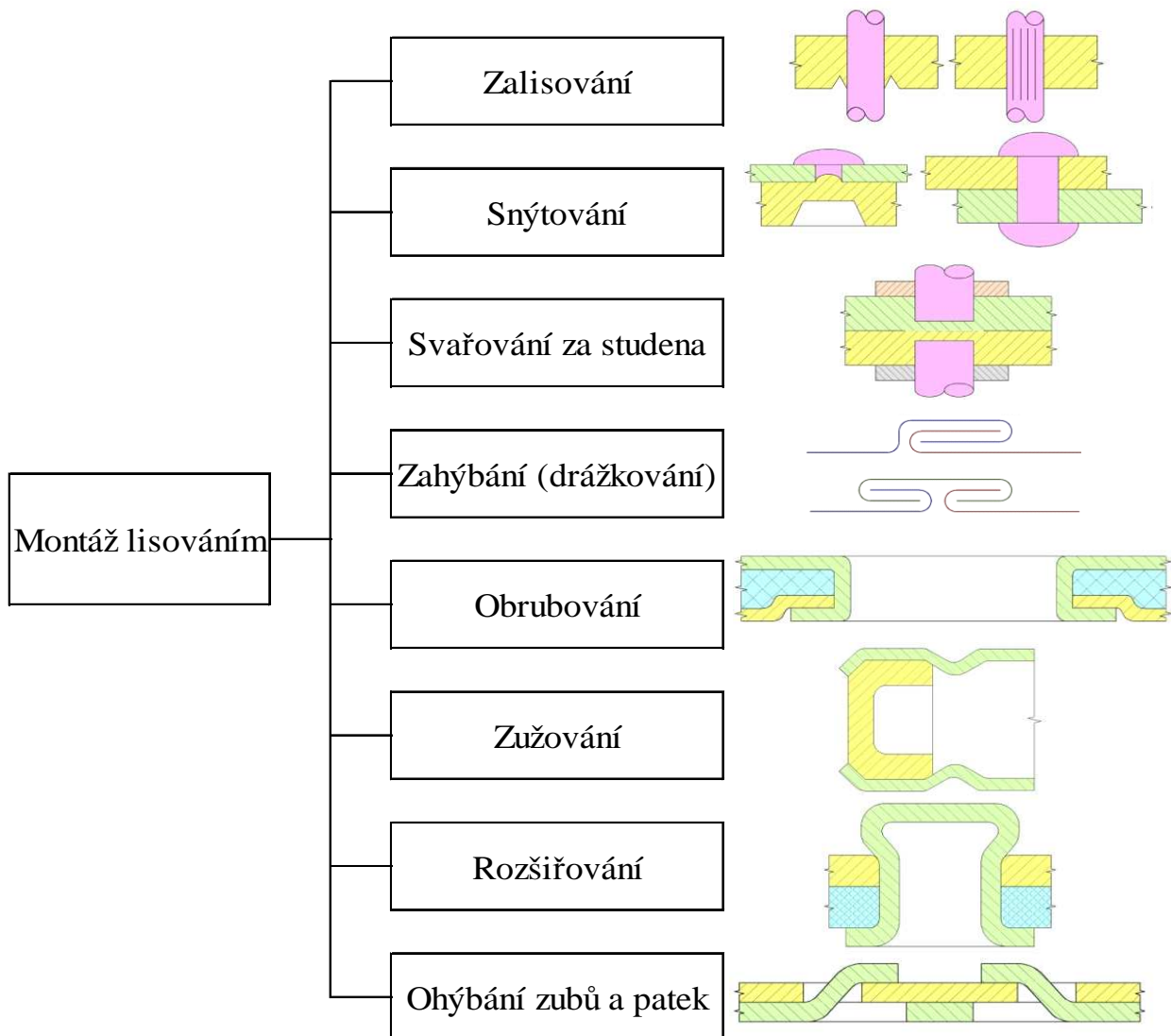
Rozebíratelné spoje se silovým stykem vytvořené utažením matice nebo šroubu. Řadí se k nejstarším a nejpoužívanějším způsobům spojování. Dle funkce závitu je dělíme na závity spojovací a závity pohybové. Závit je navinut na funkční části šroubu po šroubovici a dělí se podle smyslu stoupání, počtu chodů, profilu závitu, rozteče atd. Pojištění šroubového spoje proti povolení při vibracích a dynamickém zatížení lze realizovat silovým, tvarovým nebo materiálovým stykem.



Obr. 6 Šroub [14]

Výhody: Šrouby, matice a podložky jsou normalizovány, jednoduchá instalace, snadná výměna, možnost spojení více součástí jedním šroubem.

Nevýhody: Nutnost pojištění proti povolování, zvýšení hmotnosti konstrukce, utahování přesným utahovacím momentem, rozložení napětí do spojovaných součástí, otvory pro šroub oslabují průřez a působí jako vrub.



Obr 7. Základní operace montážního lisování [44]

## 2 SPOJOVÁNÍ POMOCÍ PŘETVOŘENÍ [25], [44]

Při spojování pomocí přetvoření plechů, trubek a profilů dochází ke spoji plastickou deformací jednotlivých prvků. Toho je využíváno především v přesné mechanice, elektrotechnice a při výrobě předmětů hromadné spotřeby. V sériové výrobě se montážní lisování provádí na poloautomatických nebo automatických strojích.

Základní operace montážních spojů zhotovených lisováním jsou popsány níže a zobrazeny na obr. 7:

- zalisováním vzniká nehybné uložení, kdy jsou postupně deformovány spojované součásti
- snýtování slouží ke spojení více součástí pomocí nýtů, vytlačených přímo ze spojovaného materiálu nebo zvlášť vyrobených
- plastickým svařováním vzniká krystalické spojení pomocí vtláčovaných lisovníků
- zahýbání neboli drápkování slouží k pevnému spojení přehnutých okrajů plechu tak, že se do sebe navzájem zaklíní a společně spojí
- obrubování je vytvoření obrub na koncích dutých součástí nebo kolem otvorů roztažením materiálu, následným ohnutím vznikne spojení několika součástí
- rozšířením vnitřních dutých součástí radiálním směrem nebo zúžením vnějšího koncového dílu a zmenšením jeho průměru mohou být spojeny i více než dvě části
- ohýbáním případně zkrcováním patek a zubů, procházejících skrze výřezy druhého ze spojovaných dílů, lze provést rozebíratelný spoj; patky vznikají nastřížením po otevřeném obrysu, přičemž se nastříhovaná část neodděluje od základního tělesa; zkrcováním dojde k přetvoření z ploché na zkroucenou součást natočením jedné části vůči druhé

Spojování pomocí přetvoření je souhrnné pojmenování pro postupy, u kterých jsou spojované prvky nebo pomocné spojovací prvky přetvořeny buď částečně, nebo výjimečně úplně. Síly, které jsou k přetvoření využívány, mohou být mechanického, hydraulického, elektromagnetického nebo jiného původu. Spojení je všeobecně jištěno tvarovým zámkem proti nechtěnému povolení. Uvolnění spoje, které bylo provedeno přetvořením jedné části, způsobuje její změny, škody nebo dokonce úplné znehodnocení.

Tato spojovací technologie vytváří nejlepší předpoklady pro hospodárnou výrobu. Vyznačuje se ekonomickými výhodami jako je krátký čas spojování a nízká spotřeba energie. Odpadají přípravné a dokončovací operace, kterými jsou odmaštění, očištění apod. Je možné spojení prvků z různých látek, aniž by došlo k tepelnému ovlivnění materiálů.

## 2.1 Důlkování, provádění záseku [25], [34], [30], [6],

Je spojování pomocí přetvoření tím způsobem, že volný konec jedné části je nástrojem vtlačen do volného místa protikusu buď bodově nebo lineálně. Provádění záseku a důlkování jsou zejména metody přesného strojírenství. Záseky se často používají u spojení součástí, důlkování je známým postupem při zajištění proti povolení u šroubů a matic. Spoj provedený důlkováním je vidět na obr. 8. Na materiál je přitom působeno silou z vnější strany.



Obr. 8 Spoj důlkováním [6]

Důlkováním a prováděním záseků se dají vyřešit problémy při svařování, nebo u šroubového spoje tím, že se zabrání či významně redukuje nechtěný pohyb spojovaných prvků. Pomocí důlkování může být spojeno i vícero součástí, které se do sebe vzájemně zasouvají. Při výrobním postupu provádění záseku jsou pomocí nástroje vyraženy do čelní nebo plášťové části prohlubně. Jako příklad je na obr. 9 uveden tisícíhran pod hlavou kolového šroubu, který po nalisování či naražení do náboje kola brání šroubu v pohybu. Rozlišujeme tři druhy spojování pomocí vytváření záseků:



Obr. 9 Kolový šroub s tisícíhranem

- záseky jsou do jednoho ze spojovaných prvků vytlačeny tak, že je tím dosaženo stlačení s druhou částí
- záseky jsou do jednoho ze spojovaných prvků provedeny tak, že přetvořený materiál tohoto prvku se zaklesne do výklenků druhého prvku
- záseky mohou být provedeny současně do obou spojovaných prvků

## 2.2 Protlačování [25], [30], [34], [38]

Je definováno jako spojování pomocí současného stlačení dvou do sebe vložených výchozích prvků prostřednictvím formovací dutiny. Velmi vhodným se tento postup ukázal při výrobě trubek a tyčí. Při protlačování dochází k vysokému napětí v tlaku, proto je vhodné pro kovy s vysokou mezí kluzu. Ke spojení těles dochází mechanickým tvarovým stykem. Kvůli velkým povrchovým zvětšením může dojít v kontaktní zóně i ke svaření za studena, to za předpokladu, že se předtím povrchy nacházely v technicky čistém stavu.

Použití nachází s nastupujícím tlakovým svařováním za studena, u plátování oceli a hliníku, v elektrotechnice při výrobě drátových spojů nebo kontaktů z dvojího materiálu. Dále také při výrobě supravodičů pomocí stlačovaných vláken, v oblasti chladící a klimatizační techniky při výrobě desek do výparníků, stejně jako u vakuových uzávěrů nádrží, zásobníků a cisteren.

Po protlačování vykazuje spojené těleso vyšší pevnost, protože nejen oblast materiálů v bezprostřední blízkosti místa spoje, nýbrž i celý obrobek jsou zpevněny.

Vytlačována jsou především spojení mědi s hliníkem, protože mají velký praktický význam, dobré vlastnosti pro přetvoření a lze je jen s obtížemi svářet. Jiné často používané kombinace materiálů jsou ocel s mědí a niklem a austenitická ocel se slitinami hliníku.

Tento postup je použitelný i tehdy, jestliže existují podstatné rozdíly v napětí na mezi kluzu mezi oběma spojovanými materiály. Hranice, za kterou se objevuje nežádoucí mechanismus přetvoření, leží přibližně u poměru 5 mezi mezemi kluzů obou materiálů. Aby bylo dosaženo dobré pevnosti spoje, je nutné, aby byl nejdříve přetvořen tvrdší materiál. Přitom je měkkší materiál vystaven vysokému tlaku tvrdšího materiálu.

Při společném vytlačování různých materiálů je vytvoření spoje a jeho pevnost ovlivněna geometrií a tvarem spojovaných ploch, stupněm deformace, poměrem napětí na mezích kluzů obou kovů a postupem operací při průběhu procesu přetvoření.

