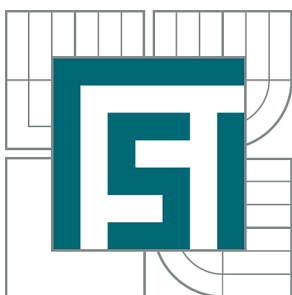




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNOLOGIE ZHOTOVOVÁNÍ DRÁŽEK DO PLÁŠTĚ KOTVY

TECHNOLOGY GROOVE MANUFACTURE ON A SHELL CLAMPING ELEMENT

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. ZUZANA BRDEČKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. ZDENĚK LIDMILA, CSc.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Zuzana Brdečková

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303T002)**

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 diplomové práce:

Technologie zhotovování drážek do pláště kotvy

v anglickém jazyce:

Technology groove manufacture on a shell clamping element

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Plášť kotvy používané pro pevné uchycení klimatizačních prvků do betonových konstrukcí, je tvořen trubicí, do které jsou v podélné ose vytvořeny dva protilehlé zářezy. K zhotovení zářezů se ve stávajícím výrobním postupu používá strojní pila, což je nevyhovující jak vzhledem k časové náročnosti, tak vzhledem k nutnosti dokončujících operací. Cílem práce je navrhnout efektivnější výrobní postup uvedené součásti.

Cíle diplomové práce:

Práce bude obsahovat popis stávajícího výrobního postupu, návrh a rozbor možných způsobů výroby se zhodnocením jejich vhodnosti a nevhodnosti. Na základě analýzy možných výrobních postupů bude vybrána optimální technologie výroby, pro kterou bude zpracována literární studie. Dále bude sestaven technologický postup výroby doložený nezbytnými technologickými výpočty. Součástí řešení pak bude i výkresová dokumentace nástrojů, technicko-ekonomické zhodnocení navrženého řešení a závěry.

Seznam odborné literatury:

1. ASM-Metals Handbook: Forming and Forging. Vol.14. USA ASM International, 2004. S.978. ISBN 0-87170-020-4
2. MARCINIAK, Zdislaw, J.L. DUNCAN and S.J. HU. Mechanics of Sheet Metal Forming. 2.ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. 211 s. ISBN 07-506-5300-00.
3. FOREJT, Milan, Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, 2006. 225s. ISBN 80-214-2374-9
4. NOVOTNÝ, J. a Z. LANGER. Stríhání a další způsoby dělení kovových materiálů. 1. vyd. Praha: SNTL, Redakce báňské a strojírenské literatury, 1980. 216 s. L 13–B3-IV- 41/226744. 5. HOSFORD, William F. and Robert M. CADDEL. Metal Forming: Mechanics and Metalurgy. 3th ed. New York: Cambridge University Press, 2007. 365 s. ISBN 978-0-521-88121-0.6.
6. FREMUNT, P., J. KREJČÍK a T. PODRÁBSKÝ. Nástrojové oceli (odborná kniha). 1. vyd. Brno: Dům techniky. 1994. 230 s.
7. KOTOUČ, Jiří, et al. Tvárecí nástroje. 1. vyd. Praha: Vydavatelství CVUT, 1993. 349 s. ISBN 80-01-01003-1.

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Zdeněk Lidmila, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 11.11.2013

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Zuzana Brdečková: Technologie zhotovování drážek do pláště kotvy

Cílem diplomové práce je návrh výrobního postupu a nástroje pro výrobu dvou drážek do plášťů kotev do betonu. Pláště kotev jsou vyráběny z podélně svařovaných trubek z korozivzdorné oceli 17 240. Velikost produkce všech druhů plášťů kotev je 18 000 ks za rok. Počet a rozměry drážek v pláštích kotev byly určeny na základě praktického ověření. Do současné doby jsou drážky vyráběny málo produktivním a na dokončovací operace náročným prořezáváním na pásové pile. Drážky do plášťů kotev budou nově vyráběny technologií stříhání, ke které byla provedena literární studie. Na základě výpočtů byl pro výrobu zvolen hydraulický lis CUPS 25 D. Drážky budou vyráběny na nově navrženém střížném nástroji. V práci je provedeno technicko-ekonomické hodnocení, které porovnává současnou technologii výroby s nově navrženou technologií. Součástí diplomové práce je výkresová dokumentace plášťů kotev do betonu všech rozměrů a výkresová dokumentace střížného nástroje.

Klíčová slova: stříhání, stříhací nástroj, střížník, střížnice.

ABSTRACT

Zuzana Brdečková: Technology groove manufacture on a shell clamping element

The aim of the thesis is the design of the production process and tools for production of two grooves in coats of concrete clamp. Shell anchors are made of longitudinally welded stainless steel tubes 17 240. The size of the production of all types of shell of concrete clamps is 18 000 PCs per year. The number and the dimensions of grooves in the coats of anchors were determined on the basis of a practical verification. To the present day the grooves are made by cutting on a band saw, which is little productive and on finishing operations demanding way. The grooves in the coats of anchors will be newly manufactured by technology of shearing, which was a literary study. On the basis of the calculations was selected for the production a hydraulic press of CUPS 25 D. The grooves will be produced on the newly designed shearing tool. Work is carried out by technical-economic evaluation, which compares the current technology of production with the newly proposed technology. Part of the thesis is drawing documentation of coats of concrete clamps of all dimensions and drawing documentation of shearing tool.

Key words: shearing, the shearing tool, blanking punch, blanking die.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BRDEČKOVÁ, Zuzana. *Technologie zhotovování drážek do pláště kotvy*. Brno, 2014. 57 s., 15 výkresů, 4 přílohy, CD. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie. Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce doc. Ing. Zdeněk Lidmila, CSc.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů na základě konzultací s techniky společnosti Aseko s.r.o. a pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Chromči dne 30.05.2014

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu doc. Ing. Zdeňkovi Lidmilovi, CSc. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování diplomové práce.

Dále děkuji rodině za podporu a společnosti ASEKO s.r.o. za poskytnutí informací, ochotu a pomoc při zpracování diplomové práce.

OBSAH

ZADÁNÍ

ABSTRAKT

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

PODĚKOVÁNÍ

OBSAH

ÚVOD

1	ROZBOR SOUČÁSTI	11
1.1	Popis součásti	11
1.2	Varianty výroby drážek do pláště kotev	14
1.3	Návrh technologického postupu výroby drážek	16
2	PROCES STŘÍHÁNÍ	17
2.1	Průběh napjatosti při volném stříhání	18
2.2	Střížná vůle	19
2.3	Střížná síla a práce	20
2.4	Hlavní technologické zásady	21
2.5	Těžiště střížných sil	23
2.6	Dělení materiálu na nůžkách	24
2.7	Střížné nástroje	26
2.8	Hlavní části střížných nástrojů	28
3	TVÁŘECÍ STROJE	30
3.1	Tvářecí silové stroje	31
3.4	Tvářecí zdvihové stroje	32
4	NÁVRH VÝROBY DRÁŽEK DO PLÁŠTĚ KOTEV	33
4.1	Technologický postup výroby	34
4.2	Vlastnosti materiálu pláště kotvy	35
4.3	Vlastnosti oceli na střížný nástroj	36
4.4	Technologické výpočty	37
4.5	Volba stroje	45
4.6	Popis nově navrženého střížného nástroje	46
4.7	3D sestava nově navrženého střížného nástroje	51
5	TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	54
5.1	Ekonomický rozbor současné a nově navržené výroby	54
6	ZÁVĚRY	57

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

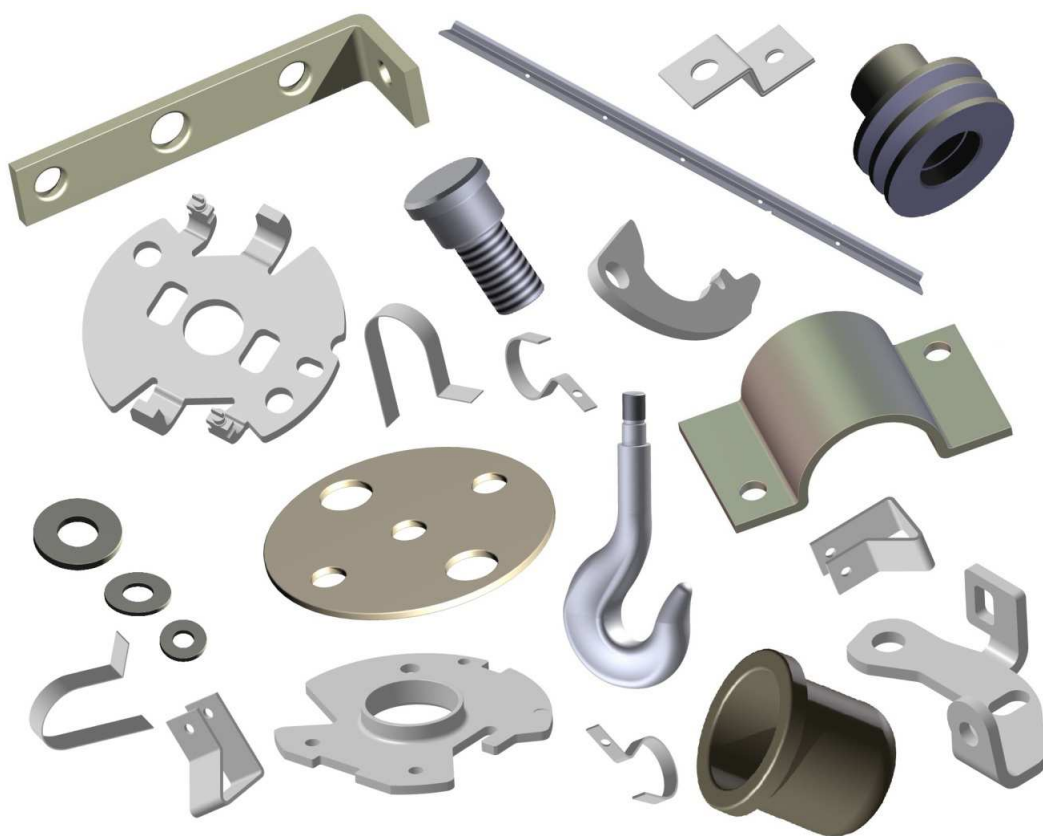
SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE

SEZNAM PŘÍLOH

ÚVOD

Strojírenství je postaveno na základních poznatcích z fyziky, mechaniky a nauce o materiálech. Znalost vědeckých a technických oborů vede ke správnému řešení komplexních problémů a umožňuje rozvíjet nové a moderní technologie, které dovolují vyrábět do posud nevyrobitelné nebo obtížně výrobitelné součásti. Strojírenství zahrnuje velké množství podoborů, které se zabývají odlišnou výrobou různých produktů. Mezi nejrozšířenější technologie výroby součástí patří obrábění, svařování, slévárenství a tváření. Cílem výrobních podniků je zjednodušení výroby, která vede ke zkrácení výrobních časů, ale také ke snížení výrobních nákladů. Těchto cílů je možné dosáhnout technologií tváření.

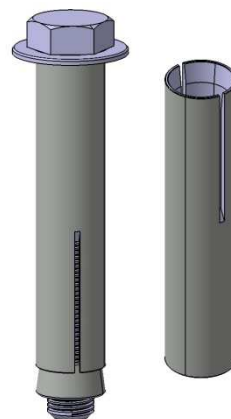
Tváření je výrobní proces, kterým lze získat požadovaný tvar polotovaru (výrobku) působením vnějších sil, aniž by došlo k úběru materiálu. Technologie tváření se dělí na plošné (stříhání, ohýbání, tažení, zakružování) a objemové (válcování, kování, protlačování), tvářet lze za studena i za tepla. Vedle těchto technologií je nutné zmínit i speciální technologie tváření, do kterých se řadí tváření trhavinami, radiální vypínání kapalinou nebo elastomery atd.. Ke správnému uplatnění technologie tváření je nezbytná znalost teorie tváření, konstrukce a výroba tvářecích nástrojů. Příklady součástí vyrobené plošným a objemovým tvářením viz obr. 1.