V zásadě mohou být zpracovávány různé materiály třemi způsoby protlačování, zobrazenými na obr. 10:

a) sousledné (dopředné) protlačování

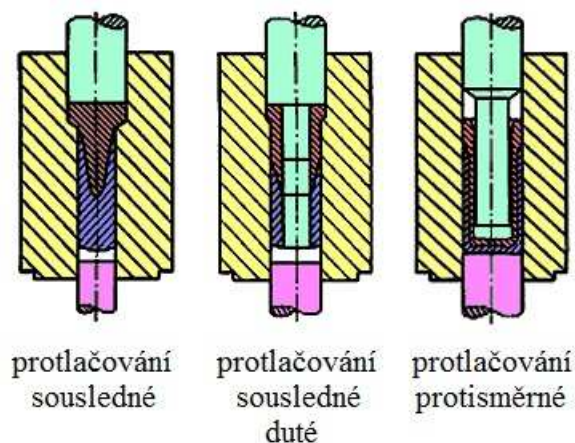
Z cylindrických polotovarů vznikají protlačky ve formě tyčí. Přitom jsou roviny kolmo k ose parabolických ploch přetvořeny, a tím podstatně zvětšeny. Jestliže jsou do lisovnice vloženy dva kusy z různých kovů, např. měď a hliník, vysune se hliník parabolicky před měď. Čím vyšší je stupeň přetvoření, tím delší je styčná plocha, tzn. vytváří se výhodnější přesah protlačku.

b) sousledné duté protlačování

Při tomto procesu jsou spojeny dva duté díly z rozdílných materiálů do jednoho tělesa. Díky kuželovitým styčným plochám spojovaných částí a velkým průřezovým změnám je dosaženo dobrého a vysoce pevného spoje, jehož délka je ovlivněna úhlem sklonu jednotlivých dílů. Podobně jako u sousledného protlačování předbíhá materiál v blízkosti spoje vnitřní stěny, a tím vznikají povrchové zvětšeniny.

c) protisměrné protlačování

Takto je možné zhotovit protlaček ve tvaru misky z různých kovových materiálů. Materiál protlačku může být na vnější a vnitřní straně z různých kovů. I zde musí být procesu přetvoření nejdříve podroben tvrdší materiál, tedy tvrdší kov musí ležet přes měkkí. Při opačném pořadí je nejdříve přetvořen měkkí kov tak, že kvůli příliš malému zvětšení povrchu nedochází ke spojení,



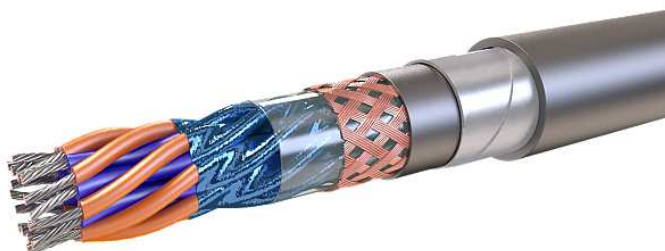
Obr. 10 Způsoby protlačování [25]

nýbrž k sevření tvarovým stykem. Tímto způsobem se vyrábějí např. hliníkové misky, které jsou uvnitř potaženy mědí. Díky podílu objemu mědi a stupni přetvoření mohly být vrstvy mědi sníženy až na 0,1mm.

### 2.3 Opláštění (společné tažení) [25], [30], [33], [34]

Společné tažení je spojení pomocí přetvoření tak, že protažením dvou součástí skrze tažný kroužek vznikne jejich pevné spojení. Tímto způsobem jsou spojovány materiály ve tvaru trubek, kulatin a drátů. Velmi důležité je sladění průměrů vzájemně zasunutých polotovárů. Je-li žádoucí dosažení svařování za studena, je k tomu potřeba více tahů. Po prvním tahu již existuje tvarový styk, takže už nemůže dojít ke vzájemnému uvolnění trubíc. U nadcházejících tahů tedy nedochází k žádnému dalšímu relativnímu pohybu mezi materiály. Také zde platí, že nejdříve musí být přetvořen tvrdší materiál, tzn. že musí být umístěn na vnější straně.

Při společném tažení existují dvě varianty, a to buď tažení se zátkami, nebo bez zátek. Během tažení se zátkou dochází k lepšímu spojení, neboť je nasnadě rozsáhlejší zvětšení povrchu. V průběhu tažení měď-hliník dochází ke spojení již při nižším stupni přetvoření oproti spojení materiálů s plným průřezem. Touto metodou je možné opláštovat trubice a dráty gumou nebo umělou hmotou jak zobrazuje obr. 11. Používá se také často při výrobě ocelových nosníků potažených hliníkem a hliníkových drátů potažených mědí.



Obr. 11 Opláštění drátů [34]

### 2.4 Rozšiřování [25], [30], [34] [47]

Rozšiřování je spojování takovým způsobem, že je vnitřní dutý díl rozšířen, a tím zůstane tvarově nebo silově spojen s vnějším dílem. Rozlišují se přitom dvě podskupiny:

- zaválcování trubek spočívá v tom, že je jedna trubka zavedena do druhé a následně je vytažena do šířky pomocí kroužku nebo válce, až pevně přiléhá k vnější části obr. 12
- rozšiřování tlačem nastává, když trubka, která je prostrčena skrze otvor nebo několik otvorů spojovaných dílů, je díky vnitřnímu tlaku, způsobenému pružným nástrojem nebo tlakovou kapalinou, rozšířena a dosedá na vnitřní plochu otvorů.

Rozšiřováním se neoddělitelně spojují dvě části, přičemž první masivní součást bývá nedeformovaná a druhá trubkovitá, funkční část bývá kolmo ke své podélné ose zvětšena.

Tyto procesy mohou být prováděny pomocí nástrojů jako jsou kulovité nebo kuželovité hroty a trny, pomocí aktivních medií působením vázané energie (exploze výbušniny, výboj jisker) nebo interakcí magnetické energie a rozšiřované součásti.



a) původní polotovar

b) rozšířený výrobek

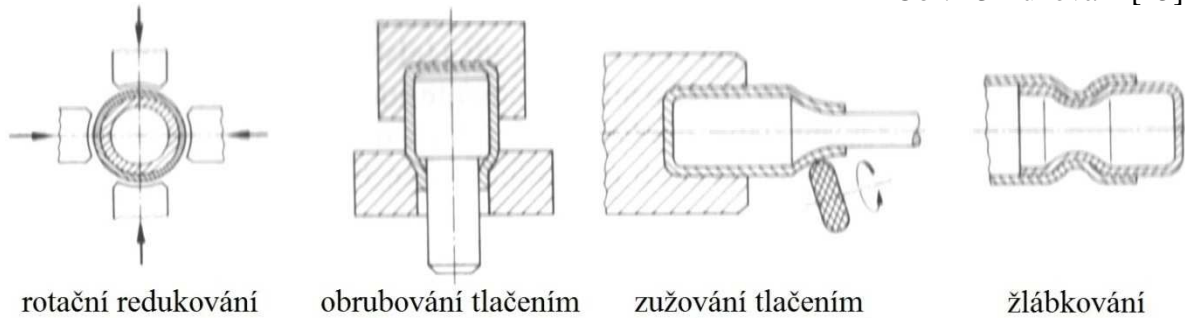
Obr. 12 Spojení trubek zaválcováním [47]



## 2.5 Zužování [25], [30], [34], [39], [45]

Spojování pomocí zužování je deformování vnějšího dutého dílu tak, že je zúžen, a tím je silově nebo tvarově spojen s vnitřním dílem. Tímto způsobem jsou spojovány rotačně symetrické součásti, přednostně trubky. Přetváření se děje pouze na jednom místě nebo konci tělesa, které je přetaženo přes vnitřní část. K tomuto postupu náleží rotační redukování, obrubování tlačáním, zužování tlačáním a žlábkování obr. 13.

Obr. 13 Zužování [25]



Spojování rotačním redukováním probíhá tak, že vnější trubkový díl je přitlačen na vnitřní část, která je opatřena po obvodu žlábkou, a tak vzniká tvarový styk. Existuje možnost, že je do sebe vklíněno více tenkostěnných součástí, které jsou do sebe navzájem zasunuty. Tento postup bývá také nazýván „vyklepání“ nebo „redukce kladivem“. Při rotačním redukování působí nástroje na obrobek opakovaně tlakovými silami tak, že provádějí směrem k ose obrobku ohraničené zdvihy. Současně jsou nasazeny buď dva nebo čtyři lisovníky. K vyrovnání sil a zamezení vyosení pracuje vždy lisovník v páru s protilehlým.

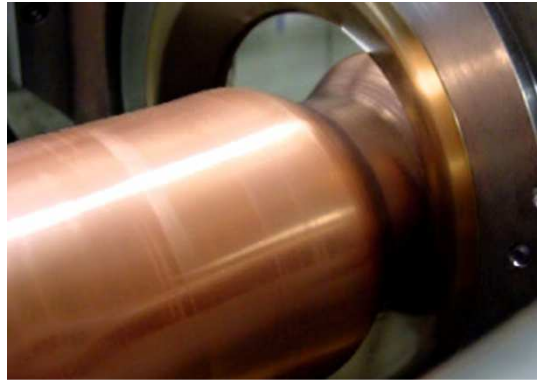
Rotační redukovací stroje nacházejí využití mimo jiné v upevňovací technice. Díky rozklepání jsou navzájem spojeny dvě části, např. trubka s tyčí nebo kabel s koncovou částí. Tvářecí stroje jsou většinou používány k tváření za studena. Aplikace spočívá ve vyklepání dvou do sebe vložených těles. Vnitřní součást je opatřena na jenom konci profilem a tímto koncem je zavedena do trubky. Trubkový materiál vyplní profilovou mezeru. Drážka, která se nachází po obvodu v oblasti profilu, je taktéž vyplněna materiálem trubky a představuje axiální zajištění spojovaných prvků.

Působením nástroje při obrubování tlačáním přilne trubková část k masivnímu tělesu.

Zužování tlačáním je proces, při kterém vnější díl, který je přetažen přes vnitřní součást, je na volném konci zúžený. Zúžení znamená deformování trubice na menší průměr, tzn. že za spojením pokračuje trubice s menším průměrem dále. Protože délka krčku je dána přetvořením, je vhodné ponechat ji krátkou. Takto bývají spojovány masivní části z libovolného materiálu s trubkovými díly. Jediný požadavek na materiál masivní části je, aby zůstal při procesu deformace nepoškozen. Trubková část musí být proti tomu dobře tvářitelná. Uplatnění nacházejí trubky z čistých a tepelně zpracovaných ocelí, hliníku, mosazi, mědi apod. Co se týče materiálu, nejsou při zužování prakticky žádná omezení. Zužování kovových dutých těles probíhá působením tahových a tlakových sil v místě přetvoření. Během zužování tlačáním jsou přetvářeny pouze malé části krčku tlačným kotoučem nebo jiným nástrojem.

Oba přetvářecí procesy, ať už s přímočarým nebo rotačním relativním pohybem mezi nástrojem a obrobkem, vedou ke stejnému výsledku. Při zužování lze rovněž využít elektromagnetické tváření. V kontrastu s rozšiřováním se zde pracuje s vnějšími cívkami.

Spojováním pomocí žlábkování je do obrobku vytlačena prohlubeň, která zapadá do předem vytvořeného žlábků protikusů. Dva tenkostěnné obrobky, které jsou do sebe vzájemně zasunuty, mohou být opatřeny společnou drážkou, jak je vidět na obr. 14. U žlábkování je po obvodu trubky vytvořena prohlubeň, za kterou trubka, na rozdíl od zužování, pokračuje dále v původním průměru. Protože v místě žlábkovité vyvýšeniny nebo prohlubně nastává redukce tloušťky, materiál se při tom prodlužuje.



Obr. 14 Spoj žlábkováním [39]

Požadavek prodloužení vyžaduje materiály, které jsou vhodné k tváření, jinak mohou vznikat trhliny. Hluboké prohlubně musejí být vytvořeny několika operacemi. Drážkování může být prováděno ručně nebo strojově pomocí nástrojů, které jsou k tomu odpovídajícím způsobem upraveny. Drážkovací formy, s polokruhovým nebo profilově tvarovaným průřezem, jsou vyráběny buchary, lisy nebo válcováním na drážkovacích strojích.

## 2.6 Obrubování [25], [30], [34], [35], [53]

Při spojování pomocí obrubování je konec dutého tělesa spojen pomocí obruby s protikusem. Rozlišuje se vnitřní a vnější obrubování. V oblasti rovných okrajů se přetváření děje čistým ohýbáním. U vnějších konvexních hran nastává vedle ohýbání ještě tangenciální pěchování. Vnitřní konkávní hrany naproti tomu vznikají tangenciálním natahováním materiálu. Aby došlo ke spojení materiálu, jsou obruby tvořeny současně na obou nebo pouze na jednom ze spojovaných těles. Přitom jsou hrany obrobku postaveny kolmo k sobě.

Po skládání, zapadání do sebe a vzájemném sevření montážních dílů je výsledkem, při použití přetvářecích procesů, nerozebíratelné pevné spojení. Přitom ta část, která je obrubována, musí být dobře tvářitelná, druhá část může být z materiálu, který je vysoce pevný a křehký. K obrubování se nejvíce hodí materiály s vysokou tažností a nízkou mezí kluzu. Pro účely přetvoření musí být zvoleny malé tloušťky stěn. Maximální tloušťka plechu je cca 3 mm. Běžná je tloušťka plechu 0,5 – 1,0 mm. Aby se zamezilo roztržení nebo zvrásnění, je třeba dělat obrubu co nejnižší. Úhel obruby nesmí být příliš malý a výška nesmí být příliš vysoká, aby se zamezilo nepříznivým vlivům pnutí materiálu.