Obr. 1 Výrobky plošného a objemového tváření

1 ROZBOR SOUČÁSTI

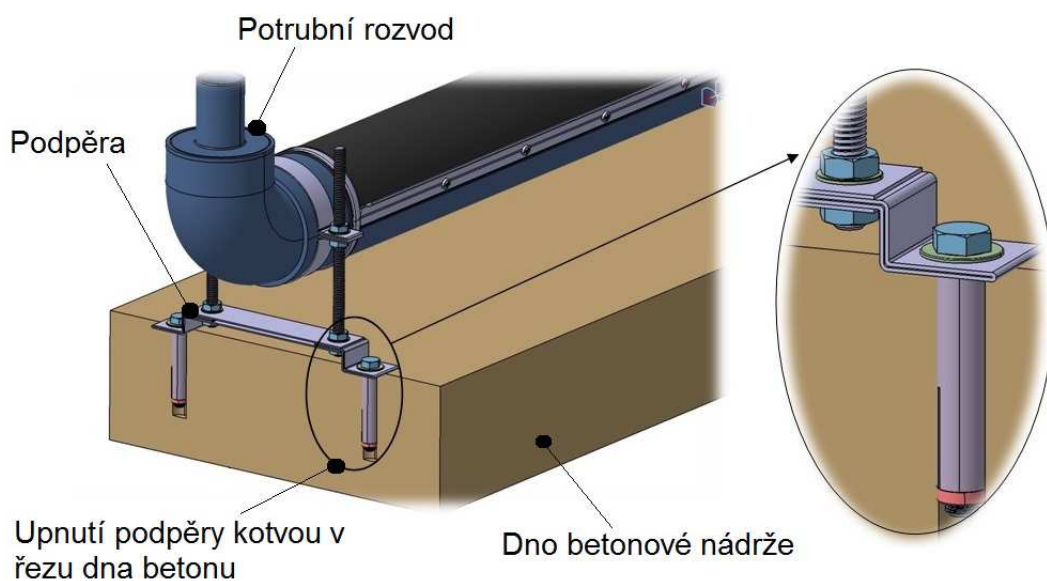
Pláště kotev viz obr. 1.1, jsou součástí kompletů kotev do betonu zhotovené z korozivzdorné oceli 17 240, které se používají ke kotvení provzdušňovacích systémů ke dnům betonových nádrží, zejména na čistírnách odpadních vod. Provzdušňovací systémy jsou tvořeny potrubními rozvody, na kterých jsou instalovány provzdušňovací prvky. Za provozu provzdušňovacího systému je do potrubního rozvodu přiváděn stlačený vzduch zpravidla z Rootsových dmychadel, který je potrubními rozvody rozveden po celé ploše dna nádrže do provzdušňovacích prvků. Přes provzdušňovací prvky pak stlačený vzduch ve formě jemných bublinek prostupuje do kalové směsi v nádrži. Rozhraním vzduch - voda na povrchu vzduchových bublinek dochází k přestupu kyslíku ze vzduchu do kalové směsi. Přítomnost rozpuštěného kyslíku v kalové směsi je nezbytná pro život bakterií, které jsou základem procesu biologického čištění odpadní vody.



Obr. 1.1 Kotva a plášť kotvy

1.1 Popis součástí

Potrubní rozvody v nádržích čistíren odpadních vod jsou obklopeny vodou - kalovou směsí a uvnitř těchto rozvodů se nachází vzduch. Jako na každé těleso ponořené do kapaliny působí na tyto potrubní rozvody vztlačová síla. Za provozu provzdušňovacího systému dále dochází k pohybu kalové směsi v různých směrech a tento pohyb působí dynamickými silami na potrubní rozvody. Z těchto důvodů musí být potrubní rozvody uloženy na podpěrách, které jsou pevně kotveny k betonovému dnu nádrže. Pro kotvení podpěr se používají kotvy do betonu, které sestávají z pláště s drážkami, rozpěrného kužele, normalizované šrouby a podložky. Pro instalaci kotvy se do betonového dna vyvrtá vrtákem do betonu díra o průměru odpovídajícím vnějšímu průměru pláště kotvy o délce cca o 25 mm až 30 mm větší než je délka pláště kotvy. Princip upevnění potrubního rozvodu na dno betonové nádrže viz obr. 1.2.



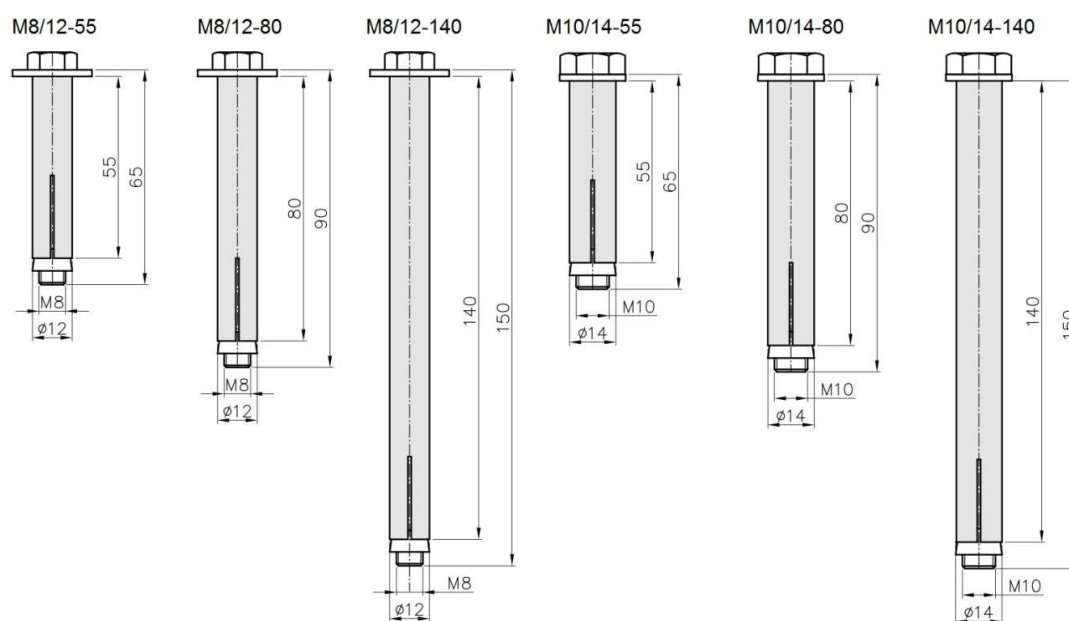
Obr. 1.2 Pevně kotvený potrubní rozvod ke dnu betonové nádrže

Do vyvrtané díry v betonovém dně nádrže se kotva přes příslušný otvor v podpěře viz obr. 1.3 potrubního rozvodu, narazí pomocí kladiva a narážecího přípravku. Po naražení se šroub kotvy dotáhne buď ručním náradím nebo pomocí rázového utahováku. Dotažením šroubu dojde k natažení rozpěrného kužele do vnitřního kužele pláště kotvy. Díky drážkám v plášti kotvy dojde ke zvětšení vnějšího průměru pláště kotvy, k jeho rozepření o vnitřní stěnu díry v betonu dna nádrže a k částečnému vtlačení konce pláště kotvy do betonu dna. Takto je realizováno pevné držení podpěr potrubních rozvodů, které dlouhodobě odolává statickým i dynamickým silám, které na rozvody působí.



Obr. 1.3 Podpěra

Pláště kotev jsou vyráběny z podélně svařovaných trubek z korozivzdorné oceli 17 240 s tloušťkou stěny 1 mm. Pro výrobu plášťů jsou používány trubky dvou vnějších průměrů tj. 12 mm a 14 mm. Od každého průměru jsou vyráběny tři délky plášťů tj. 55 mm, 80 mm a 140 mm. Pláště průměru 12 mm jsou určeny pro šrouby kotev M8 a pláště průměru 14 mm jsou určeny pro šrouby kotev M10.



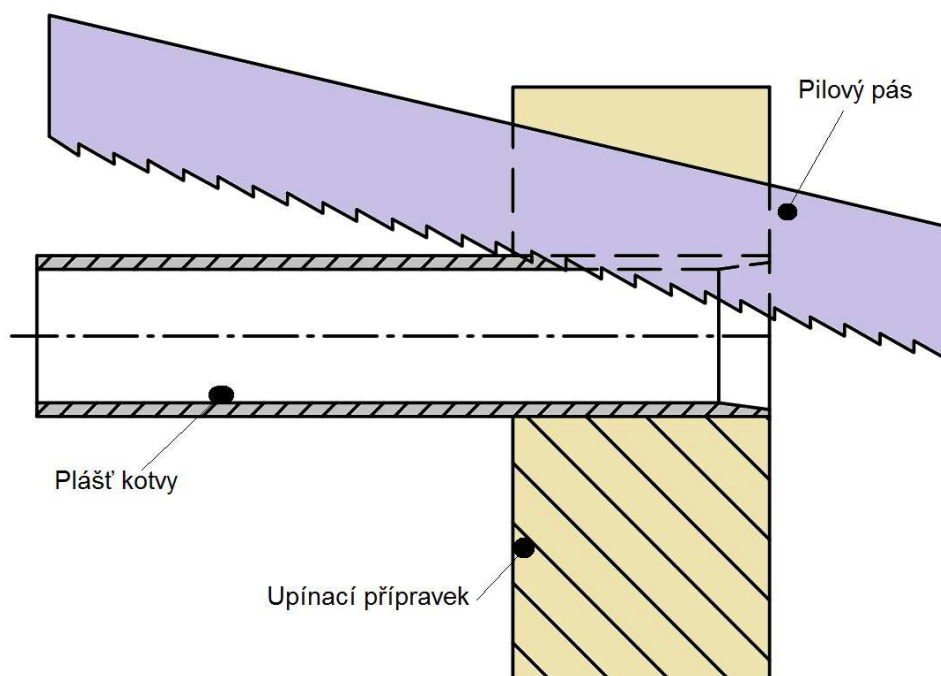
Obr. 1.4 Druhy kotev

Použití jednotlivých velikostí kotev viz obr. 1.4 je dáno provedením potrubního rozvodu zejména pak velikostí síly připadající na podpěru od celkové vztlakové síly potrubního rozvodu. Použití jednotlivých délek kotev je odvislé především od kvality betonu dna příslušné nádrže. Přednostně jsou používány kotvy o délce 55 mm při dobré kvalitě betonu. Je-li kvalita betonu nižší, používají se kotvy delší tj. 80 mm nebo 140 mm tak, aby bylo dosaženo kvalitního ukořtení. Rozměry drážek v pláštech kotev jsou u obou průměrů a všech délek plášťů stejné. Šířka drážky je 1,2 mm a délka 25 mm. Předmětem práce je návrh nového výrobního postupu a nástroje pro výrobu dvou drážek po 180° do plášťů kotev.

V současné době jsou pláště kotvy vyráběny z podélně svařovaných trubek. Trubky jsou na soustruhu upíchnuty na délku podle požadované délky pláště. Na jednom čele pláště je provedeno sražení hran $0,2 \times 45^\circ$ a na protilehlém konci je vysoustružen vnitřní kužel s vrcholovým úhlem 15° a zaoblení hrany $0,1$ mm na tomto čele pláště. Tyto polotovary jsou v odmašťovacím zařízení odmaštěny a zbaveny kovových třísek.

Výroba drážek se provádí prořezáváním na malé pásové pile viz obr. 1.5 na konci pláště kotvy s vnitřním kuželem. Při tomto způsobu výroby je polotovar upnut v přípravku s příslušným prostorem pro upnutí pláště podle jeho průměru. Pilovým pásem pásové pily se prořízne nejprve první drážka. Následně se polotovar uvolní z upnutí v přípravku a otočí se o 180° . Nastavení otočení se provádí pomocí dalšího přípravku, kterým se ustaví první prořezaná drážka vůči upínacímu přípravku tak, aby byla natočena o 180° proti budoucí druhé drážce. V této poloze se plášť opět upne v upínacím přípravku a provede se prořezání druhé drážky. Při vlastním řezání je pilový pás vždy mazán a chlazen řeznou emulzí.

Po prořezání obou drážek je plášť kotvy z upínacího přípravku uvolněn a postaven do svislé polohy na plochou nádobu, kde dojde ke ztečení zbylé řezné emulze. Po prořezání zůstanou na všech hranách drážek jak na vnitřním, tak i na vnějším průměru pláště kotvy ostré otřepy. Na koncích drážek a na vnitřním průměru pláště pak zůstanou držit tenké ostré kovové třísky délky až 15 mm. Otřepy a kovové třísky je třeba ze všech hran drážek odstranit. Odstranění se provádí ručně a to nástrojem, který pro sražení hran využívá malou tvrdokovovou soustružnickou břitovou destičku kosočtvercového tvaru. Při této operaci je plášť upnut do dalšího přípravku. Operace odstranění otřepů a kovových třísek je ze všech operací prováděných na plášti kotvy časově nejnáročnější. Poslední operací na plášti kotvy je jeho opětovné odmaštění v odmašťovacím zařízení.

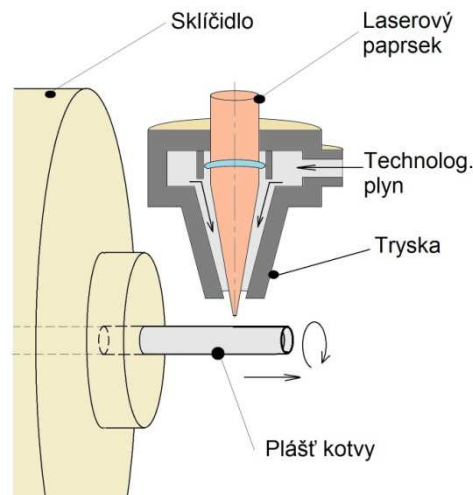


Obr. 1.5 Řezání drážek na malé pásové pile

1.2 Varianty výroby drážek do plášťů kotev [6],[11],[12],[13],[15],[19],[24],[25],[26]

• Varianta A – Řezání Laserem

Princip metody dělení laserem viz obr. 1.6 spočívá v zaostření rovnoběžného paprsku do ohniska na materiál, kde dojde k vysoké rychlosti ohřevu (10^6 Ksec^{-1}), natavení a následném odpaření. Hustota výkonu se pohybuje kolem 10^8 W.cm^{-2} . Při dělení laserem vzniká spára, která je vyplněna roztaveným kovem a ten je nutný ze spáry odstranit řezným plynem. Existují tři způsoby vytváření řezné spáry: spalování materiálu s následným odtavením, vyfukování taveniny z místa řezu a odpaření materiálu. K odstranění taveniny a oxidů se používají tzv. asistenční plyny, kterými jsou kyslík, dusík, případně argon. Řezný plyn kyslík je vhodné použít pro řezání nelegovaných a nízkolegovaných ocelí. U vysokolegovaných ocelí se použití kyslíku nedoporučuje z hlediska vzniku těžko odstranitelné strusky v oblasti řezných hran, proto se používá řezný plyn dusík, který je také vhodné použít pro řezání slitin hliníku.