Obrubování se provádí buď ručně nebo strojově, jak je ukázáno na obr. 15. Obruba je tvořena pomocí obrubovaček (signovaček) nebo žlábkovacích strojů. Obrubovačky se rozdělují na univerzální a speciální.

Univerzální obrubovačka slouží ke zdvižení pravoúhlých lemů na rovných, kulatých a zakřivených plechových částech a nachází využití ve vzduchotechnice. Obsahuje dva lemovací válečky, které jsou vůči sobě umístěny v malém úhlu sklonu, aby bylo zajištěno perfektní olemování až do nejmenšího poloměru zakřivení

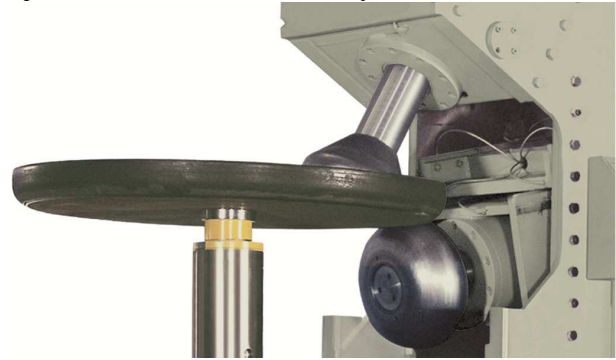


Obr. 15 Vytváření obruby [53]

100 mm. Průběh přetvoření je takový, že jak tloušťka plechu, tak i výška obruby mohou být libovolně nastaveny.

Speciální obrubovačky dělíme na kolečkové stroje obr. 16 a obrubovací lisy:

- Kolečkové obrubovací stroje jsou použitelné pro všechny tloušťky plechů. Kromě toho se hodí také pro výrobu tažených plechovek různých velikostí.
- Obrubovací lisy jsou upřednostňovány při výrobě netažených ocelových sudů z plechu tloušťky 1,0 – 1,2 mm a konců plášťů tlumičů.



Obr. 16 Speciální obrubovačka [35]

Obrubovací stroje mají dvě poháněné hřídele k upnutí obrubovacích válečků.

Těmi lze přitlačit okraj obruby a sevřít jej s drátěnou vložkou. Drátěnými vložkami je dosaženo vyztužení okrajů. K obrubování okrajů s drátěnými vložkami slouží obrubovačky, které jsou vhodné především ke svinutí drátu u blatníků, k výrobě drátěných vložek, dutých patek a kromě jiného i k výrobě různých drážek. Stroj provede vložení drátu s následným přitlačením a olemováním plechu v jediné pracovní operaci.

U většiny výrobních postupů obrubováním se přetvářecí síly a momenty objevují pouze v příslušné oblasti přetváření.

## 2.7 Drážkování [25], [21], [28], [30], [34], [51]

Drážkování je spojování pomocí přetvoření tím způsobem, že plechy, které jsou po okrajích k tomu předpřipraveny, jsou navzájem do sebe vsunuty a díky přehnutí okrajů vzniká tvarový styk. Jedná se o výrobní postup využívající deformaci ohýbáním. Při tomto procesu nedochází ke ztenčení tloušťky stěn.

Metoda je použitelná u materiálů, které jsou ve výchozím stavu dobře tvářitelné. Je vhodná pro tenké plechy o tloušťce 0,2 - 1,5 mm. Pro lepší ochranu vůči korozi se používají plechy pozinkované nebo potažené umělou hmotou.

Pomocí plastického přetvoření ohýbáním, zasekáváním a stlačením dohromady je dosaženo mezi dvěma plechy neoddělitelného spojení na jejich okrajích.

Nejjednodušší spojení nastane, pokud jedna část při ohnutí pevně obemkne druhou. Proto musí být minimálně u jednoho tělesa okraj plechu s dostatečným přesahem. V zásadě lze rozlišovat následující typy drážkování:

- rovné (např. podélná drážka na trubkách) nebo zaoblené (např. spojení mezi tělem a víkem u plechovek)
- stojaté nebo ležaté
- jednoduché, dvojitě nebo trojitě
- vnitřní nebo venkovní
- nepřímé (např. posuvná drážka)
- drážkování pro speciální použití

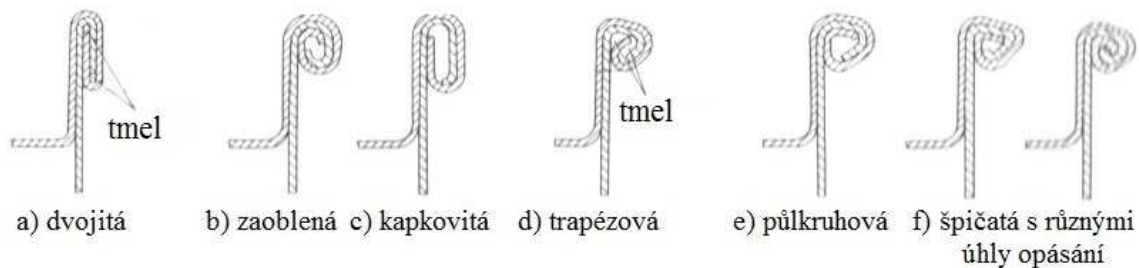


Obr. 17 Kovová chránička kabelů [21]

Kromě spojení dvou částí může být drážkování použito k vyztužení okrajů plechové součásti, což dodatečně přispívá ke zvýšení stability a tuhosti dílu.

Praktický význam má drážkování například u střešních krytin, při výrobě trubek, plechovek a sprejů. V každé telefonní budce je spirálově drážkovaná hadice z ušlechtilé oceli, která chrání telefonní kabel. Podobná chránička kabelů je na obr. 17. Kromě toho slouží tento typ ochranných hadic k protekci vedení proti rušivým proudům a k zabezpečení perfektního přenosu řídicích příkazů u elektronicky ovládaných zařízení.

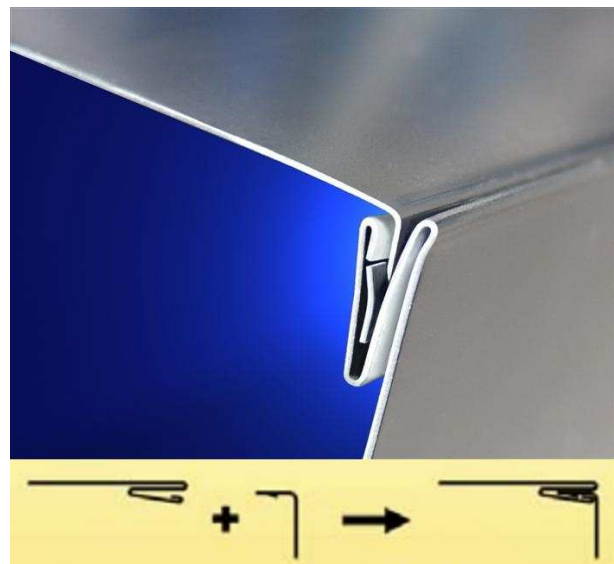
Dvojitě drážky jsou upřednostňovány u smaltovaných a plastem potažených plechů. Vyznačují se vysokou tuhostí a nepropustností tekutin. Ještě lepší nepropustnosti lze dosáhnout použitím tmele u dvojitě drážky. Kvůli požadavku na vyšší bezpečnost jsou při výrobě sudů používány zaoblené, kapkovité nebo dokonce trojitě drážky. Tyto však vykazují vyšší nároky na spotřebu materiálu. Proto byly vyvinuty nové formy drážkování, které zaručují 100% nepropustnost: trapézová, půlkruhová a špičatá drážka s různými úhly ovití jsou k vidění na obr. 18.



Obr. 18 Druhy drážek [25]

Zvláštní způsob spojení drážkou je typ SnapLock na obr. 19. Jeho přednost spočívá v tom, že spojení je docíleno pouze vzájemným zasunutím dílů do sebe. Tvorba drážky se děje u obou spojovaných částí, přičemž vznikají dobré předpoklady pro automatizaci. Odpadá výrobní krok zalisování. Spojení je dosaženo díky pružnému působení plechu.

Další zajímavá varianta spojení drážkou je tzv. spirálovitý šev. Při tomto procesu jsou z úzkého pruhu plechu, který se odvíjí z navijáku, vyráběny nekonečné trubky nebo segmentové oblouky. Tento proces je prováděn na šroubovitém drážkovacím stroji. Výsledný šev má tvar spirály.



Obr. 19 Drážkování SnapLock [51]

Před spojováním pomocí drážky jsou jednotlivé části vloženy do sebe, nebo jsou spojeny háčky. Při stlačení dohromady se mohou v místě spoje objevit relativní posuny. To má vliv na výslednou přesnost spojovaných stavebních prvků. Proto lze použít metodu tzv. lepeného drážkování. Jedná se o kombinaci lepení a přetvoření. Je používána např. u dveří osobních automobilů. Současně je aplikací lepidla dosaženo dobré ochrany proti korozi.

U většiny typů drážek (rohová, plášťová, dvojitá nebo vícečetná drážka) se provádí ohnutí o 180 stupňů nebo více s tím, že hranice procesu jsou dány tvárností materiálu. Po vyrobení obruby jsou jednotlivé části složeny dohromady a vzájemně zafixovány. Proces spojení probíhá přetvořením požadované drážky, použitím jednoduchých kladiv, která musí být u plechů potažených vrstvou plastu buď ze dřeva nebo gumy. Při malosériové výrobě se pro spojení drážkou používají odpovídající klempířské nástroje a výroba probíhá ručně. Při velkosériové výrobě probíhá proces spojení strojově. Je možné použití lisů.

Stroje pro výrobu trubkovité drážky podepírají místo spoje z jedné strany a spoj provádějí přetažením drážky. Tento stroj je vhodný pro zhotovení vnitřních i vnějších drážek. Díky tzv. univerzálnímu drážkovači je možné, oproti běžným pracovním metodám, docílit úspory času. Přitom je plech průběžně přetvářen. Použitím odlišných sad koleček mohou být vyráběny drážky a profily nejrůznějších tvarů. Jejich aplikace spadá zejména do oblasti tepelné techniky a vzduchotechniky.

K výrobě krátkých trubek cylindrického nebo konického tvaru jsou konstruovány speciální stroje, přičemž přísun materiálu může probíhat dvěma způsoby. Buď odvíjením z pásového navijáku přes klikové nůžky, které odstříhnou pás na požadovanou délku, nebo na plošném vkládacím stroji pro fixní délku trubky. Materiál prochází čtyřmi operacemi výrobního procesu (ražení, předohýbání, ohýbání a drážkování), než je výrobek hotový.

K výrobě profilů různých druhů se používají profilovací stroje. Díky nim je možné vyrobit z jediného pásu plechu nebo z dílčích pásků procesem přetvoření hotový profil. Výměnou profilových párů koleček, mohou být vyrobeny komplikované profily, které jsou již opatřeny drážkou.

Velký pokrok pro obor vzduchotechniky znamenalo vynalezení stroje, který ze čtyř rovných plechů, během čtyř kroků vyrobí odvětrávací kanál. Na tomto stroji lze vyrábět buď kvadratické nebo pravoúhlé kanály s jednou, dvěma, třemi nebo čtyřmi podélnými vzduchotěsnými drážkami. Vodicí vozík zabraňuje tomu, aby se jednotlivé části kanálu podélně posouvaly.

Vzrůstající nároky na vzduchotěsné odvětrávací kanály v klimatizační technice a vzduchotechnice vedly k dodatečnému vybavení výše uvedeného stroje zařízením, které do podélné drážky automaticky vtlačuje v průběhu procesu výroby těsnící tmel. Tím dojde, jak je uvedeno v [25], ke značnému snížení úniku plynu ze 600 l/h bez těsnícího tmele na pouhých 0,22 l/h při jeho použití.

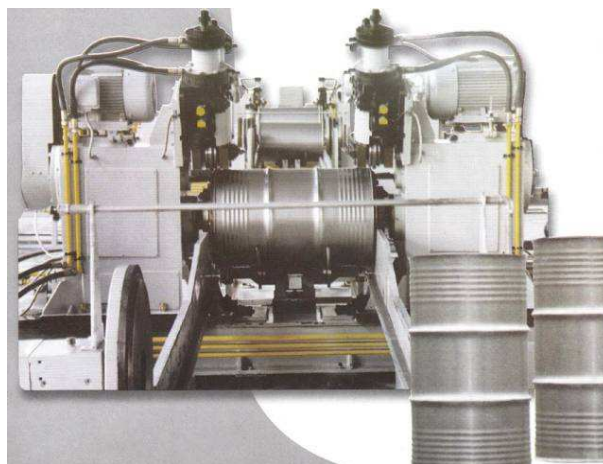
Dále jsou uvedeny příklady použití výroby drážek.