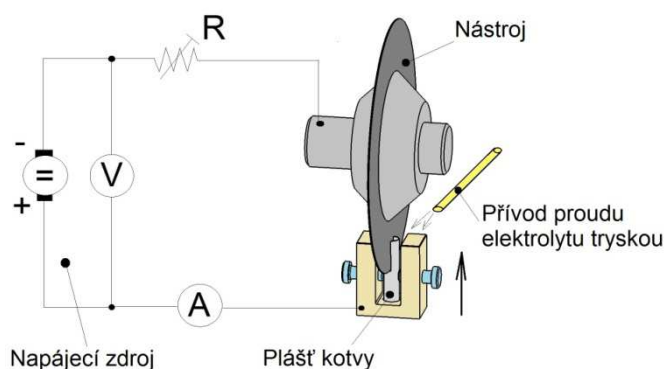
Obr. 1.6 Řezání drážek kotvy laserem

✓ Výhody: vysoké řezné rychlosti, kolmý řez, vysoká přesnost, nezůstává žádný odpadový materiál.

✗ Nevýhody: vysoké investiční náklady pro firmu.

• Varianta B – Anodomechanické obrábění

Tato metoda je kombinací metody elektrochemického a elektroerozivního úběru materiálu nebo se pohybuje na rozhraní těchto variant. Anodomechanické obrábění materiálu, viz obr. 1.7 je založeno na principu úběru materiálu pomocí elektrického výboje, při kterém současně probíhá elektrolytické rozpouštění povrchu materiálu obráběné součásti. Nástrojem pro anodomechanické obrábění materiálu je úzký kotouč vyroben z hlubokotažného ocelového plechu. Obvodová rychlost nástroje dosahuje hodnot $9-12 \text{ m.s}^{-1}$. Mezi obrobek a otáčející se nástroj je přiváděn z trysky proud elektrolytu, tím bývá nejčastěji vodní sklo. Úběr materiálu se uskutečňuje při vysokých teplotách. Vzniklý roztavený kov je z místa obrábění eliminován nástrojem.



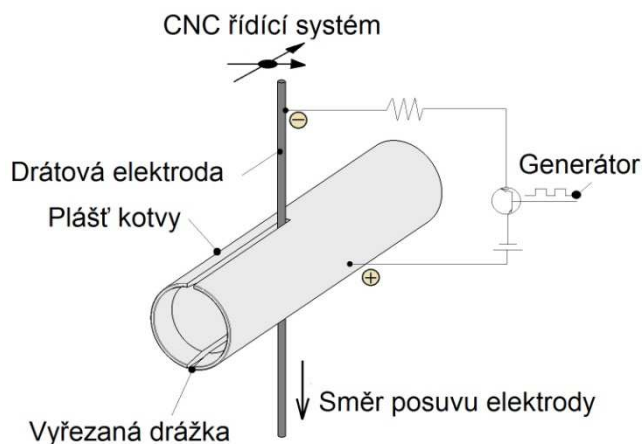
Obr. 1.7 Anodomechanické obrábění kotvy

✓ Výhody: řezání velmi tvrdých materiálu, vysoce kvalitní povrch a přesnost, nezůstává žádný odpadový materiál

✗ Nevýhody: vysoké investiční náklady pro firmu.

- Varianta C – Elektrojiskrové řezání drátovou elektrodou

Elektrojiskrové obrábění je metoda, při které je úběr materiálu realizován elektrickými výboji (jiskrami) mezi elektrodou v kapalném dielektriku a obráběném materiálu. Tento druh obrábění lze rozdělit na hloubení a řezání. Elektrojiskrové řezání je technologie, při které je elektrodou tenký (měděný, mosazný, molybdenový) nebo povlakovaný drát průměru 0,2-0,3 mm. Drát je napjatý mezi dvěma rameny stroje tzv. drátovačky a pomalu se odvíjí a prochází otvorem ve stole s křížovým posuvem. Požadovaný tvar je naprogramován v PC a předán CNC stroji, který požadovaný tvar vyřeže. Pohyb stolu u rezného stroje je také řízen CNC systémem. Tato metoda nachází uplatnění při výrobě střížných a lisovacích nástrojů, řezání tvrdých a pevných materiálů (slinuté karbidy, kalená ocel, keramické materiály). Lze také řezat kuželovité složité tvary pomocí přídatných CNC řízených naklápěcích drátových elektrod. Schéma elektrojiskrového řezání viz obr. 1.8.



Obr. 1.8 Elektrojiskrové řezání pláště kotvy

- ✓ Výhody: vysoká přesnost a kvalita povrchu, řezání velmi tvrdých materiálů, řezání složitých tvarů, nezůstává žádný odpadový materiál.
- ✗ Nevýhody: pomalý odběr materiálu, energetická náročnost, investiční náklady pro firmu.

- Varianta D – Stříhání

Stříhání je technologie plošného tváření kovů, která je zakončena porušením materiálu, tzn. materiál je u hran střížníku a střížnice nastříhnut. Následně dojde ke vzniku prvních trhlin, které se rozšiřují. Poté je výstřížek absolutně oddělen od základního materiálu např. tabule plechu. Pohyb protilehlých břitů nožů způsobí oddělení materiálu. Stříhání je prováděno třemi fázemi: pružnou a trvalou deformací a stříháním. Stříhání se provádí nůžkami, střížnými nástroji tzv. stříhadly nebo speciálními střížnými nástroji.

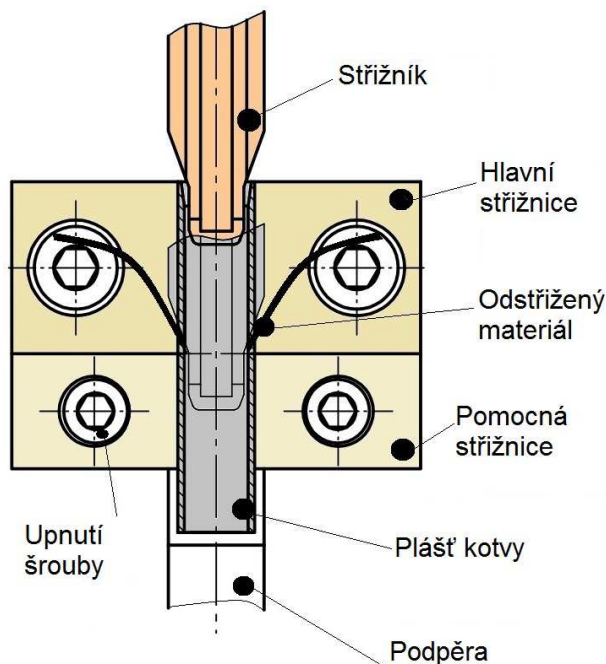
- ✓ Výhody: konstrukčně nenáročná výroba nástroje oproti předchozím metodám, nízké investiční náklady na výrobu nástroje, poměrně rychlý proces.
- ✗ Nevýhody: kvalita povrchu není tak vysoká, jako u předchozích metod, po prostřížení drážky zůstává odstřížený materiál na plášti kotvy.

Nejvýhodnější variantou pro výrobu drážek do pláště kotvy se v podmínkách výrobního podniku jeví varianta D. Jedinou investicí bude pořízení jednoúčelového střížného nástroje, který bude instalován na hydraulickém lise CUPS 25 D, kterým je výrobce vybaven. Jelikož výroba drážek na plášti kotvy se pohybuje ročně kolem 18 000 ks byly by první tři varianty investičně náročné a neekonomické.

1.3 Návrh technologického postupu výroby drážek

Výchozím polotovarem jsou podélně svařované trubky z korozi-vzdorné oceli 17 240 rozměrů (vnější průměr x tloušťka stěny) 12 mm x 1 mm a 14 mm x 1 mm. Na těchto trubkách se nejdříve provedou soustružnické operace, odmaštění a očištění od kovových třísek. Po soustružnických operacích jsou již dány konečné délky plášťů kotev. Dvě drážky šířky 1,2 mm na každém plášti kotvy budou prostříženy na speciálním střížném nástroji směrem od vnitřního k vnějšímu povrchu pláště kotvy. Na nástroji bude současně probíhat prostřížení vždy obou drážek na třech kusech plášťů kotev. Každé ze třech stejných pracovních míst tohoto nástroje bude sestávat ze střížníku s jádrem válcovitého tvaru, na kterém budou provedeny dva stříhací břity pro prostřížení drážek. Proti stříhacím břitům střížníku budou u vnějšího povrchu pláště kotvy osazeny dva díly hlavní střížnice pro prostřížení podélných stěn drážek. Jejich střížné hrany budou provedeny s patřičnou vůlí proti střížným hranám břitů na střížnících.

V dolní úvrati zdvihu střížníku budou proti stříhacím břitům střížníku osazeny další dvě střížnice pomocné. Ty budou osazeny tak, aby mezi jejich pracovními hranami a stříhacími břitů střížníku v dolní úvrati jeho zdvihu zůstávala mezera 0,5 mm. Po prostřížení celé délky drážky tak dojde mezi břitů střížníku a pracovními hranami pomocných střížnic k vytvoření vrubů na spodních koncích odstřiženého materiálu. Tyto vruby umožní po vyjmutí pláště kotvy z nástroje snadné ruční odlomení obou částí odstřiženého materiálu od pláště kotvy. Střížníky, hlavní a pomocné střížnice budou provedeny jako výměnné tak, aby v jednom nástroji bylo možné realizovat prostřihování drážek na obou průměrech plášťů kotev. Pro ustavení plášťů kotev různých délek od každého průměru budou v nástroji provedeny výměnné podpěry. Na ně se pláště kotev v nástroji umístí tak, že ta část pláště kotvy určená pro stříh drážky se u všech délek plášťů nachází v nástroji vždy ve stejné poloze. Princip stříhání drážek do pláště kotvy viz obr. 1.9. V případě existence otřepu jsou hrany drážek na vnějším průměru pláště kotvy odjehleny na rotačním copánkovém kartáči ze stejného materiálu, jako je materiál pláště kotvy.

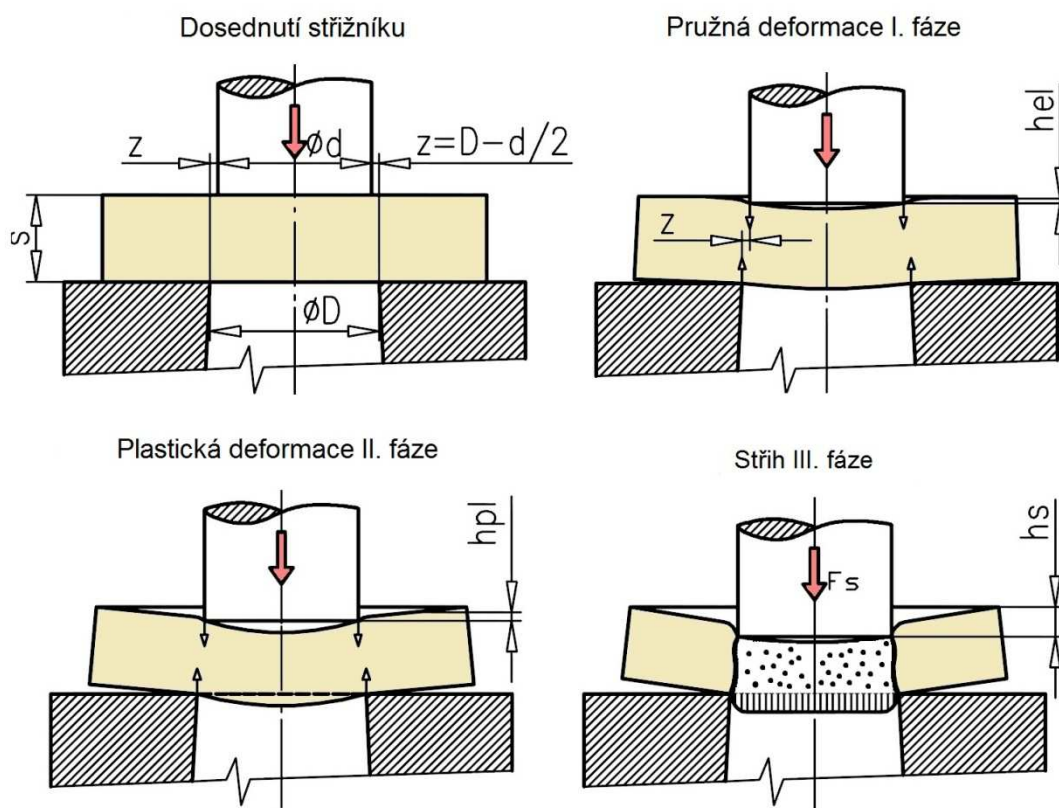


Obr. 1.9 Stříhání drážek do pláště kotvy

2 PROCES STŘÍHÁNÍ [3],[7],[9],[20]

Technologie stříhání lze rozdělit na objemové stříhání (tyče, trubky a jiné) a plošné stříhání (především plechy). Stříhat lze za tepla a za studena. Při procesu stříhání působí na materiál upravené břity nástroje (střižníku) až do vlastního ustřížení v určité ploše. Při stříhání je nutné dodržet určité podmínky, jako jsou ostří nožů, střižná vůle mezi střižníkem a střižnicí, tolerance střižných nástrojů atd.. Při zachování těchto podmínek je zaručena kvalita stříhu bez ostřin. Naopak při nedodržení těchto podmínek může dojít k rychlému opotřebení břitů nástroje až ke zničení celého nástroje. Kvalita střižné plochy je s přibývajícím nedostatkem nekvalitní.