### **2.7.1 Výroba sudů a barelů [25], [30], [34], [64]**

K průmyslové výrobě plechových obalů byly vyvinuty automatické stroje a zařízení. Cylindrické nádoby mohou být opatřeny podle volby dvěma kruhovými nebo zesilovacími lemy. Dále se nabízí možnost vtáhnout poklop na straně dna u stohovatelných sudů nebo obroubit hrany sudů s odnímatelným víkem. Obr. 20 ukazuje automatickou výrobní linku, která slouží k výrobě sudů. Do řetězově spojených strojů jsou dodávány podélně svařené pláště a víka. Tato výrobní linka se skládá z automatického dvojitého obrubovacího stroje pro oboustranné olemování nebo olemování a vtažení cylindrických drážek. Dále z automatického lemovacího stroje pro svinutí zesilovacích lemů nebo pro současné zhotovení dvou válcových lemů. Poslední je automatický stroj, který vyrábí drážky na dně sudů pro jednostranné nebo

oboustranné drážkování, popřípadě drážku na straně dna a lem na straně, kde se sud otevírá.

Na cestě od druhého ke třetímu stroji jsou víka vtlačena do plášťů. Na stroji, který vyrábí drážku do dna sudu, jsou okraje víka a pláště kolmo k sobě posunuty, případně je nejprve do drážky vpraven těsnící tmel. Předstunuté okraje jsou na témže stroji přitlačeny válečky tak, že se podle požadavků vyrobí těsná dvojitá nebo trojitá drážka. K uzavření naplněných sudů a barelů je používán vertikální drážkovací stroj. Přitom se nabízí možnost uzavřít pouze plnicí otvor nebo celé víko pomocí drážky.



Obr. 20 Automatizovaná výroba sudů [64]

### 2.7.2 Výroba automobilových tlumičů výfuků [17], [25], [30], [34], [63]

Tlumiče výfuků se vyskytují v kulaté nebo oválné formě obr. 21, s jednoduchým či dvojitým pláštěm, vyrobeným z nerezové oceli, případně ocelového plechu pokoveným zinkem či hliníkem. Spojení mezi pláštěm tlumiče a koncovými kryty je vyřešeno dvojitým drážkovým spojem. Ten je tvořen horizontálním automatickým strojem. Spojení drážek se uskutečňuje pomocí falcovacích válců. Může se dít jako jediná operace svinutím nebo ve dvou krocích svinutí s přitlačením.



Obr. 21 Tlumič výfuku [63]

### 2.7.3 Výroba plechovek a konzerv [5], [25], [30], [34],

Následující kapitola se zmiňuje o dvou významných segmentech trhu, a to o výrobě nápojových plechovek a konzerv. Konzervy se skládají ze tří spojovaných částí. Trup konzervy se ohýbá z plochého plechu do cylindrického pláště, podél kterého je vyrobena drážka, jež je sletována. Dva kruhové výstřižky z plechu, které jsou vyztuženy drážkou, tvoří horní a spodní uzávěr konzervy. Jejich okraj je svinut a odpovídajícím způsobem sletován. Takto vyrobené konzervy nevyžadují zvýšené nároky na kvalitu použitého materiálu, protože nejsou až na lemy, obruby a svinutí přeformovány. Nevýhodné se ukazují s ohledem na náklady výroby četné drážkovací a svinovací úkony, stejně jako pájené spoje.

U dvoudílných konzerv je výrobní čas zkrácen tím, že se jejich tělo a dno vyrábí z jednoho kusu. Takovéto výrobky jsou z marketingového hlediska atraktivnější a technicky spolehlivější, protože odpadá podélné letování trupu a drážkování dna. Nicméně je tato technologie výroby mnohem složitější v porovnání s výrobou konzervy ze tří částí. Kromě snížení počtu spojovacích procesů přináší výroba dvoudílné konzervy ještě další přednosti. Protože je při procesu přetváření stěna konzervy značně zpevněna, může být tloušťka stěny tenčí a tím se sníží výsledná váha. Další předností je zvětšení reklamní plochy na konzervě, protože zde není drážka na ploše pláště. Díky vtažené drážce víčka a zaobleným koncům dna jsou dvoudílné plechovky vzhledově atraktivnější.

Nápojová plechovka z ocelového plechu používá v současné době tzv. Eurotop-víčko, které nahradilo hliníkové odtrhávací víčko vyráběné dřívě. Díky konceptu celooceľové plechovky by měla být zlepšena recyklace ocelového plechu.

Při výrobě dvoudílných nápojových plechovek rozlišujeme dva postupy:

- U plechovek, které jsou hodně vysoké nebo mají velký průměr, se používá výrobního postupu hlubokého tažení v jednom nebo dvou krocích. Mezinárodně se využívá zkratky DRD ( draw-redraw ) nebo-li opakované tažení. Takto vyrobené plechovky se vyznačují stejnou tloušťkou trupu i dna.
- Protože požadavky na stabilitu umožňují tenčí stěnu trupu než dna, byla pro lepší hospodárnost vyvinuta modifikovaná technologie. Po hlubokém tahu misky je tloušťka stěny na speciálním stroji ztenčena, a tím je dosaženo zvýšení plechovky. Např. plech o výchozí tloušťce 0,29 mm dosahuje konečné tloušťky stěny cca 0,09 mm. Tento postup je mezinárodně označován zkratkou DWI ( draw and wall ironed ) nebo-li kalíškování s tažením a rovnáním.

Při výrobě nápojových plechovek je pásek plechu nebo hliníku vložen z odvíjecího zařízení do rychloběžného lisu. Tyto stroje vystřihnou při každém zdvihu dva rondele, které táhnou do tvaru misky. Přes přepravní systém se misky dostanou do pracovní oblasti, kde jsou přetvořeny hlubokým tažením se ztenčením stěny do plechovky. Největší část stěny plechovky je zachována velmi tenká. V místě, kde je do víčka vytvořena drážka, je však žádoucí větší tloušťka stěny, které je docíleno pomocí redukce průměru protahovací raznice. Protážený a na straně dna plechovky vydutý trup je přiveden do ostřihovacího stroje, který ostříhne horní okraj. Další výrobní kroky jsou: odmašťování, vyplachování, sušení a potištění. Po nanesení a vypálení laku je horní okraj plechovky stažen a olemován na speciálním stroji. Stažením je docíleno, že má horní okraj s drážkovaným víčkem stejný průměr jako tělo plechovky.

Plechovky nebo misky, které je potřeba uzavřít, jsou opatřeny lemem, jehož šířka závisí na tloušťce plechu. Víčka mají rovněž lem, jehož šířka je v určitém poměru k lemu plechovky. Pro usnadnění pozdějšího procesu uzavření jsou okraje plechovky prvně předohnuty. Současně se tím plechovky stávají stohovatelné. Po vtlačení víčka pomocí upínací desky do plechovky, jsou obě části přivedeny pod uzavírací plát. Během následujícího procesu drážkování zůstávají víčko i plechovka pod určitým upínacím tlakem, který je způsoben přitlačnými pružinami. Poté jsou drážkovací válečky prvního kroku posunuty dolů, se současným přibližováním v radiálním směru, na okraj plechovky tak, až vznikne konečná forma drážky. Následuje proces vyhlazování. Přitom musí být drážka nejméně dvakrát převálcována po obvodu předlohovým válečkovým uzávěrem. Jestliže je předválení dokončeno, začíná druhý krok. Při něm je uzávěr pevně přitlačen. Případné záhyby, které se mohou na plechovce vyskytovat, jsou přitom vyhlazeny. Poté je proces uzavření dokončen. Válečky druhého kroku se přemístí do výchozí pozice a plechovka je posuvem upínací desky uvolněna.

U obou drážkovacích procesů je velmi důležité, aby válečky zvoleného profilu měly při vyhlazování velmi přesný odstup od upínací desky. Tím je dosaženo rovnoměrné tloušťky dvojité drážky a také nepropustnosti celé plechovky. Hotová drážka je tvořena ze dvou vrstev plechu plechovky a ze tří vrstev plechu víčka, mezi kterými se nachází tmel.

## 2.8 Omotávání, navíjení, převíjení [25], [30], [34], [40], [62]

Jde o spojování, při kterém je vnitřní část spojena s páskem, který je průběžně obtáčen kolem obrobku, např. trubky. Jedná se o volné ohýbání. Postup se skládá z vícečetného opakování ohýbání přes hrany. Délky překrytí jsou však větší a poloměr ohybu pozvolnější. Při obtáčení se mohou části plechu díky nárokům na ohýbání roztrhnout nebo se mohou trubky zhroutit. Jeden z nejznámějších příkladů použití navíjení ve smyslu procesu přetváření, představuje spojení pomocí ovinutí drátem v elektrotechnickém průmyslu na obr. 22. Spolehlivé spojení elektrických drátů vzniká tak, že tyto dráty jsou za předpětí v tahu ovíjeny kolem hranatých kolíků, a tím se plasticky deformují. Dalším příkladem je obalování trubek izolačními páskami.



Obr. 22 Vinutí cívky [62]

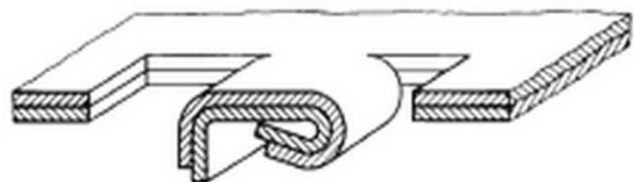
Důležité použití můžeme najít u průtlačnic vyztužených pásky. Výztuha se skládá z několika vrstev z vysoce pevné speciální oceli, které jsou vinuty za vysokého napětí v tahu kolem vnitřního nebo rozpěrného kroužku. Díky speciálnímu postupu vinutí je dosaženo mimořádně vysokého a kontrolovaného předpětí vylisované nádoby. Napětí vinutí se dá upravovat pomocí celkového průřezu tak, že stav předpětí prakticky odpovídá běžnému vyztužení pomocí několika stovek zděří. Každá vrstva pásky přitom odpovídá velmi tenkému vyztužovacímu kroužku.

Výhoda těchto matric spočívá v téměř o 50 % vyšším povoleném vnitřním tlakům oproti běžně předepjatým lisovnicím. Díky zvláštnostem konstrukce umožňují menší velikost ve srovnání s obvyklými zpevněnými nástroji. Kromě toho vykazují vyztužení vinutá pásky vyšší bezpečnost proti explozi. Další aplikace vyztužení pomocí vinutí drátu jsou předepjaté tlakové nádoby, které se používají například u hydrostatického vytlačování, izostatického lisování za tepla nebo při výrobě drátem obtáčených rámců pro vysokotlaké vytlačování.

Jako další příklad můžeme zmínit Fluid Cell lisy, jejichž rám se skládá z kovaného ocelového cylindru nebo ze sešroubovaných či svařených spojů. Velký počet ovinutí z pevného ocelového drátu pod předpětím způsobí, že cylindr je stále pod tlakovým napětím a může pojmout relativně velké množství jmenovitých tlakových sil. Kromě toho může být lis zkonstruován velmi kompaktně a s relativně nízkou vahou.

## 2.9 Drápkování, zahýbání [18], [25], [30], [34]

Drápkování je spojení materiálů tím způsobem, že volný konec ploché části, která je protažena většinou skrz plechový díl, je ohnut tak, aby vznikl tvarový styk jako je na obr. 24.



Obr. 23 Drápkování společným ohnutím [18]

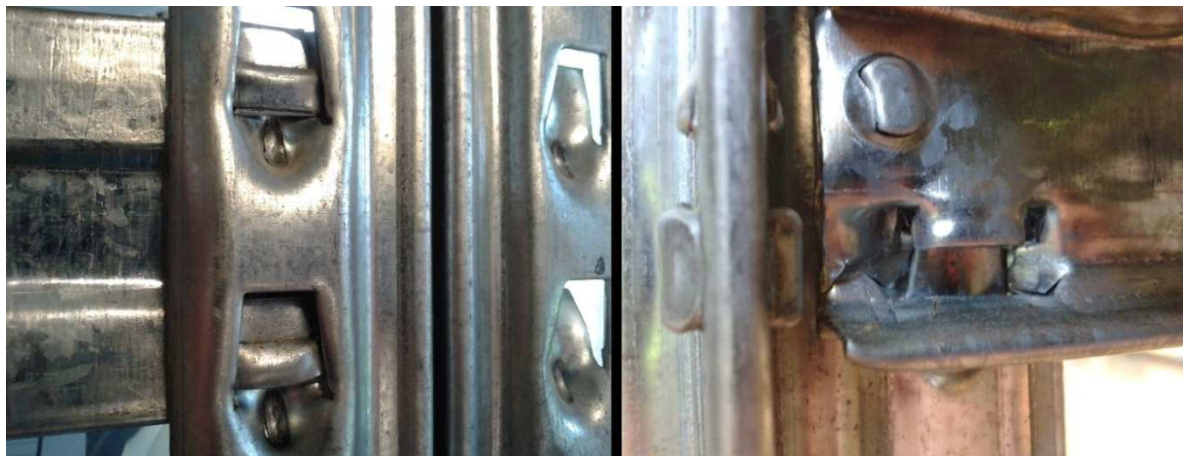
Drápkování slouží ke spojení plechových částí o tloušťce 0,3 – 2,00

mm z dobře tvárných materiálů. Stejně jako u drápkování ohybem, tak u drápkování



zkroucením jsou předtvarované části protaženy skrze otvor protikusu a následně ohnuty, popř. zkrouceny. Předností je, že dobře tvarovatelná musí být pouze jedna spojovaná část.

Během drápkování jsou jednoduchými kroky vytvářena pevná spojení, která jsou podmíněně rozebíratelná a neměla by být v budoucnu už nikdy demontována. Hlavní oblast použití je výroba hraček, zámků a kování. Ve zvláštních případech může být použito drápkování pomocí společného dělení a ohnutí jak je vidět na obr. 23.



Obr. 24 Uchycení police regálu pomocí drápkování

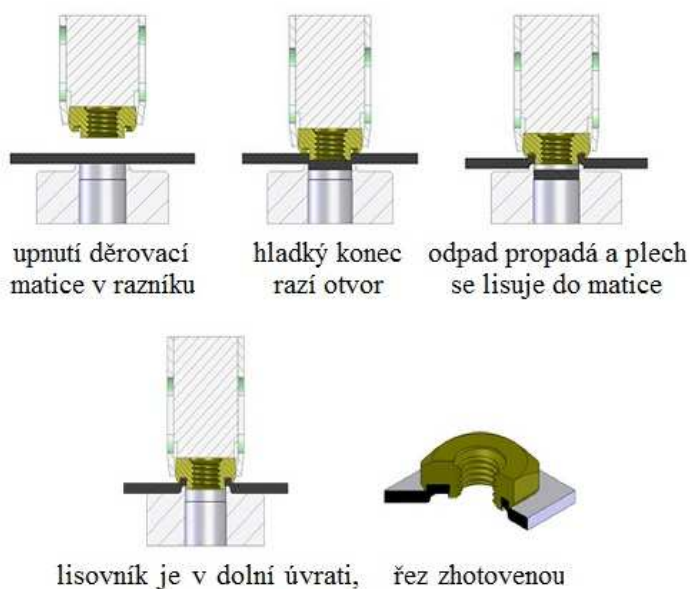
## 2.10 Rozepření [25], [30], [34], [46], [48]

Jedná se o spojení pomocí zalisování nebo zaválcování jednoho obrobku do protikusu. Materiál první součásti směřuje do volného místa druhého stavebního prvku. Nejznámějším příkladem použití tohoto typu spojování je montáž pomocí kuželovitého kotouče, jak znázorňuje obr. 25. Během tváření dochází ke změně vnitřních a vnějších rozměrů. Pokud dojde k rozepření uvnitř drážky nebo otvoru, vzniká nerozebíratelné spojení mezi oběma součástmi.



Obr. 25 Rozepření kuželovým kotoučem [46]

Tímto způsobem jsou spojovány jednoduché stavební prvky jako kolíky, čepy a plechové díly. Lze jej použít i u poddajných a pružných materiálů jako dřevo nebo plast. Důležité uplatnění je u plně automatického spojování děrovacích matic s plechovými částmi. Postup zobrazen na obr. 26. Používá se k fixaci upevňovacích elementů jako jsou hmoždinky, rozpínací úhelníky, háky a skoby. Využití nachází rozepření nejen u plechu, ale také při spojování lisovaných profilů.



Obr. 26 Postup upevnění děrovací matice [48]

## 2.11 Stlačení, slisování [15], [22], [25], [30], [34], [57]

Stlačením se rozumí především spojení dvou konců lan, provazů nebo smyček lan za pomoci lisovací objímky, která sevře oba provazce a po přetvoření v lisu vznikne spojení tvarovým stykem, jak je vidět na obr. 27.

Oproti tomu je slisování spojení lana s koncovým kusem jako je např. lanový kotouč, koncovka kabelu nebo krimpovací svorka, která se používá zejména v elektrotechnice obr. 28.

Pro krimpování vodičů za pomoci kleští se používají hlavy různých tvarů, nejrozšířenější je tvar šestihranu. Lano je sevřeno a díky přetvoření vznikne tvarové a silové spojení.

Spoje, jenž vzniknou výše uvedenými metodami, jsou nerozebíratelné a vhodné k rychlému spojení či připojení vodičů pomocí společného přetvoření lana a koncového dílu.



Obr. 27 Svorky na lana [15]



Obr. 28 Krimpovaný spoj a jeho řez [57], [22]

### 3 MODERNÍ ZPŮSOBY SPOJOVÁNÍ [12], [29], [31], [40]

Výroba v automobilovém, instalatérském a strojírenském průmyslu, konstrukce spojů ve stavebnictví a vývoj nových materiálů nutí výrobce k urychlení výroby a využití nových technologií. Funkce a kvalita spojování materiálů má vliv na jakost spojů a jejich možnosti ve výrobě. Proto je nutné zkoumat alternativní spojovací metody.

Nejčastější technologie spojování materiálů v automobilovém průmyslu jsou laserové a odporové bodové svařování, pájení, lepení, nýtování nebo kombinace jednotlivých technologií a mechanické spojování. V praxi se často vyskytují požadavky na použití rozebíratelných spojů.

Nabízí se značné množství konstrukčních důvodů proč použít lehké slitiny nebo kompozity v průmyslové výrobě. Výhodou je nižší hmotnost, korozivzdornost a snazší zpracovatelnost. Pevnost nově vyvíjených materiálů mnohdy přesahuje pevnosti běžně používaných ocelí. Nástup těchto materiálů opět vede k vývoji nových technologií spojování.

Přímé svařování plechů z různých materiálů se ukázalo jako obtížné nebo nemožné. Proto alternativní spojovací metody, mezi které patří také mechanické upevňovací systémy, přilákaly zvýšený zájem. Mechanické spojování zahrnuje širokou škálu metod od závitových spojů, přes různé formy nýtů až po metody vzájemného mechanického spojení.

#### 3.1 Termální vrtání metodou Flowdrill [1], [2], [8], [9], [10], [12], [36], [49]

Termální třecí vrtání, jako jedna z nových progresivních metod spojování, může umožnit spojení plechů, trubek, dutých profilů a podobně. Technologii Flowdrill je možné porovnat s výrobou hladkých válcových nebo kuželových pouzder.



Obr.29 Příklad spojů v automobilu [1]

Z počátku vytlačovaný materiál, který teče proti směru posuvu nástroje, vytváří nákrůžek zobrazený na obr. 30. Když začne vrták pronikat přes celou tloušťku vrtaného obrobku, vzniká v tomto místě z roztaveného materiálu pouzdro. Velkou výhodou termického vrtání je, že umožňuje rozšíření použitelné tloušťky materiálu bez vzniku odpadů až na trojnásobek původní tloušťky. Pokud není nákrůžek

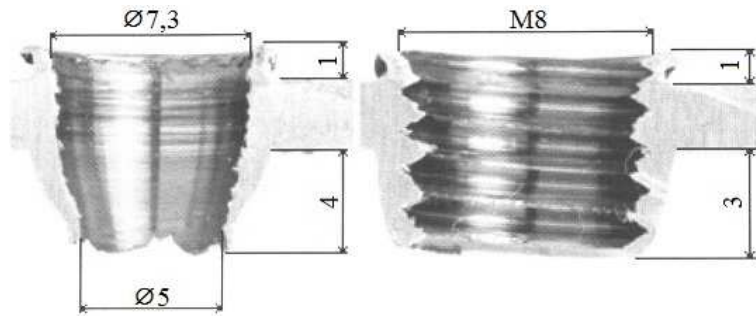
Technologie termálního vrtání, kde je využíváno tření a změny teploty, patří k progresivním metodám spojování. Příklad takových spojů v automobilovém průmyslu je uveden na obr. 29.

Na obr. 31 je vidět výchozí ustavení obrobku a tvar krátkého kuželového vrtacího nástroje Flowdrill s maximálním průměrem  $\varnothing 7,9$  mm. Během procesu termálního vrtání dojde vlivem tření mezi nástrojem a obrobkem k postupnému tavení vrtaného materiálu.

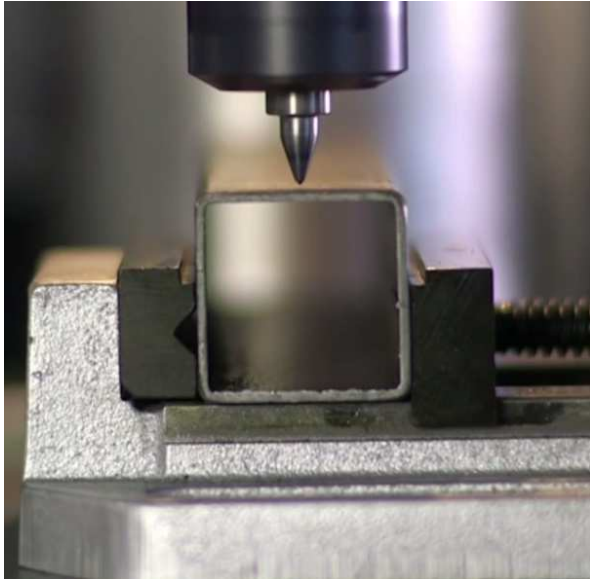


Obr. 30 Nákrůžek [36]

žadoucí, může být odstraněn díky speciálnímu nástroji s břitem. Po vrtání může být vytvořen v pouzdru závit tvářecí metodou Flowtap. Počet závitů je dvakrát až třikrát vyšší než v původní tloušťce materiálu jak je vidět na obr. 32.



Obr. 32 Závit vytvořený metodou Flowtap [12]



Obr. 31 Tvar nástroje a výchozí pozice před vrtáním [9]

Termální vrtací technologie Flowdrill, může být prováděna buď pomocí ručně ovládaných nebo automatizovaných strojů na konkrétních výrobních linkách. Na obr. 33 jsou ukázány příklady vrtaček pro termální vrtání.

Tyto technologie můžeme rozdělit z různých hledisek:

A) v závislosti na tloušťce pracovaného materiálu:

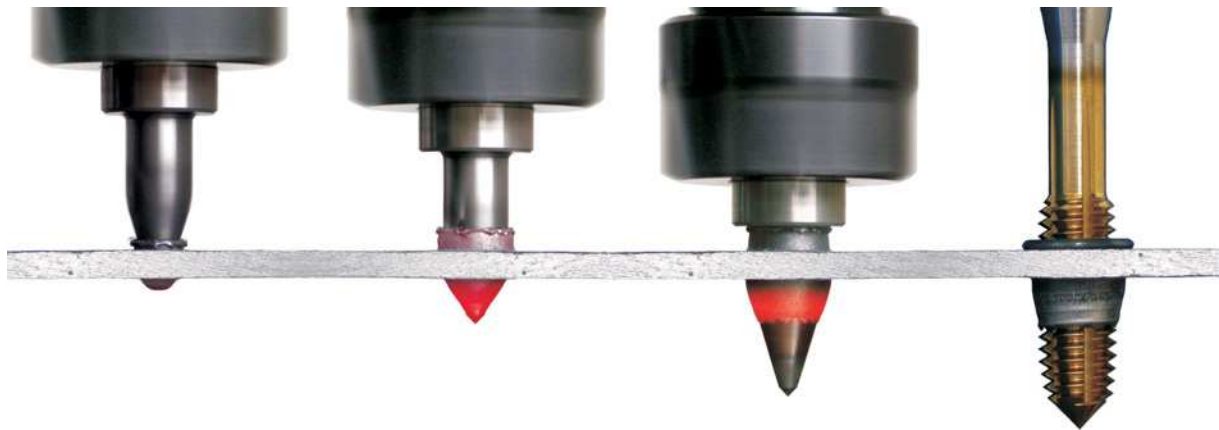
- termální vrtání do tenkých plechů s tloušťkou do 2 mm přímou montáž bez předchozího otvoru
- termální vrtání do materiálu o tloušťce větší než 2 mm obr 34.