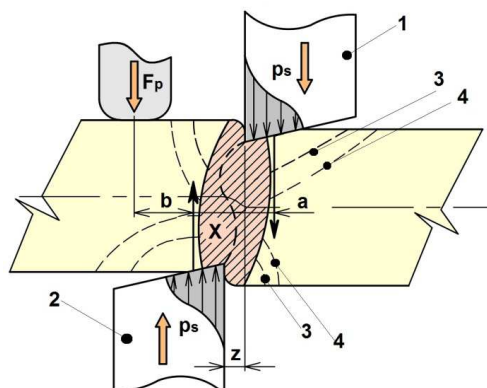
Průběh stříhání lze popsat na geometrickém modelu prostřihování viz obr. 2. Proces stříhání je charakterizován třemi základními fázemi. Nejprve dosedá střižník na stříhaný materiál. V první fázi střižník vniká do povrchu stříhaného materiálu a dochází k pružné deformaci stříhaného materiálu. Dojde k nežádoucímu ohybu, který je vyvolán působením dvojicí sil mezi střižníkem a střižnicí. Mechanické vlastnosti stříhaného materiálu určí, do jaké hloubky vnikne střižník do stříhaného materiálu. Obvykle se jedná o hodnotu 5-8% tloušťky materiálu. Ve druhé fázi převyšuje napětí mez kluzu stříhaného materiálu, to způsobí trvalou plastickou deformaci. Hloubka plastického vniknutí střižníku je opět dána druhem stříhaného materiálu a jeho mechanickými vlastnostmi. Většinou jde o hodnotu 10-25% tloušťky materiálu. Ve třetí fázi dosáhne napětí v materiálu meze pevnosti ve stříhu. U hran střižníku a střižnice začnou vznikat mikrotrhliny následně makroskopické trhliny. Tvorba trhlin je způsobena tahovým normálovým napětím ve směru vláken. Trhliny se prodlužují a šíří se vysokou rychlostí, až dojde k oddělení materiálu.



Obr. 2 Průběh stříhání [9]

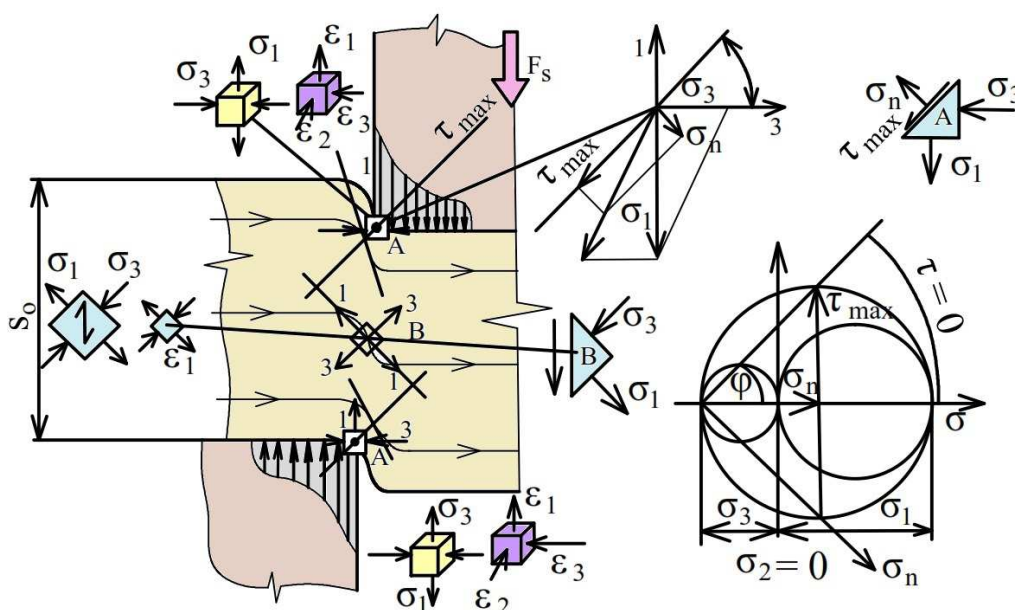
2.1 Průběh napjatosti při volném stříhání [8],[9],[20]

Při volném stříhání viz obr. 2.1 dochází k rozložení tlaku v okolí střížné roviny. Ve střížném materiálu se šíří tlak od místa styku s noži (pozice 1,2) v plochách znázorněných pozicemi 3,4. Jelikož nože přesunou části stříhaného materiálu proti sobě tzn. podél střížné plochy, vznikne tahové napětí. Okolo střížné plochy v oblasti (X) vznikne přetvoření stříhaného materiálu. V této oblasti budou vlákna postupně ohýbána a protahována. Dvojice sil na rameni (a), půdřizovací síla na rameni (b) jsou společně v momentové rovnováze. Bez použití přidržovače a současně při značných mezerách (z) může dojít k zaklínění střížného materiálu mezi noži.



Obr. 2.1 Schéma volného stříhání [8],[20]

Průběh napjatosti při volném a uzavřeném stříhání je možné popsat pomocí schématu napjatosti a přetvoření viz obr. 2.2. V těsné oblasti střížné hrany je bod A, ve kterém je největší hodnota hlavního tahového napětí σ_1 . Z praktických zkoušek vyplývá, že hlavní tlakové napětí je zhruba rovno polovině σ_1 . V bodě A vzniká prostorový stav přetvoření, to je způsobeno nulovou hodnotou středního napětí a složka deviátoru napětí σ_2 je $D_{\sigma_2} = \sigma_2 - \sigma_1$. Ze součtu vektorových složek hlavních tahových a tlakových napětí σ_1 a σ_3 v místě A, a z Mohrových kružnic napětí lze vypočítat, že kolmo na rovinu maximálního smykového napětí působí kladná normálová složka σ_n . Tato složka ovlivňuje rozevírání šířících se trhlin, které vznikají při nastříhnutí materiálu. Směrem do středu střížné plochy se poměr hlavního a tlakového napětí σ_1 a σ_3 mění a právě uprostřed bodu B platí, že $\sigma_1 = -\sigma_3$ a následně jsou dodrženy podmínky prostého smyku, kde $\sigma_n = 0$.



Obr. 2.2 Schéma napjatosti a přetvoření při běžném uzavřeném stříhání [9]

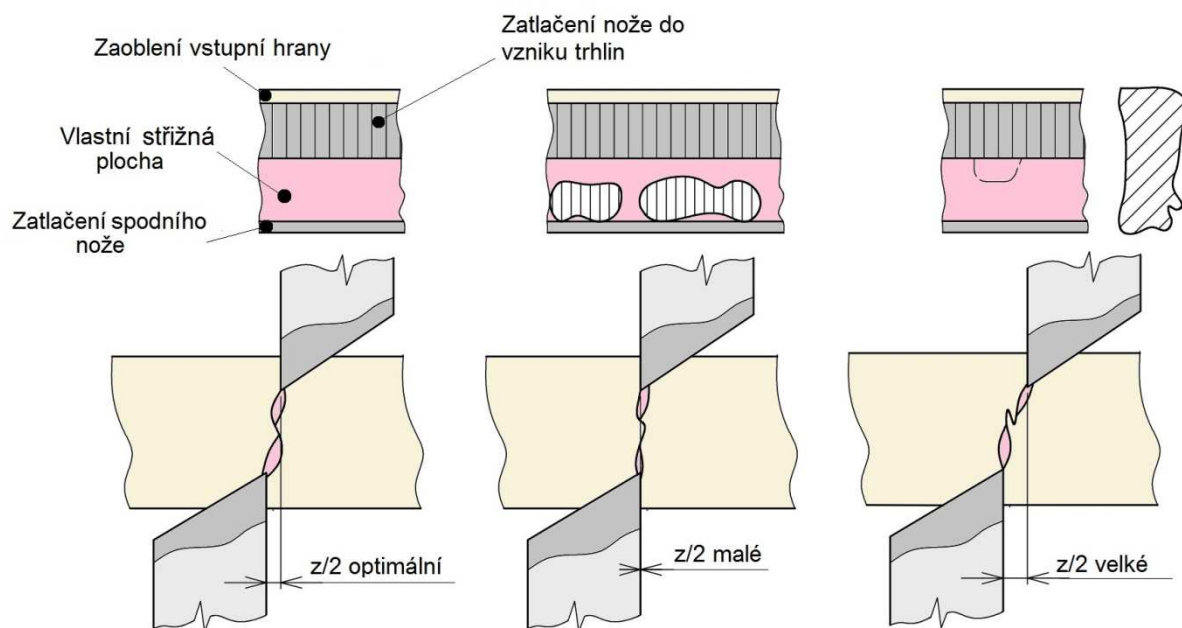
2.2 Střížná vůle [7],[20],[23]

Střížná vůle je vzdálenost mezi břity nožů viz „z“ na obr. 2.1. Při vystřihování a děrování ji lze definovat jako rozdíl rozměrů pracovních částí střížnice a střížníku. Její velikost se nejčastěji volí podle druhu stříhaného materiálu a jeho tloušťky. Nejvhodnější střížná vůle je taková, při které se dosahuje optimální jakosti střížné plochy a nejmenší střížné síly. Na střížné vůli závisí životnost nástroje a spotřeba energie. Musí být také striktně totožná a rovnoběžná na každém místě střížné křivky. Pokud by tomu tak nebylo, docházelo by k povrchovým vadám a nekvalitní střížné ploše. Zpravidla se velikost střížné vůle udává v rozmezí 3-20% tloušťky stříhaného materiálu. Velikost střížné vůle lze určit ze vzorce (2.1):

$$m = \frac{v}{2} = c \cdot s \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_s} \text{ [mm]}, \quad (2.1)$$

kde: v [mm] – střížná vůle,
 m [mm] – střížná mezera,
 s [mm] – tloušťka materiálu,
 τ_s [MPa] – střížný odpor $0,8 \cdot R_m$,
 R_m [MPa] – mez pevnosti v tahu,
 c [-] – koeficient závislý na druhu stříhaného materiálu,
 $c=0,005$ pro materiály s $\tau_s = 360$ MPa ,
 $c=0,01$ pro tvrdší materiály,
 $c=0,015-0,035$ pro dosažení hrubé střížné plochy – snížení síly a práce.

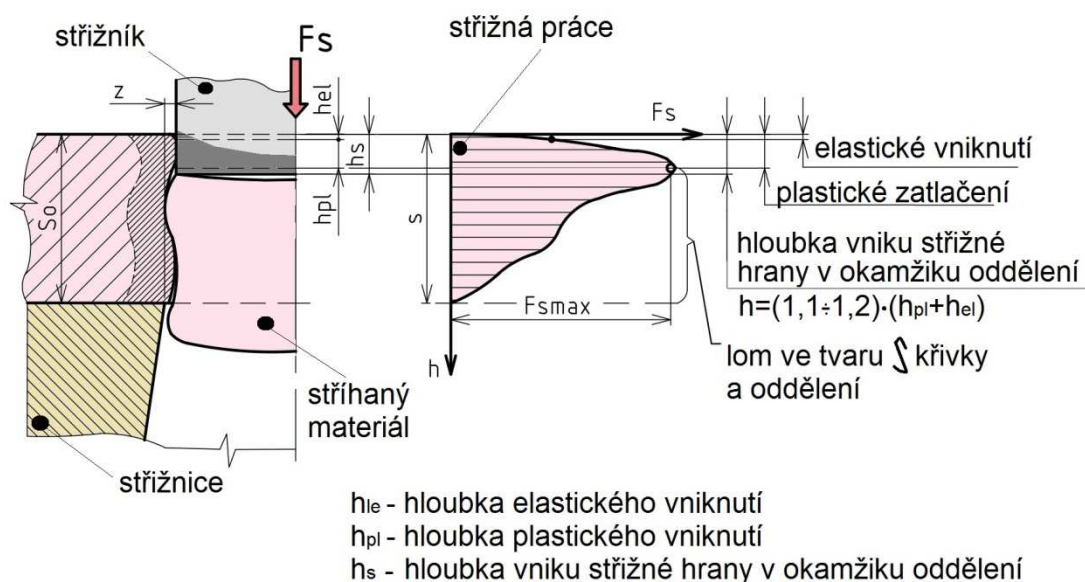
Vliv střížné vůle na kvalitě střížné plochy viz obr. 2.3. Při stříhání s optimální střížnou vůlí se trhliny po nastříhnutí materiálu rozšiřují tak, že v místě stříhu se setkají. Při stříhání malé nebo naopak velké střížné vůle má za následek rozšíření pásma otěru největší části střížné plochy.



Obr. 2.3 Vliv střížné vůle na kvalitu střížné plochy [20]

2.3 Střížná síla a práce [5],[7],[9],[20]

Pro návrh správného technologického procesu stříhání optimální volbou nástrojů, a vhodného strojního zařízení je nutná znalost střížných sil. Střížnou sílu ovlivňují faktory, mezi které patří střížná vůle, naostření střížných hran, smyková pevnost stříhaného materiálu, úhel sklonu střížných hran a hloubka vniku střížníku do materiálu. Při stříhání nedochází pouze k čistému smyku, ale ke kombinovaným namáháním, proto se síla uvažuje o 20 až 50% větší z důvodu přidaných namáhání. Při elastickém vniknutí břitu do houževnatého materiálu dochází pod břitem ke vzniku plastického přetvoření. Dochází ke zpevňování a růstu střížného odporu a střížné síly. Tento růst nastává po dosažení meze kluzu a postupuje až do meze pevnosti stříhaného materiálu. U křehkých materiálů je porušení patrné už při vniknutí střížníku do materiálu. Zpevněná oblast postihuje 20 až 30% tloušťky plechu. Mnohdy je zapotřebí snížit střížnou sílu, to je možné realizovat úpravou střížných hran především jejich zešíkmením pod určitým úhlem. Úpravou hran je možno snížit sílu o 30 až 40%. Charakteristický průběh střížného procesu a střížné síly viz obr. 2.4.



Obr. 2.4 Průběh střížného procesu a střížné síly [9]

Střížnou práci při stříhání rovnoběžnými střížnými hranami nástroje by bylo možné vypočítat jako integrál pod křivkou znázorňující průběh střížné síly v závislosti na dráze. Pro konkrétní průběh není matematické vyjádření. Dostatečné hodnoty potřebné práce dostaneme, pokud průběh síly nahradíme eliptickou závislostí. Střížnou sílu a práci je možno vyjádřit vztahy (2.2) a (2.3):

$$F_s = n \cdot S \cdot \tau_s = n \cdot l \cdot s \cdot \tau_s \text{ [N]}, \quad (2.2)$$

$$A_s = \lambda \cdot F_{s_{\max}} \cdot s \text{ [J]}, \quad (2.3)$$

kde: F_s [N] – střížná síla,
 n [-] – součinitel otupení $n=1,2 \div 1,5$
 S [mm²] – plocha stříhu,
 l [mm] – délka stříhu.

kde: A_s [J] – střížná práce,
 λ [-] – součinitel plnosti,
 $F_{s_{\max}}$ [N] – střížná síla Maximální.

2.4 Hlavní technologické zásady [7],[13],[20]

Dokonalý technologický postup, maximální hospodárnost výroby jsou optimálním výsledkem vhodné volby technologičnosti konstrukce výstřižku. Tvar vyráběného výstřižku by měl být účelný, estetický, výrobitelný s minimálním odpadem aby spolehlivě vykonával svoji funkci za nízkých výrobních nákladů. Hlavní technologické zásady musí brát značný ohled na faktory, které vstupují do procesu stříhání a hrají zde podstatný význam. Mezi tyto faktory patří například, přesnost a kvalita finálního výstřižku, mechanické vlastnosti a tloušťka stříhaného materiálu, hospodárné využití materiálu atd.

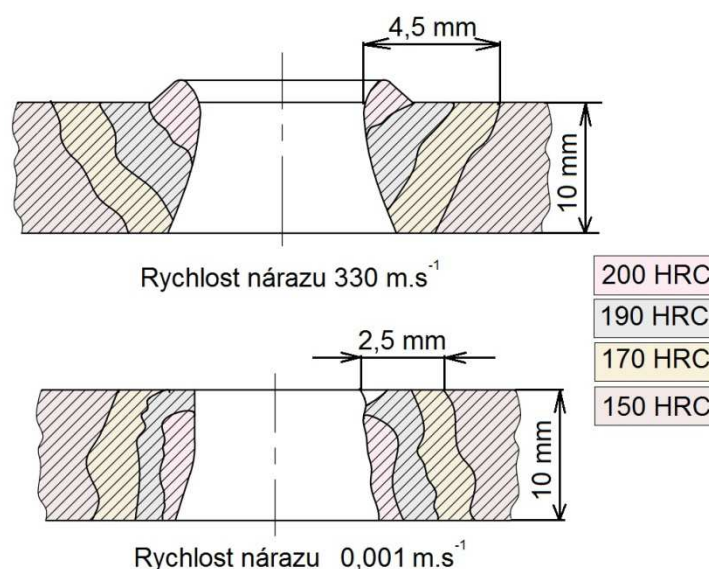
• Kvalita střížné plochy

Přesnost a jakost střížné plochy ovlivňuje velké množství faktorů, mezi které patří především konstrukce nástroje, kvalita a geometrie pracovních částí nástroje, velikost střížné vůle, druh a tloušťka stříhaného materiálu, rychlost stříhání, velikost střížné síly apod. Výrobky vyráběné technologií stříhání jsou nejčastěji vyžadovány v těchto třídách přesnosti: nižší přesnost (IT14, IT15, IT16), střední přesnost (IT11, IT12), zvýšená přesnost (IT6, IT7, IT8, IT9). Závislost přesnosti vystříhovaných součástí na přesnosti nástroje viz tab. 1.

Tab. 1 Závislost přesnosti vystříhovaných součástí na přesnosti nástroje [20]

Základní výrobní tolerance IT vystříhovaného výrobku	8-9	10	11	12	14	14	15
Základní výrobní tolerance IT střížníku a střížnice	5-6	6-7	7-8	8-9	10	11	12

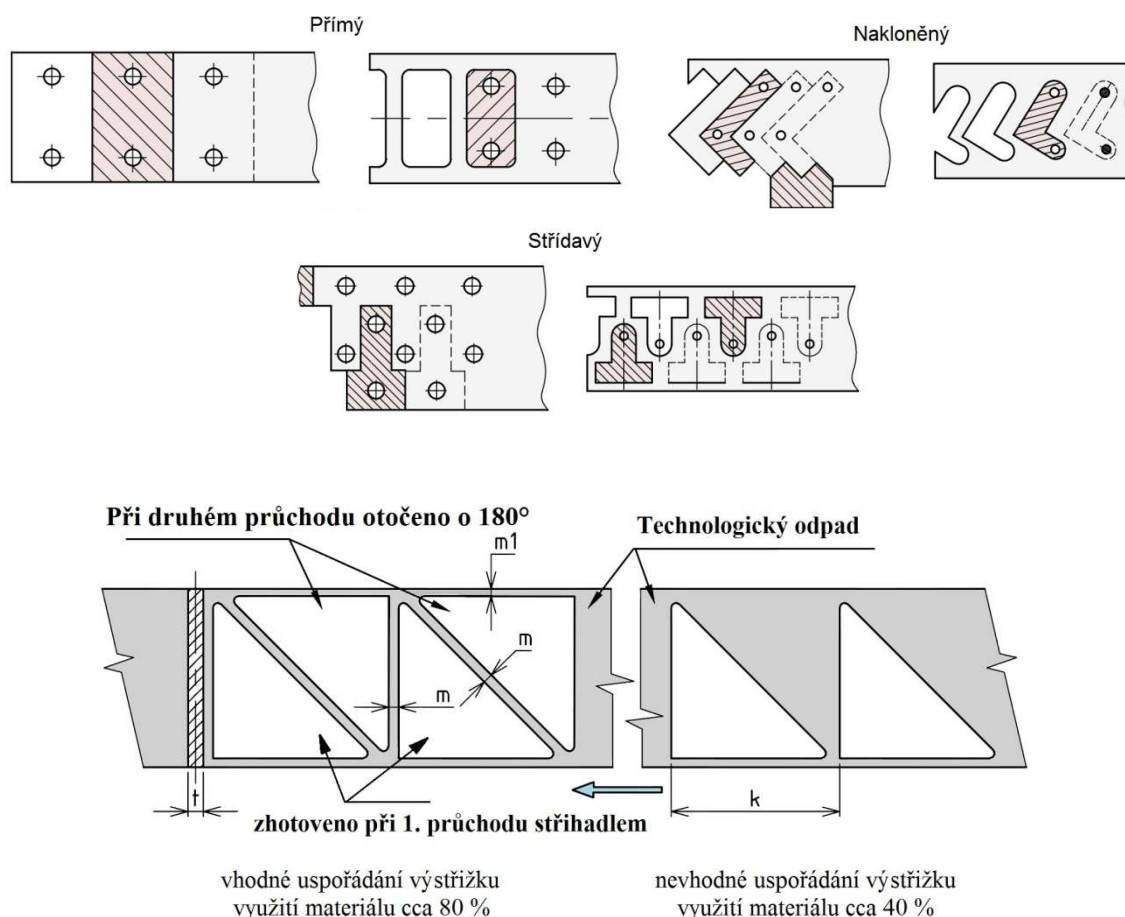
Drsnost střížných ploch se pohybuje kolem R_a 3,2 až 6,3. Při přesném stříhání lze dosáhnout hodnot až R_a 0,2 až 0,8. Vysoké rychlosti stříhání značně ovlivňují kvalitu střížné plochy, rozložení zpevnění a životnost nástroje. Rozložení zpevnění v okolí stříhu při různých rychlostech viz obr. 2.5. Kritická nárazová rychlost v_k je v rozmezí 50-150 m.s^{-1} . Jestliže budou prostřihovací rychlosti vyšší, dojde ke změně rozložení zpevnění. Kolem střížné plochy se stříhaný materiál trvale deformuje, proto zde dochází ke zpevnění a snížení tvárnosti. Zpevnění se nejčastěji odstraňuje vyžiháním nebo levnějším způsobem a to odstraněním povrchové vrstvy u střížné plochy třískovým obráběním.



Obr. 2.5 Rozložení zpevnění v okolí stříhu při různých rychlostech [20]

- Hospodárné využití materiálu

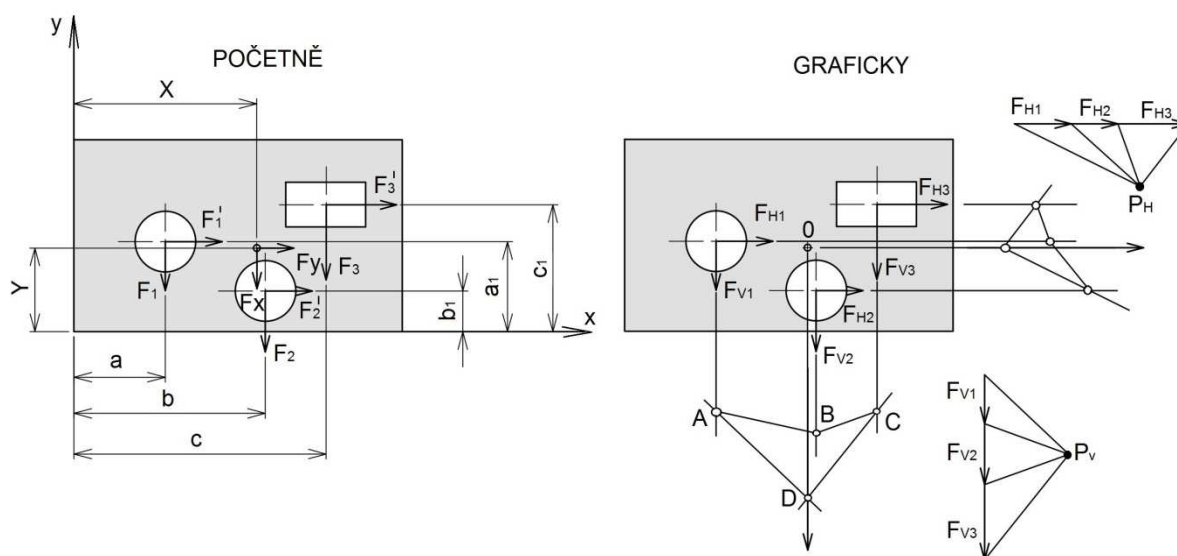
Využití materiálu by mělo dosahovat co největší hodnoty (min. 70%). Hospodárné využití materiálu závisí na tvaru výstřižku a jeho vhodné uspořádání na pásu plechu. Občas je zapotřebí změnit tvar součásti nebo zhotovit definitivní tvar až po stříhání za účelem zvýšit hospodárnost. Po vystřížení výstřižku z pásu plechu vznikne technologický odpad (závisí na tvaru výstřižku a jeho uspořádání na pásu plechu) a konstrukční odpad (závisí na vnitřním tak i vnějším tvaru součásti). Jak uspořádat výstřižky na pás nebo tabuli plechu předepisuje technolog tzv. nástřihovým plánem. Ten může být kusový nebo skupinový. Typy na uspořádání výstřižků na pásu plechu viz obr. 2.6. Typ stříhů může být realizován jako přímý (pro součásti jednoduchých geometrických tvarů), nakloněný (pro součásti složitějších tvarů např. součást tvaru L), střídavý (pro složité tvary např. součásti tvaru T, P), kombinovaný (pro dva různé typy součásti stejné tloušťky a jakosti materiálu, víceřadý (pro součásti menších rozměrů v malosériové a sériové výrobě) apod. Způsob podávání je dán typem stříhu a může být ruční nebo automatický. Aby byla zajištěna požadovaná kvalita výstřižku, je nutné zachovat určitou šířku mezi výstřižky i mezi střížníkem a okrajem výrobku. Vhodné je nepředepisovat kolmost střížné plochy ani rovinnost výstřižku. Optimální je dávat přednost kruhovým otvorům. Složité tvary otvorů navyšují cenu nástroje a vyžadují uzavřený stříh s přepážkami.