B) podle místa spojení:

- termální vrtání v jednom bodě s vytvořením částečně rozebíratelného spoje, to znamená vytvoření pouzdra a následné spojení s jiným materiálem,
- termální vrtání a svařování v jedné operaci, v jednom bodě, s vytvořením nerozebíratelného spoje, např.: bodové svařování třením,
- termální vrtání se svařováním a následným vytvořením nerozebíratelného spoje na stanovené délce - například: třecí svařování promísením (friction stir welding)



Obr.33 Vrtačky pro termální vrtání metodou Flowdrill [8], [49]



Obr. 34. Termální vrtání metodou Flowdrill a tvorba závitů metodou Flowtap [10]

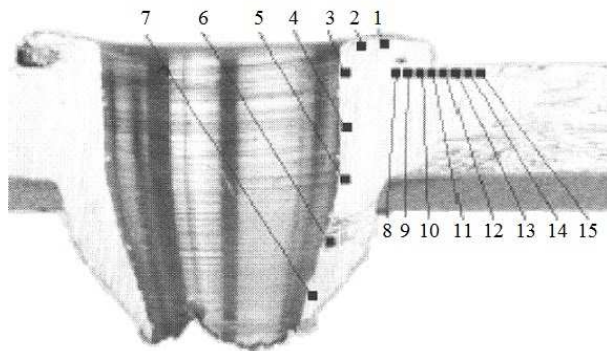
Některé další spoje s využitím termálního vrtání jsou ukázány na obr. 35.



Obr. 35 Příklady spojů s pouzdry vytvořených termálním vrtáním [2]

Termálním vrtáním dochází vlivem tepelného ovlivnění ke změně tvrdosti materiálu v okolí vytvářeného pouzdra. Jak bylo zjištěno v [12], tvrdost pouzdra může poklesnout až o 30 %. K největšímu poklesu tvrdosti dochází v místě pouzdra, které bylo vytvořeno

nataveným materiálem, bod 7 na obr. 36. Naopak nejvyšší hodnota tvrdosti byla zaznamenána v nejvzdálenějším měřeném bodě od pouzdra.



Obr. 36 Měřící body zkoušky tvrdosti dle Vickerse [12]

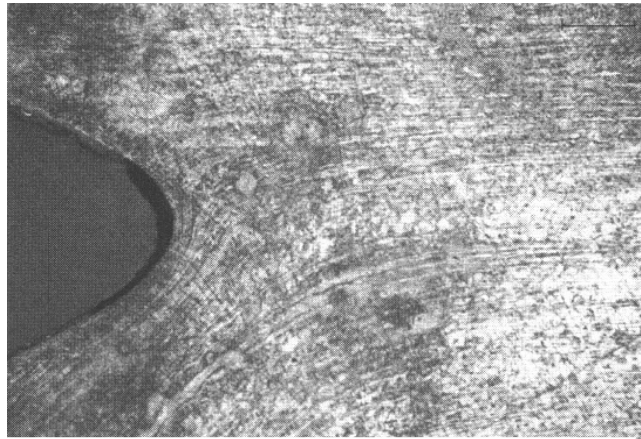
Z toho vyplývá, že tvářená pouzdra metodou Flowdrill mají menší tvrdost, než materiál, ze kterého byla zhotovena. Hodnota tvrdosti narůstá se vzdáleností od pouzdra, až dosáhne původní kvality v místě, které již nebylo tepelně ovlivněno.

Metalografický snímek obr. 37 ukazuje deformaci vláken tvářeného závitu technologií Flowtap.

Nejdůležitějšími parametry, které ovlivňují výslednou jakost pouzdra zhotoveného termálním vrtáním metodou Flowdrill je:

- materiál pouzdra a nákrůžku
- materiál vrtacího nástroje (odolnost proti opotřebení a vysoké teplotě)
- technologické parametry jako otáčky vřetene, tření mezi nástrojem a tvářeným materiálem, doba tváření
- automatizace provozu u ručních nebo automatizovaných vrtaček

Jako nejpoužitelnější materiál z hlediska výsledné jakosti pouzdra a nákrůžku se jeví ocel, z důvodu vyšší meze pevnosti v porovnání s mosazí či mědí. Kvalita pouzdra totiž úzce souvisí s mezí pevnosti použitého materiálu.



Obr. 37 Deformace vláken materiálu v okolí tvářeného závitu [12]

### 3.2 Nýtování Rivset [31], [43], [55]

Samoděrovací nýtování patří mezi metody spojování tvářením za studena. Mechanické spojování profilů a plechů technologiemi Rivset a Rivclinch se děje do plného materiálu bez předchozího třískového obrábění a nutnosti seřízení souososti. Tyto metody lze použít jako náhradu za bodového či švového svařování. Dochází nejen k citelné úspoře energie, ale i nákladů na přídavný materiál. Zejména aplikací technologie Rivclinch, kde není zapotřebí žádného přídavného prvku.

Tento způsob spojování je realizován pomocí nýtu, který prostříhne jednu součást a je zakotven v plném materiálu součásti druhé. Vytvoření pevného, tvarově stabilního spojení je docíleno použitím prostříhovacího nýtu, který má polodutý dřík, jak je vidět na obr. 38. Tím je zajištěno pevné, dokonale těsné spojení. Nýt během jediného pracovního kroku proráží horní vrstvy spojovaných součástí a je rozpěčován pomocí matrice radiálně do stran, aniž by došlo k porušení spojovaných částí.



Obr. 38 Nýt RIVSET [VII].



Obr. 39 Jak funguje RIVSET [43]

Jelikož samoděrovací nýtování, na rozdíl od konvenčního nýtování, nevyžaduje předvrtání otvorů, je rychlost spojování stejná jako u bodového odporového svařování.

Před spojováním dílců nejsou kladeny zvýšené nároky na čistotu spojovaných povrchů. Průběh procesu je zobrazen na obr. 39.

V okolí nýtu dochází k vytvrzování materiálu vyplývající ze zvýšené deformace v místě spoje. To má za následek zvýšení únosnosti spoje. Na tu má rovněž příznivý vliv pevnost materiálu nýtu.

Je možné vybírat ze široké škály nýtů i nýtovacích zařízení, které se hodí pro danou kombinaci spojovaných dílců. Jediným omezujícím parametrem je celková tloušťka spoje. Snadno lze kombinovat oceli různé kvality s nekovovými komponenty. Zvolený typ zařízení by měl odpovídat velikosti výrobní série. Pro kusovou a malosériovou výrobu jsou nejvhodnější ruční zařízení, k hromadné výrobě nejlépe poslouží poloautomatická nebo automatická pracoviště se schopností procesní kontroly. Funkční část poloautomatického zařízení spočívá na podstatě tuhého C-rámu obr. 40.



Obr. 40 Všestranný nýtovací systém [43]

### 3.3 Klinčování Rivclinch [12], [29], [31], [41], [42], [60]

Firma TOX Pressotechnik zastává v oboru spojování plechů za studena vůdčí postavení bezmála 30 let. Stěžejní technologií této firmy je klinčování TOX Clinch.

Během klinčování lze mezi spojované plechy vkládat lepidla, fólie či tlumicí materiály. Kvalita spojů přitom dosahuje takové úrovně, že v automobilovém průmyslu nebo při výrobě vozidel obecně se technologie TOX využívají pro bezpečné spojení nejrůznějších dílů, které sehrávají důležitou roli v crash-testech. V současnosti je v automobilovém průmyslu používáno přes 200 typických aplikací technologie TOX. Jde zejména o díly a sestavy k výrobě karoserie.

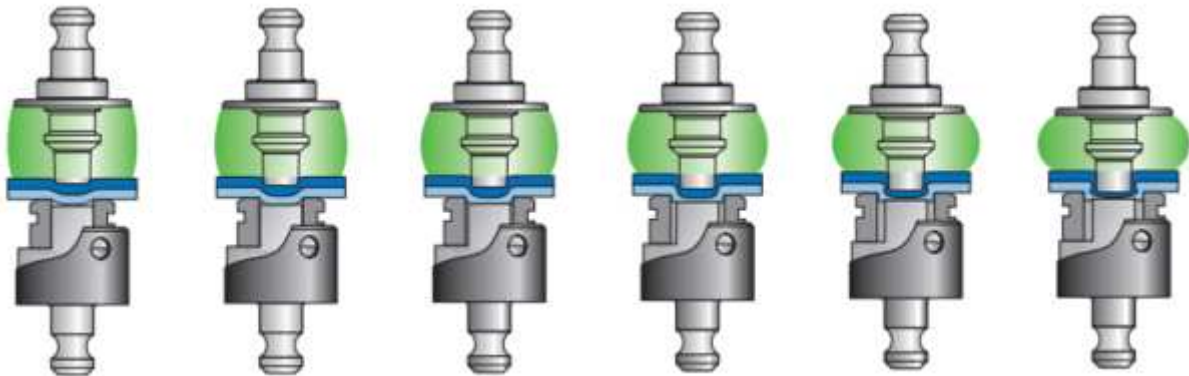
Spojení plechových a profilových dílů zařízeními typu Rivclinch je v porovnání s metodou Rivset jednodušší. Příklad takového spoje je na obr. 41.



Obr.41 Postup při TOX klinčování [60].

Klinčovací proces je kombinací tažení a tváření. Spojení je docíleno společnou bodovou deformací součástí bez jakéhokoli přídavného materiálu a může být označováno jako prostoupený spoj. Ten lze provést jako poslední operace po povrchovém zpracování polotovaru. Tím je docíleno materiálové i časové úspory, což může následně ovlivnit konkurenceschopnost výrobku.

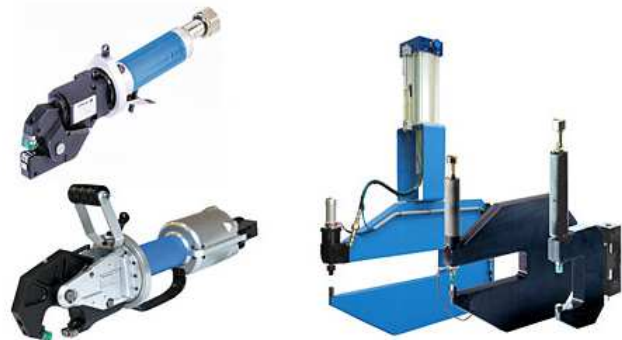
Metoda Rivclinch umožňuje spojit plechy do celkové tloušťky 18 mm. Protlačáním je dosaženo pevného, tvarově stabilního spoje plechů ve dvou a více vrstvách. Průběh procesu zobrazuje obr. 42.



Obr. 42 Jak funguje RIVCLINCH [41]

Výběr nástroje ovlivňuje výslednou pevnost spojení. Je možné zvolit průměr nástroje z rozměrové škály od 1,5 mm do 26 mm jak je uvedeno v [29]. S rostoucím průměrem se zvyšuje i únosnost spoje. Proměnná je i geometrie nástroje v závislosti na zvolené kombinaci spojovaných materiálů. Pro každou kombinaci materiálů lze optimálně vybrat nástroj, který zaručí požadovanou pevnost spoje a možnost jeho opakování.

Principiálně se jedná, stejně jako u výrobního postupu Rivset, o zařízení, jehož pracovní segment je tvořen buď otevíracím nebo pevným C-rámem obr. 43. Otevírací rám se používá především u ručních zařízení kde dochází k malému vyložení. Vyložení pracovního segmentu stroje dovoluje zhotovit spoj až ve vzdálenosti 500 mm od kraje dílu. Přenos pracovní síly je většinou zprostředkovan hydraulickou soustavou, kde je hydraulický tlak vytvořen multiplikátorem tlaku.



Obr.43 Produkty RIVCLINCH [60].

Síla, kterou je spoj tvořen, je regulovatelná a pohybuje se v rozmezí 25 - 100 kN.

### 3.4 Nýtování Tuk-Rivet [12], [26]

Samoděrovací nýtování je používáno jako jedna z novějších spojovacích technik. Zaujala mnoho výrobců, díky své široké použitelnosti a lepšímu výkonu při spojování plechů než u odporového bodového svařování. Je používáno např. při výrobě karoserie automobilů.

Nýtování Tuk-Rivet bylo vyvinuto německou firmou Kerb-Konus-Vertriebs-GmbH, která vyrábí lisovací nýty a stroje pro jejich použití. Tato firma má dlouholeté zkušenosti s dodáváním dílů do



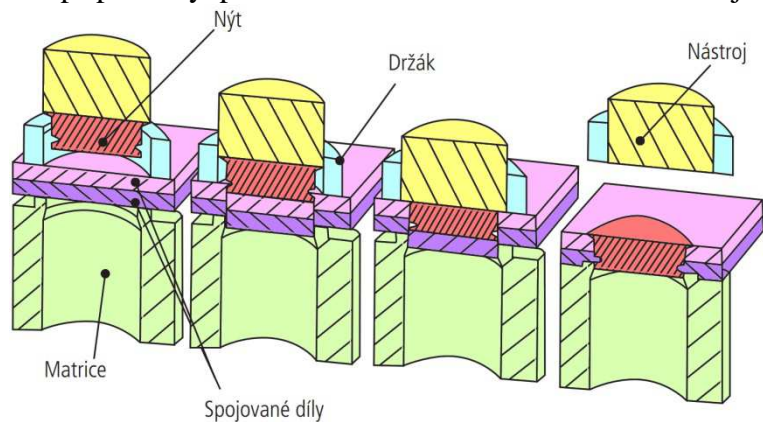
Obr. 44 Samoděrovací nýty [26]



automobilového průmyslu. Nýty Tuk-Rivet jsou použitelné za pomoci specifických automatických nýtovacích strojů. Sortiment nýtů zhotovených z oceli, korozivzdorného nebo kyselinovzdorného materiálu jsou zobrazeny na obr. 44.

Díly, které mají být spojeny, jsou připevněny pomocí svorek k matrici. Po tom co je dosaženo horního dorazu, je součást tlačena držákem a nýtem proti matrici. Následně je provedeno děrování těchto součástí plným nýtem, který současně zastává funkci razníku.

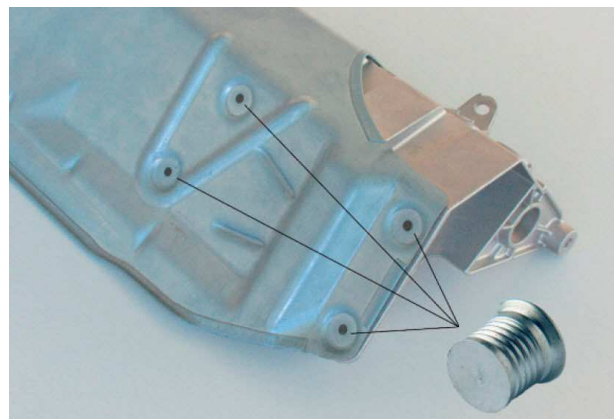
Během děrování dochází k vyplnění drážky dříku nýtu materiálem spodní součásti. Průběh procesu zobrazuje obr. 45.



Obr. 45 Schematický postup nýtování Tuk-Rivet [26]

Jako příklad použití je na obr. 46 uvedeno spojení hliníkového odlitku s ocelovým plechem u stínítka proti teplu. Použitelnost této metody se nabízí v oblastech, kde je nutné v krátkém čase zhotovit vysoce zatížitelný spoj tenkých kovových dílců.

Protože je použitý nýt samorazící, odpadají problémy s předpřipravením otvorů a tím dochází k úspoře času a poklesu montážních nákladů. Dochází k plynulému uzavírání spoje z obou stran při zachování vysoké pevnosti. Na rozdíl od bodového svařování dobře spojuje potahované a povrchově upravené díly z lehkých kovů a ušlechtilých ocelí. Lze snadno začlenit do výrobních linek, bez nutnosti vytváření nových specializovaných pracovišť.



Obr. 46 Příklad použití Tuk-Rivet [26]

## 4 ZÁVĚRY

Během zhotovení předkládané práce, byly zpracovány různé spojovací metody k provedení převážně nerozebíratelných spojů z kovových i nekovových materiálů. Nejčastěji se jednalo o plechové, profilované a trubkové díly, u kterých nebylo zapotřebí provádět předchystání otvorů třískovým obráběním. Spoje byly provedeny zejména prostřednictvím deformace a přetvoření jednotlivých částí, aby bylo dosaženo požadované pevnosti.

Pro ucelení představy jsou zprvu představeny tradiční spojovací metody, které jsou notoricky známé již řadu desetiletí. Mezi nimi nemohou chybět šroubové a nýtové spoje, které potřebují ke svému zhotovení předvrtat otvory a následně ustavit spojovaná tělesa tak, aby skrz ně bylo možné protáhnout a upnout spojovací element. Dále zde jsou pájení a tavné svařování, které potřebují ke zhotovení přísun tepelné energie, která je předávána i spojovaným dílům. To nemusí být žádoucí nebo se může jednat o prostředí, kde je to jen těžko proveditelné.

U spojů zhotovených prostřednictvím přetvoření jsou pomocí mechanických, hydraulických nebo elektromagnetických sil deformována přímo spojovaná tělesa nebo pomocné spojovací prvky. Nevýhodou je, že při uvolnění většinou dochází k poškození nebo úplnému znehodnocení součásti či prvku. Tyto postupy lze dobře automatizovat a jejich předností je rovněž energetická nenáročnost a rychlost provedení. Jako jedna z nejzajímavějších metod spojování tenkých plechů se jeví drážkování, které je používáno nejen v potravinářském a elektrotechnickém průmyslu pro výrobu nepropustných obalů a krytů.

Moderní způsoby spojování jakými jsou samoděrovací technologie Rivset a Tuk-Rivet, metoda Flowdrill používaná ke zhotovení válcových pouzder a klinčovací postup Rivclinch, jsou hojně používány ve všech odvětvích průmyslu zabývajících se zpracováním plechu, zejména pak v průmyslu automobilním. Díky své spolehlivosti, efektivitě a časové i materiálové úspoře mnohdy nahrazují již zaběhlé způsoby spojování v daných odvětvích.

Přes to, že ve většině případů lze vybírat ze široké škály možností, jakými jde provést spojení daných součástí, nastávají situace jako např. nedostatek manipulačního prostoru, nepřístupnost z obou stran, zvýšené nároky na spoj, extrémní tloušťka nebo materiál součásti, kdy jde spoj zhotovit pouze jedinou z uvedených metod. Proto se dá očekávat, že progres jednotlivých technologií bude i nadále pokračovat.

## SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 1	Příklady spojů zhotovených tvářením .....	9
Obr. 2	Svarový spoj .....	10
Obr. 3	Pájený spoj .....	10
Obr. 4	Lepný spoj .....	11
Obr. 5	Nýty .....	11
Obr. 6	Šroub .....	12
Obr. 7	Základní operace montážního lisování .....	12
Obr. 8	Spoj důlkováním .....	14
Obr. 9	Kolový šroub s tisícíhranem .....	14
Obr. 10	Způsoby protlačování .....	15
Obr. 11	Opláštění drátů .....	16
Obr. 12	Spojení trubek zaválcováním .....	16
Obr. 13	Zužování .....	17
Obr. 14	Spoj žlábkováním .....	18
Obr. 15	Vytváření obruby .....	18
Obr. 16	Speciální obrubovačka .....	19
Obr. 17	Kovová chránička kabelů .....	19
Obr. 18	Druhy drážek .....	20
Obr. 19	Drážkování SnapLock .....	20
Obr. 20	Automatizovaná výroba sudů .....	22
Obr. 21	Tlumič výfuku .....	22
Obr. 22	Vinutí cívky .....	24
Obr. 23	Drápkování společným ohnutím .....	24
Obr. 24	Uchycení police regálu pomocí drápkování .....	25
Obr. 25	Rozeprání kuželovým kotoučem .....	25
Obr. 26	Postup upevnění děrovací matice .....	25
Obr. 27	Svorčky na lana .....	26
Obr. 28	Krimpovaný spoj a jeho řez .....	26
Obr. 29	Příklad spojů v automobilu .....	27
Obr. 30	Nákružek .....	27
Obr. 31	Tvar nástroje a výchozí pozice před vrtáním .....	28
Obr. 32	Závit vytvořený metodou Flowtap .....	28
Obr. 33	Vrtačky pro termální vrtání metodou Flowdrill .....	28
Obr. 34	Termální vrtání metodou Flowdrill a tvorba závitu metodou Flowtap .....	29
Obr. 35	Příklady spojů s pouzdry vytvořených termálním vrtáním .....	29
Obr. 36	Měřicí body zkoušky tvrdosti dle Vickerse .....	29
Obr. 37	Deformace vláken materiálu v okolí tvářeného závitu .....	30
Obr. 38	Nýt RIVSET .....	30
Obr. 39	Jak funguje RIVSET .....	30
Obr. 40	Všestranný nýtovací systém .....	31
Obr. 41	Postup při TOX klinčování .....	31
Obr. 42	Jak funguje RIVCLINCH .....	32
Obr. 43	Produkty RIVCLINCH .....	32
Obr. 44	Samoděrovací nýty .....	32
Obr. 45	Schematický postup nýtování Tuk-Rivet .....	33
Obr. 46	Příklad použití Tuk-Rivet .....	33

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. *Automobilový rám* [online]. 2008 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: [http://smg.photobucket.com/user/jaystonewee/media/IMG\\_0301.jpg.html](http://smg.photobucket.com/user/jaystonewee/media/IMG_0301.jpg.html)
2. *Běžné použití formovacího vrtání* [online]. 2005 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: [http://www.robertspeck.com/images/flowdrill\\_brazed\\_tapped\\_bearing\\_support.gif](http://www.robertspeck.com/images/flowdrill_brazed_tapped_bearing_support.gif)
3. *Bonded vehicle structures – exactly what do rivets do?* [online]. 2014 [cit. 2015-05-26]. Dostupné z: [http://www.autoindustryinsider.com/wp-content/uploads/2014/05/2014-Audi-TT-joining-process\\_2.jpg](http://www.autoindustryinsider.com/wp-content/uploads/2014/05/2014-Audi-TT-joining-process_2.jpg)
4. Citace PRO. Generátor citací [online]. 2012 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://citace.lib.vutbr.cz/>
5. *Druhy plechovek* [online]. 2013 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <https://www.toyo-seikan.co.jp/e/technique/can/kind/>
6. *Důlkování* [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://belmetzapad.ru/cache/resources/images/content/kvGallery/7.jpg>
7. ELMAN, Jiří a Václav MICHALÍČEK. *Anglicko-český technický slovník = English-Czech technical dictionary*. 2. přeprac. a dopl. vyd. Praha: Sobotáles, 2003, 1317 s [cit. 2015-05-25]. ISBN 8085920921.
8. *Flow2go* [online]. 2013 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: [https://www.hoffmann-group.com/medias/sys\\_master/root/h95/hf8/8810493771806/b082750-powertool.jpg](https://www.hoffmann-group.com/medias/sys_master/root/h95/hf8/8810493771806/b082750-powertool.jpg)
9. *Flowdrill - Termální třecí vrtání* [online]. 2013 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=jk8qjQENViI>
10. *Flowdrill proces* [online]. 2014 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: [http://flowdrill.com/sites/all/themes/fdtheme/images/flowdrill\\_process.jpg](http://flowdrill.com/sites/all/themes/fdtheme/images/flowdrill_process.jpg)
11. *Flowdrill toolholder with cooling fan, flow drill holder* [online]. 2015 [cit. 2015-05-26]. Dostupné z: [http://i00.i.aliimg.com/wsphoto/v1/563222424\\_1/Flowdrill-toolholder-with-cooling-fan-font-b-flow-b-font-font-b-drill-b-font-holder.jpg](http://i00.i.aliimg.com/wsphoto/v1/563222424_1/Flowdrill-toolholder-with-cooling-fan-font-b-flow-b-font-font-b-drill-b-font-holder.jpg)
12. *FORM 2012: XI. mezinárodní symposium: tvářecí technika, technologie a materiály pro tváření*. Brno: Svaz kováren České republiky, 2012, 93 s. ISBN 1213-9289.
13. *Frame Bonded* [online]. 2013 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://back40bicycleworks.blogspot.cz/2013/04/frame-bonded.html>
14. *Hex Screw Nut Washer Set* [online]. 2012 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: [http://m4.sourcingmap.com/photo\\_new/20120719/g/ux\\_a12071900ux0657\\_ux\\_g03.jpg](http://m4.sourcingmap.com/photo_new/20120719/g/ux_a12071900ux0657_ux_g03.jpg)
15. *Hliníkové svorky* [online]. 2012 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: [http://kutil-florenc.cz/media/produkty/3972/hlinikove\\_svorky.jpg](http://kutil-florenc.cz/media/produkty/3972/hlinikove_svorky.jpg)
16. *Integral joining techniques* [online]. 2009 [cit. 2015-05-26]. Dostupné z: <http://www.prepaintedmetal.eu/repository/PICTURES%20LIBRARY/3%20joints.jpg>
17. JANOŠEK, Lukáš. *Co je výfuk ?* [online]. 2008 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.vyfuky-tyll.cz/vyfuky/produkty/>