Obr. 2.6 Uspořádání výstřižku na pásu plechu [13],[20]

2.5 Těžiště střížných sil [1],[20]

Při stříhání výstřížku zároveň několika střížníky na tvářecím stroji je nutné, aby výslednice střížných sil působila v ose lisu. Kdyby tomu tak nebylo a síla by působila mimo osu, byl by beran zatěžován velkými klopnými momenty. Tento fakt by se projevil na snížené přesnosti a kvalitě výrobku, životnosti nástroje a především opotřebením beranu lisu. Těžiště střížných sil je možné jednoduše zjistit početní nebo grafickou metodou viz obr. 2.7. Jelikož tloušťka i mechanické vlastnosti materiálu jsou pro konkrétní výstřížek stejné, je velikost střížných sil přímo úměrná obvodu děrovaného otvoru. Lze tedy předpokládat, že v těžištích jednotlivých stříhaných otvorů působí střížné síly úměrně délce obvodu otvoru. Matematické vyjádření početní metody je uveden ve vzorci (2.4) pro osu X a (2.5) pro osu Y. Příklad z praxe: určení těžišť střížných sil na těsnící liště je patrné z obrázku 2.8.

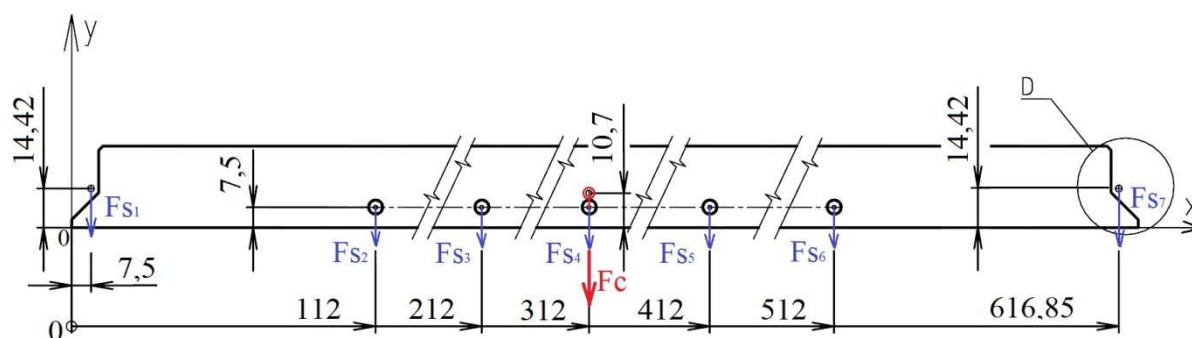


Obr. 2.7 Výpočet střížných sil početně i graficky [20]

$$X_T = \frac{l_i \cdot \sum x_{Ti}}{\sum l_i} \quad [\text{mm}] \quad (2.4)$$

$$Y_T = \frac{l_i \cdot \sum y_{Ti}}{\sum l_i} \quad [\text{mm}] \quad (2.5)$$

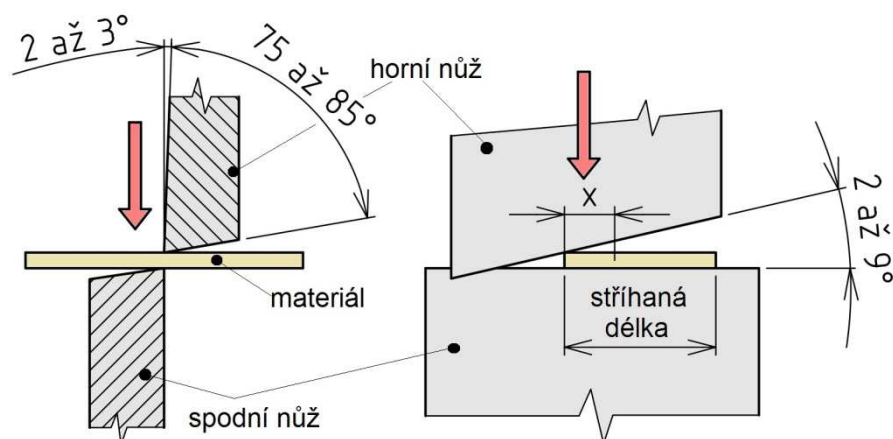
kde: X_T [mm] – vzdálenost výslednice sil od osy Y,
 Y_T [mm] – vzdálenost výslednice sil od osy X,
 l_i [mm] – délka ramene.



Obr. 2.8 Souřadnice těžiště jednotlivých sil na těsnící liště [1]

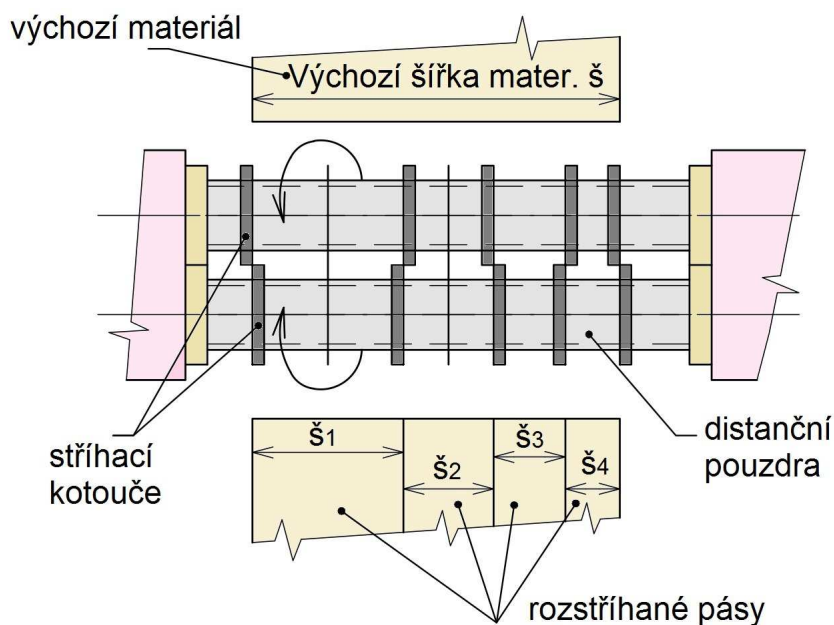
2.6 Dělení materiálu na nůžkách [4],[13],[20]

Dělení materiálu a profilů je možné provádět stříháním nebo řezáním. Stříháním se dělí zejména plechy a to ručně nebo strojně. Ručně lze stříhat pouze tenké plechy z důvodu malé střížné síly. Výstřižky se vyznačují malou přesností a používají se jen v kusové výrobě nebo při opravách. Pro stříhání požadovaného tvaru je nutné použít vhodný typ nůžek. Stříhání tabule plechu rovnými stříhy lze uskutečnit na tabulových nůžkách viz obr. 2.9. Břity obou nožů musí být správně naostřené, aby byla zaručená kolmost ustřižených hran a nevyskytovaly se zde otřepy. Horní nůž může být za účelem snížení střížné síly skloněný o různé úhly. Čím je úhel menší, tím se výstřižek méně ohýbá. Tabulové nůžky se vyznačují několika metrovou šířkou a motorovým pohonem. Jsou určeny pro stříhání tenkých a tlustých plechů (od 2 mm až 40 mm) a délky stříhu (2 m až 4 m).



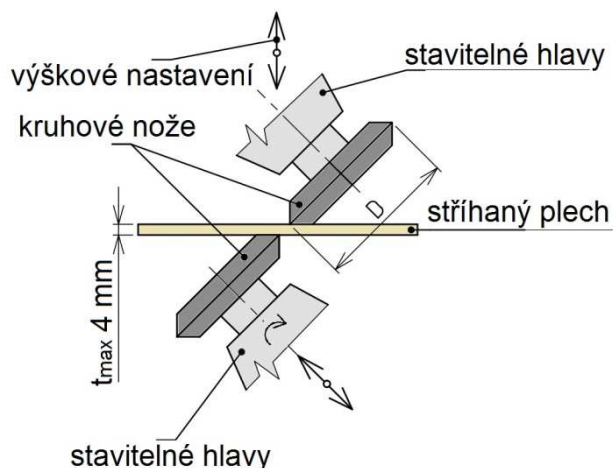
Obr. 2.9 Tabulové nůžky [13]

Pásky rozdílných šířek je možné zhotovit nůžkami na pásky. Stříhací kotouče jsou umístěny na rovnoběžných hřídelích. Umožňují stříhat tloušťky 1-3 mm a šířky pásu do 2000 mm. Schéma nůžek na pásky viz obr. 2.10.



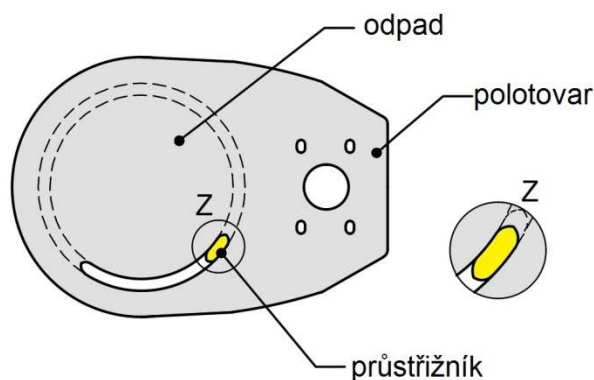
Obr. 2.10 Nůžky na pásky [13]

Vystřihování různých tvarů, ostřihování obvodů velkých výtažků se provádí na křivkových nůžkách viz obr. 2.11. Ty jsou charakteristické kuželovým tvarem kotoučových nožů. Velké zastoupení mají v automobilovém průmyslu k ostřihování střech, dveří, blatníků apod. Plechy lze stříhat do tloušťky 10 mm a rychlost stříhání se pohybuje okolo 2,7 až 9,5 m.mm⁻¹.

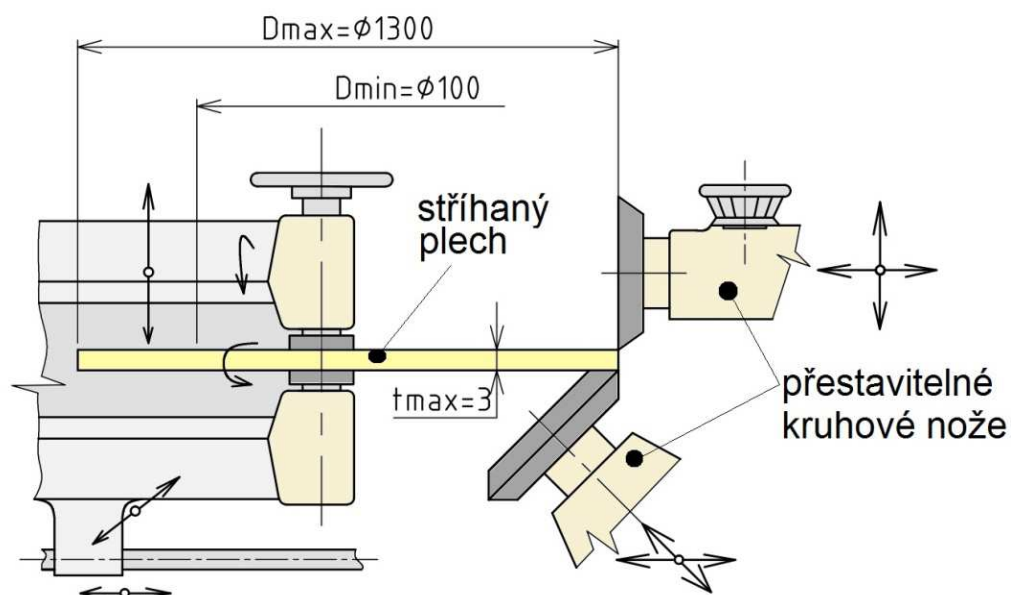


Obr. 2.11 Křivkové nůžky [13]

Podobně jako křivkové nůžky je možné použít kmitací nůžky k vystřihování tvarových výstřižků nebo drážek, tvarových děr v plechu apod.. Prostřihování kmitavým prostřihovačem viz obr. 2.12. Stříhání se provádí krátkými skloněnými noži nebo vysekávacími nástroji. Ostřihování kruhových tvarů (kotouče, mezikružní) se realizuje okružními nůžkami viz obr. 2.13. Nejběžnějším a nepoužívanějším nástrojem pro stříhání výstřižku z plechu jedním nebo více zdvihy na lisech je provedeno pomocí střížných nástrojů. Ty jsou podrobně popsány v kapitole 2.7.