18. KAMMER, Catrin. *Aluminium Taschenbuch 3: Weiterverarbeitung und Anwendung*. 17., Aufl. Berlin: Beuth, 2013, 878 s [cit. 2015-05-24]. ISBN 978-341-0223-115. Dostupné také z: <https://books.google.cz/books?id=wAvIBAAAQBAJ&pg=PA341&lpq=PA341&dq=Verlappen+Verbindung&source=bl&ots=uvESUQEg3e&sig=Yeqg8-C8Uo7sfN14gg8Gk9B0gXs&hl=cs&sa=X&ei=wptRVZScGMfH7AbBloL4Dg&ved=0CEoQ6AEwBw#v=onepage&q=Verlappen%20Verbindung&f=false>
19. KANTOR, Martin a Milan BENDA. *STAVBA A PROVOZ STROJŮ: I. Části strojů* [online]. 2003 [cit. 2015-03-31]. Dostupné z: [http://www.spssol.cz/~vyuka/predmety/sps/2\\_rocnik\\_casti\\_vyber.pdf](http://www.spssol.cz/~vyuka/predmety/sps/2_rocnik_casti_vyber.pdf)
20. KISER, Jesse. *Quick Test - MIG Welding Aluminum* [online]. 2013 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.hotrod.com/how-to/additional-how-to/1311-mig-welding-aluminum/>
21. *Kovová chránička s PUR povrchem* [online]. 2015 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.gumex.cz/index.php?ma=ajax&sid=pimage&pid=26049>
22. *Krimpovací kleště* [online]. 2012 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: [http://media.tbs-aachen.de/images/104854\\_2.jpg](http://media.tbs-aachen.de/images/104854_2.jpg)
23. KŘÍŽ, Rudolf a Pavel VÁVRA. *Strojírenská příručka: 24 oddílů v osmi svazcích., 5. svazek., O - Technika konstruování., P - Technická dokumentace., R - Části strojů a převody (1. část)*. Praha: Scientia, 1994, 241 s [cit. 2015-03-31]. ISBN 80-858-2759-X.
24. KUBÍČEK, Jaroslav. *Technologie výroby I.: svařování* [online]. 2005 [cit. 2015-03-31]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory\\_soubory/technologie\\_vyroby\\_I\\_svarovani\\_kubicek.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/technologie_vyroby_I_svarovani_kubicek.pdf)
25. LANGE, Kurt. *Umformtechnik. Handbuch für Industrie und Wissenschaft: Band 4: Sonderverfahren, Prozesssimulation, Werkzeugtechnik, Produktion*. 2. Aufl. Berlin: Springer, 1993, 815 s [cit. 2015-05-25]. ISBN 35-405-5939-6.
26. *Lisovací nýty pro tenké tvarové díly* [online]. 2006 [cit. 2015-05-26]. Dostupné z: [http://www.protech-spt.cz/files/kerb\\_konus\\_ds45\\_cz.pdf](http://www.protech-spt.cz/files/kerb_konus_ds45_cz.pdf)
27. *Lisované díly* [online]. 2013 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.sariv-automotive.com/produkty/lisovane-dily/>
28. MAREČEK, Jan, Kateřina KUBENKOVÁ, Miloslav ŠINDE a Filip ČMIEL. *Pozemní stavitelství III.: 4. Řemeslné práce obvodového pláště* [online]. OSTRAVA: VŠB-TUO, 2007 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FAST/PS3/4.html>
29. *Materiálově a energeticky nenáročné spojování* [online]. 2015 [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/materialove-a-energeticky-nenarocne-spojovani.html>
30. MICHALÍČEK, Václav. *Německo-český a česko-německý technický slovník*. 1. vyd. Ostrava: Montanex, 1992, 701 s [cit. 2015-05-25]. ISBN 80-853-0083-4.
31. *Moderní spojovací technologie a spojovací prvky pro strojírenství* [online]. 2010 [cit. 2015-05-26]. Dostupné z: [http://www.boellhoff.cz/files/pdf1/Boellhoff\\_Kovo\\_10\\_1.pdf](http://www.boellhoff.cz/files/pdf1/Boellhoff_Kovo_10_1.pdf)

32. *Moderní technologie pro spojování tenkých plechů*. Praha: Česká společnost pro výzkum zpracování plechu, 1997 [cit. 2015-05-25].
33. *Nová generace elektroinstalačního kabelu (KMEL)* [online]. 2008 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: [http://www.podolskkabel.ru/files/uploads/kmel\\_0.png](http://www.podolskkabel.ru/files/uploads/kmel_0.png)
34. NOVOTNÝ, Karel, Jarmila DVOŘÁKOVÁ a Vladimír HENCL. *Plošné a objemové tváření: vícejazyčné názvosloví* [online]. Brno, 2004 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory\\_soubory/plosne\\_a\\_objemove\\_tvareni\\_vicejazycne\\_nazvoslovi\\_rumisek\\_novotny\\_dvorakova\\_hencl.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/plosne_a_objemove_tvareni_vicejazycne_nazvoslovi_rumisek_novotny_dvorakova_hencl.pdf)
35. *Obrubovací stroj* [online]. 2015 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.hesse-maschinen.com/produkte/datenblatt/boerdelmaschinen-1/289-hfm-12/>
36. *Ocelové potrubí* [online]. 2009 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.formdrill.com/gallery/Fgallery1-2.jpg>
37. *Professional Quality Seaming* [online]. 2010 [cit. 2015-05-26]. Dostupné z: [http://www.ras-systems.com/fileadmin/\\_migrated/content\\_uploads/RAS\\_SpeedySeamer\\_e.pdf](http://www.ras-systems.com/fileadmin/_migrated/content_uploads/RAS_SpeedySeamer_e.pdf)
38. *Protlačování: Tváření* [online]. 2015 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://mlgeardesigns.blog.cz/1504/protlacovani>
39. *Redukce průměru trubky* [online]. 2000 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://adweb.desy.de/mpl/>
40. REJNUŠ, Vojtěch. *Využití kapaliny při tváření plechů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2014, 36 s. Dostupné také z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=83486](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=83486). Bakalářská práce.
41. *RIVCLINCH® Devices and systems for joining sheets and profiles without fasteners* [online]. 2013 [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.boellhoff.cz/static/pdf/downloadcenter/EN/RIVCLINCH-EN-6780.pdf>
42. *RIVCLINCH® Products* [online]. 2015 [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: [http://www.bollhoff-attexor.com/images/stories/products/products\\_family.jpg](http://www.bollhoff-attexor.com/images/stories/products/products_family.jpg)
43. *RIVSET® Self-pierce riveting for perfect joints* [online]. 2013 [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.boellhoff.cz/static/pdf/downloadcenter/EN/RIVSET-EN-6701.pdf>
44. ROMANOVSKIJ, V.P. *Příručka pro lisování za studena*. Praha: SNTL, 1959, 537 s [cit. 2015-05-25].
45. *Rotační zužování* [online]. 2013 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.metalltechnik-menges.de/de/rundkneten.html>
46. *Rozepření kuželovým kotoučem* [online]. 2010 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: [https://www.google.cz/search?q=spread+forming+steel&biw=1083&bih=839&espv=2&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=Fv5hVc7fGcTqyQPm84Ao&ved=0CAYQ\\_AUoAQ&dpr=1](https://www.google.cz/search?q=spread+forming+steel&biw=1083&bih=839&espv=2&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=Fv5hVc7fGcTqyQPm84Ao&ved=0CAYQ_AUoAQ&dpr=1)
47. *Rozšíření potrubí* [online]. 2010 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=qMnkd3vWS8A>
48. *Samo děrovací matice* [online]. 2007 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.npfasteners.com/pias-kp.shtml>

49. *SB P40 ST R1* [online]. 2015 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.flott.de/en/flott/products-metal-machine-tools/flott-drilling-machinery/p-series/sb-p40-st>
50. SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí*. 1. vyd. Editor Martin Hartl, Miloš Vlk. Brno: VUTIUM, 2010, 1159 s [cit. 2015-03-31]. ISBN 978-80-214-2629-0.
51. *SnapLock až pro 1,25 mm pozinkovanou ocel* [online]. 2008 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: [http://www.ras-systems.com/fileadmin/images/presstexte/en/RAS\\_Schnappfalz\\_1\\_25mm\\_e.pdf](http://www.ras-systems.com/fileadmin/images/presstexte/en/RAS_Schnappfalz_1_25mm_e.pdf)
52. *Solder Steel to Steel with SSF-6* [online]. 2013 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://muggyweld.com/brazing-steel-to-steel>
53. *Speciální příslušenství pro obrubovací stroje* [online]. 2013 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=7yrbRYchamU&spfreload=1>
54. *Spojování plechů metodou tváření za studena neboli klinčováním* [online]. 2015 [cit. 2015-05-26]. Dostupné z: [http://www.mmspektrum.com/content/image/gallery/0001\\_2015\\_104\\_1422286395/tox\\_obr\\_01b.jpg](http://www.mmspektrum.com/content/image/gallery/0001_2015_104_1422286395/tox_obr_01b.jpg)
55. *Stanzniet RIVSET®* [online]. 2015 [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: [http://img.directindustry.de/images\\_di/photo-g/stanz-niet-9129-2821949.jpg](http://img.directindustry.de/images_di/photo-g/stanz-niet-9129-2821949.jpg)
56. SVOBODOVÁ, Magdalena. *Spoje a spojovací součásti* [online]. 2012 [cit. 2015-03-31]. Dostupné z: [http://web.spssbrno.cz/web/DUMy/SPS,%20MEC,%20CAD/VY\\_32\\_INOVACE\\_13-18.pdf](http://web.spssbrno.cz/web/DUMy/SPS,%20MEC,%20CAD/VY_32_INOVACE_13-18.pdf)
57. *Technologie lisování TE* [online]. Germany, 2004 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.konektor.cz/konektory-switche-naradi-/lisovaci-a-odizolovaci-kleste-vytahovaci-nastroje?subaction=download&did=109>
58. UNČOVSKÝ, Petr. *Šroubové spoje* [online]. 2011 [cit. 2015-03-31]. Dostupné z: <http://coptel.coptkm.cz/?action=2&doc=26888&docGroup=-1&cmd=0&instance=2>
59. VANČURA, Tomáš. *Svařování a svarové spoje* [online]. 2004 [cit. 2015-03-31]. Dostupné z: <http://vanto.sweb.cz/ste/modul%20242%20SE%20914B%20-%20Sva%C5%99ov%C3%A1n%C3%AD%20a%20svarov%C3%A9%20spoje.doc>
60. *Verfahrensablauf beim TOX®-Clinchen* [online]. 2014 [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.tox-de.com/typo3temp/pics/92a6595325.png>
61. *Vielseitig erweiterbar* [online]. 2009 [cit. 2015-05-26]. Dostupné z: [http://www.ras-online.de/uploads/tx\\_rascarousel/sicken11-15\\_beispiele.jpg](http://www.ras-online.de/uploads/tx_rascarousel/sicken11-15_beispiele.jpg)
62. *Vinutá cívka* [online]. 2015 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.richter-pforzheim.de/assets/images/spulen-wickeln.jpg>
63. *Výfuk* [online]. 2014 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: [http://www.udopea.de/images/product\\_images/original\\_images/19445\\_0\\_schalldaempfer\\_50cm\\_125mm.png](http://www.udopea.de/images/product_images/original_images/19445_0_schalldaempfer_50cm_125mm.png)
64. *Výrobní linka na ocelové barely* [online]. 2009 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: [http://www.bridgat.com/cs/index.php?page=images&id=24546&f=http%3A%2F%2Fb2bimg.bridgat.com%2Ffiles%2FSupply\\_production\\_line\\_for\\_steel\\_barrel.jpg](http://www.bridgat.com/cs/index.php?page=images&id=24546&f=http%3A%2F%2Fb2bimg.bridgat.com%2Ffiles%2FSupply_production_line_for_steel_barrel.jpg)