Obr. 2.12 Kmitavý prostřihovač [4]

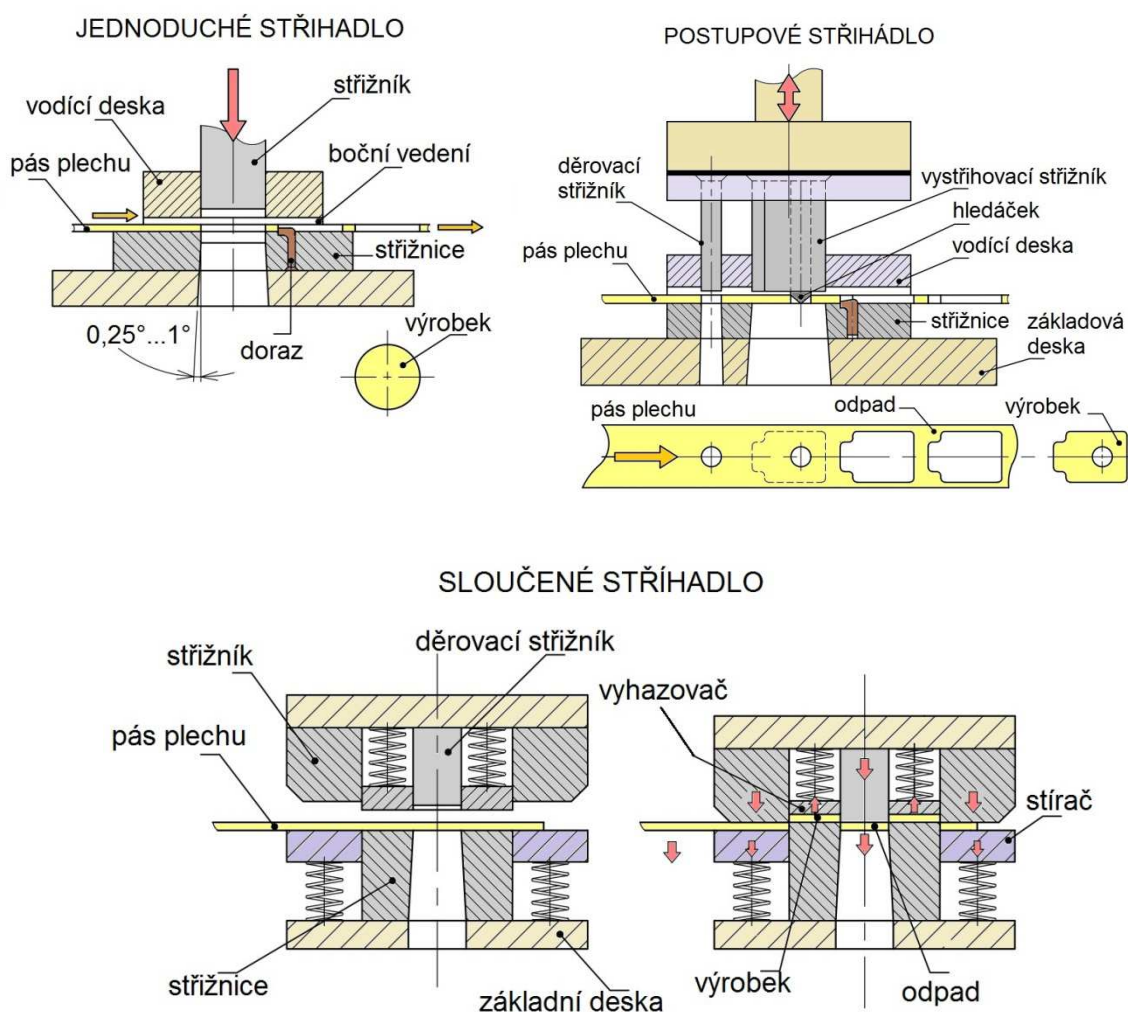


Obr. 2.13 Okružní nůžky [13]

2.7 Střížné nástroje [1],[4],[13],[16],[21]

Střížné nástroje slouží k vystřihování tvarových dílů z tabule nebo pásu plechu. Nástroje jsou instalovány na tvářecích strojích (lisech), u kterých se na jeden nebo několika zdvihů nástroje zhotoví vystřížení požadovaného dílce. Důležitými prvky střížného nástroje jsou jeho činné části, které nemohou pracovat samostatně. Musí být zajištěno, aby tyto činné části byly proti sobě správně geometricky orientovány a vhodně upevněny na tvářecí stroj. Zároveň je nutné zajistit přísun a orientaci střížného materiálu a zaručit bezpečnost obsluhy. Převážná část dílů střížného nástroje je normalizována. Normalizované díly zaručují lepší kvalitu, zvyšují životnost nástroje a úspory strojních i ručních prací.

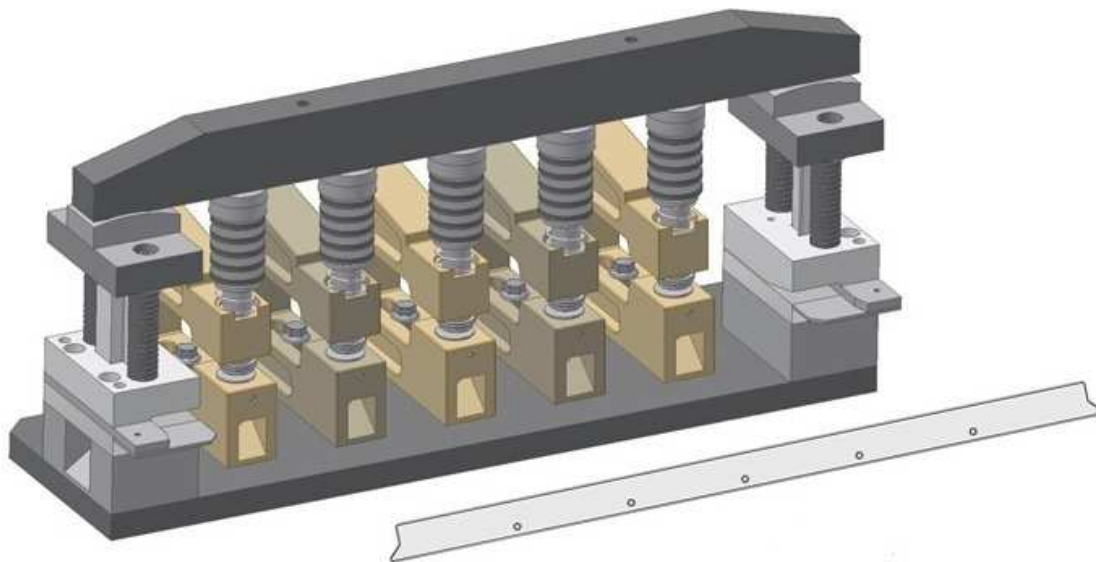
Střížný nástroj se skládá z velkého množství dílů a každý plní svou funkci. Dolní část nástroje se nazývá střížná skříň a horní část upínací hlavice. Nástroje, které nemají vodící desku tzv. bez vedení se používají pro málo přesné výstřižky s požadovanou nízkou kvalitou střížných ploch. Jsou jednoduché, snadno vyrobitelné a používají se při stříhání polotovarů pro hluboké tažení. Nástroje s vedením jsou přesnější, vyrobitelné i finančně náročnější. Používají se tam, kde je požadována vyšší přesnost a kvalita střížné plochy. Výborných výsledků je možné dosáhnout při použití vodících stojánků. Mezi základní druhy střížných nástrojů patří: jednoduchá, postupová, sloučená, sdružená a speciální stavebnicová stříhadla. Druhy střížných nástrojů viz obr. 2.14.



Obr. 2.14 Druhy střížných nástrojů [4]

Jednoduché stříhadlo umožní vystříhnout jednoduché tvary z pásu plechu na jeden zdvih nástroje. Při stříhání je poloha pásu zaopatřena pevným koncovým dorazem. Před následujícím vystřížením je pás opět posunut o tzv. krok a zaražen v další poloze. Vytvoření výstřížku postupně několika stříhy se realizuje pomocí postupového stříhadla, které v sobě zahrnuje více střížníků. V jednom kroku lze děrovat otvory budoucího výstřížku a ve druhém kroku je provedeno vystřížení hotového dílu. K vymezení vloženého nového pásu plechu pro děrování a vystřihování se používá načínací doraz. V následujícím postupu práce je poloha pásu zaopatřena koncovým dorazem. Přesný posuv pásu je jištěn tzv. hledáčkem. Děrování a vystřihování hotového výstřížku na jeden pracovní zdvih je uskutečněno díky sdruženému nástroji. Ten je možné použít k výrobě přesných dílů a při velkých výrobních sériích. Sdružené nástroje slučují odlišné pracovní úkony a to ve dvou krocích. Jako příklad lze uvést děrování, stříhání, ohýbání.

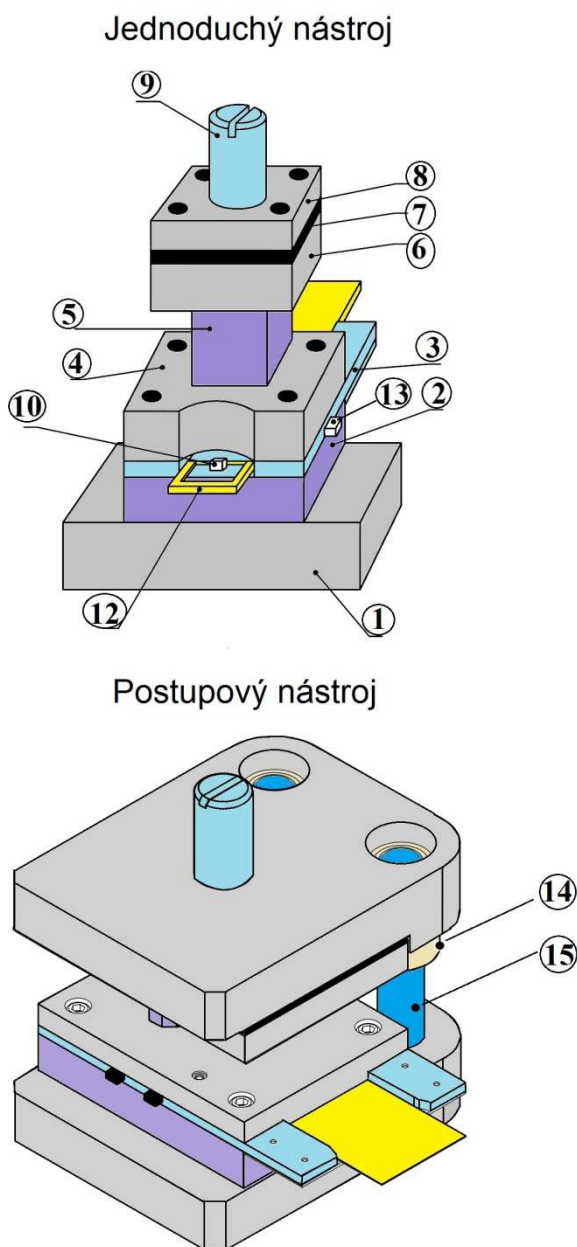
Výše zmíněné stříhadla jsou základními konvenčními typy pro vystřihování klasických výstřížků z pásu plechu. Pro stříhání speciálního tvaru výstřížku je nutné přizpůsobit konstrukci nástroje požadovanému tvaru. Jako příklad z praxe lze uvést výrobu těsnicí lišty provzdušňovacího systému, pro kterou byl konstruován nekonvenční sdružený nástroj. Tento jednoúčelový nástroj umožní vystřížení pěti otvorů průměru 5,3 mm a zároveň ostřížení tvaru obou okrajů polotovaru na jeden zdvih nástroje. Polotovarem jsou nastříhané pásy plechu požadovaných rozměrů lišty. Střížný nástroj se skládá z pěti komerčně dodávaných děrovacích jednotek, které provádějí prostřížení pěti otvorů. Na obou koncích nástroje jsou zkonstruovány dvě ostříhací jednotky, díky kterým se uskuteční ostřížení dvou koncových okrajů na polotovaru lišty. Následně je lišta ze střížného nástroje odebrána a vložena do jednoúčelového ohýbacího nástroje, ve kterém jsou na jeden zdvih provedeny tři požadované ohyby. Nekonvenční jednoúčelový střížný nástroj viz obr. 2.15 a podrobný popis jednotlivých dílů střížného nástroje je uveden v kapitole 2.8.



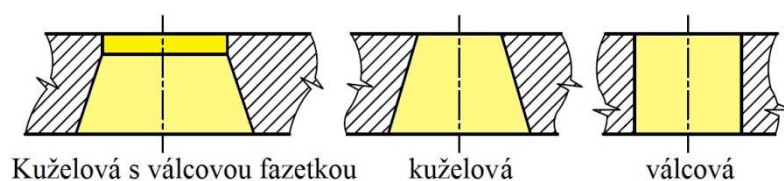
Obr. 2.15 Nekonvenční střížný nástroj [1]

2.8 Hlavní části střížných nástrojů [13],[16],[21],[23]

Jednotlivé části střížného nástroje jsou označeny pozicemi viz obr. 2.16. Součástí každého střížného nástroje je základová deska (poz.1), která slouží k připevnění nástroje na stůl tvářecího stroje. Rozměry základové desky jsou vždy větší než u střížné desky z důvodu upnutí nástroje ke stolu stroje pomocí úpiněk. Na základovou desku se upíná činná část nástroje tzv. střížnice (poz.2), kterou je možné rozdělit na tři skupiny: střížnice celistvé, skládané a vložkované. Střížnice celistvé jsou vyráběné z jednoho kusu nástrojové oceli, které se používají pro jednoduché a rozměrově menší tvary. Pro tvarově složitější tvary výstřížku jsou k dispozici skládané střížnice, které jsou vytvořeny z určitého množství menších dílů. Výroba těchto dílů je nenáročná a především přesnější. Při tepelném zpracování se tyto díly deformují podstatně méně a deformaci je možné odstranit například broušením. Veškeré díly skládané střížnice jsou zalisované do tzv. objímky s přesahem H7/p6. Díly rozměrnějších střížnic jsou navíc přišroubovány eventuálně pojištěny kolíky. Využití je především v sériové a hromadné výrobě. Podobné výhody jako střížnice skládané mají střížnice vložkované. Vložky jsou převážně kalené nebo ze slinutých karbidů. Jejich účel je především šetřit nástrojovou ocel u rozměrnějších nebo tvarově složitějších nástrojů. Velkou předností těchto vložek je jednoduchá výroba, snadná výměna, díky které se zvyšuje životnost celého nástroje. Při tepelném zpracování těchto vložek je eliminováno nebezpečí vzniku trhlin po kalení. Vložky se vyrábějí s určitým přesahem z důvodu možného broušení a musí být zajištěny proti pootočení. Využití je především v sériové a hromadné výrobě. Druhy střížnic viz obr. 2.17.

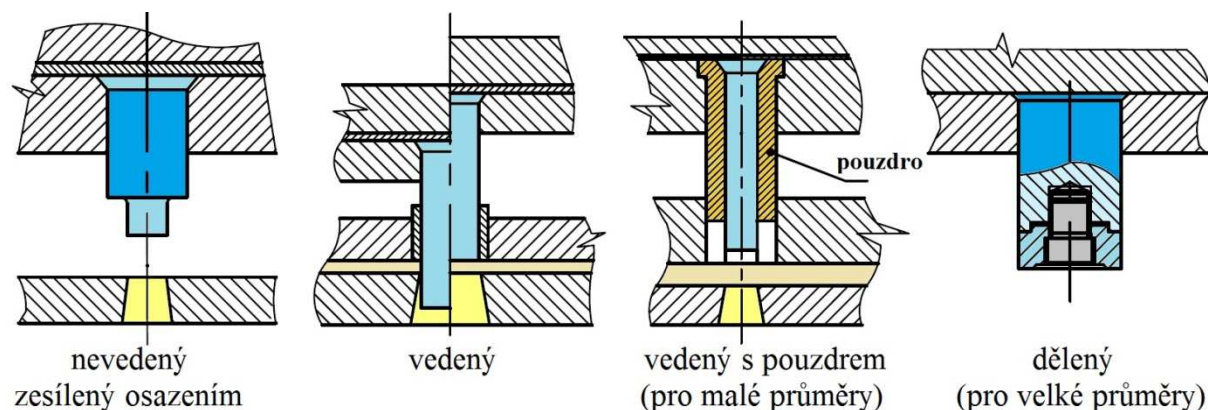


Obr. 2.16 Střížné nástroje [13]



Obr. 2.17 Druhy střížnic [23]

Na střížnici se nachází vodící lišty (poz.3), jejichž účelem je vést pás nebo svitek plechu v pracovním prostoru nástroje. Vzdálenost lišt je dána maximální šířkou polotovaru. Poslední částí střížné skříně je vodící deska (poz.4), která má za úkol vést střížník nebo podržení pásu na střížnici. Dále může plnit funkci stěrače a to znamená, že při zpětném zdvihu nástroje je materiál ze střížníku setřen. Druhou činnou částí střížného nástroje je střížník (poz.5). Stejně jako střížnice je možné střížníky rozdělit do dvou skupin: střížníky podle průřezu a způsobu upínání. Střížníky viz obr. 2.18 podle tvaru průřezu, mohou být kruhové, čtvercové, obdélníkové, tvarové atd.

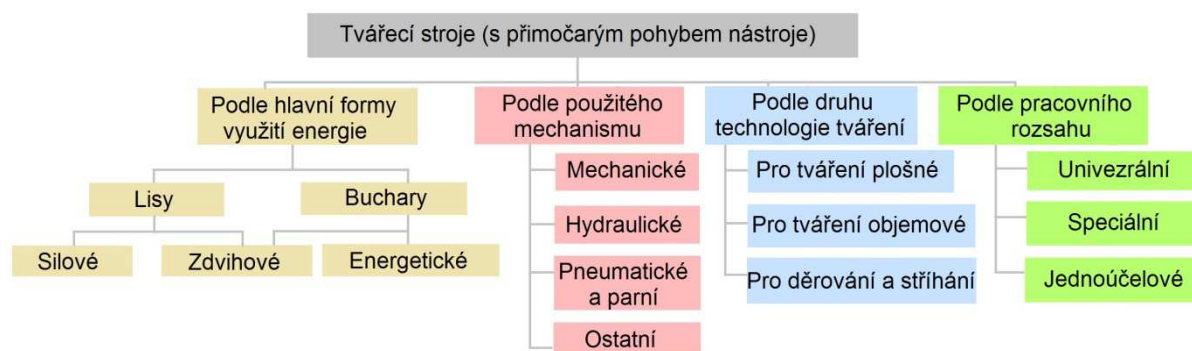


Obr. 2.18 Druhy střížníků [23]

Jejich břity (čelo) jsou běžně kolmé k ose střížníku a jejich výroba a ostření je jednoduchá. Střížníky malých rozměrů jsou obvykle vyráběny jako celistvé, u větších rozměrů je funkční část vyrobena z nástrojové oceli a nosná část z konstrukční oceli. Nutné je pevné upnutí funkční části na nosnou část střížníku pomocí šroubů. Dále je potřeba, aby byla zajištěna aretace pomocí kolíků, zámků, per apod.. Nejčastější upínání střížníku je roznytování jeho vrchní části, osazení, upnutí pomocí příruby, zapuštění nebo zalití pryskyřicí ke kotevní desce. Jakým způsobem bude střížník upevněn do kotevní desky (poz.6), závisí na druhu polotovaru, tvarové složitosti střížníku apod. Střížník musí být v kotevní desce správně a dostatečně upevněn, aby nedošlo k jeho vytažení. Nad kotevní deskou je upevněna vložka (poz.7) lépe řečeno mezi kotevní a upínací deskou. Tato vložka zabráňuje protlačení střížníku do upínací desky (poz.8). Posledním dílem upínací hlavičky je stopka (poz.9), která plní funkci upnutí nástroje do beranu tvářecího stroje. Stopka je vždy umístěna v těžišti tvářecích sil, působících v nástroji. Aby byl zajištěn stejnomořný posuv pásu o tzv. krok, je nutné zajistit nástroj polohovacími elementy tzv. dorazy (poz.10,13). Správně zvolený druh dorazu je důležitý pro správný chod a životnost nástroje. Podle konstrukce existuje celá řada dorazů: pevné, zpětné, načínací, automatické, výškové dorazy a mnoho dalších. Každý tento doraz plní určenou funkci. Pro přesné ustavení stříhaného materiálu především u postupových nástrojů se používají hledáčky. Stejně jako dorazy, je i hledáček polohovací element, který vystředí přesnou polohu pásu a udrží ji během stříhání. Zabrání se tak úchylkám stříhaného pásu a nedodržení předepsaných tolerancí výstřižku. Správné a tuhé vedení pohyblivé části vůči nepohyblivé značně ovlivňuje životnosti lisovacích nástrojů a přesnost výstřižku, proto se používají vodící stojánky (poz.15). Vedení (poz.14) se používá kluzné nebo valivé a musí zachytit případné boční síly v nástroji a odstraňovat nepřesnosti vedení beranu.

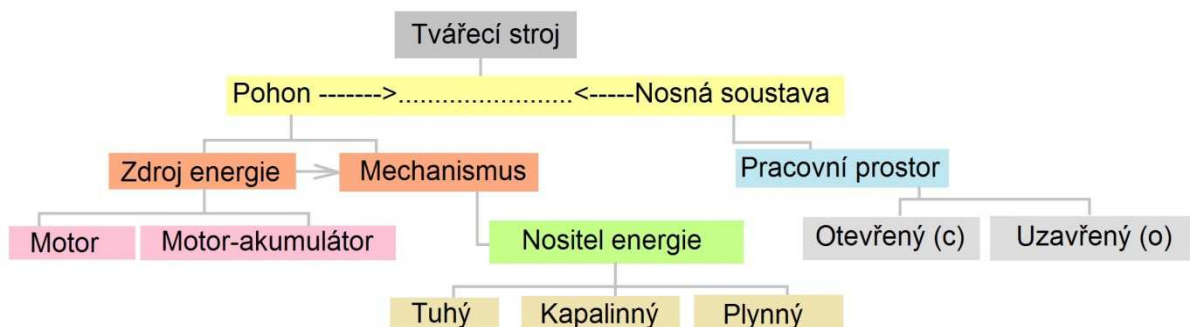
3 TVÁŘECÍ STROJE [17]

Tvářecí stroj je strojní zařízení, které slouží k provedení operace určitého technologického procesu vedoucího k neměnnému přetvoření tvářeného dílce. Tvářecí stroje je možné rozdělit do dvou skupin a to podle druhu relativního pohybu na tvářecí stroje s přímočarým relativním pohybem nástroje (rozdělení viz obr. 3) a tvářecí stroje s rotačním nebo obecným pohybem nástroje. Při volbě tvářecího stroje je nutné brát zřetel na tvar a rozměry součásti, počet vyráběných kusů a potřebnou velikost tvářecí síly a mnoho dalších důležitých činitelů jako je například i ekonomické hledisko.



Obr. 3 Tvářecí stroje s přímočarým pohybem nástroje [17]

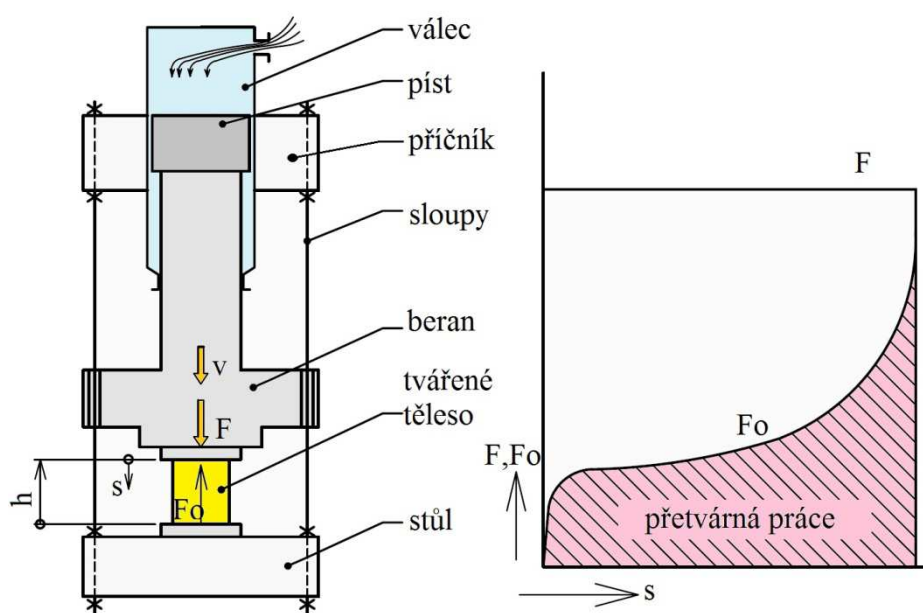
Tvářecí stroje jsou typově označovány písmeny a čísla a jsou normalizovány. První písmeno v označení znamená druh stroje. Druhé a třetí písmeno určuje druh tvářecí technologie a typ pohonu stroje. Číselné značení udává velikost stroje. Jestliže prvním písmenem v označení tvářecího stroje je písmeno C, jde o silový stroj (hydraulický lis). Další písmena značí typ hydraulického lisu například: CB (hydraulické lisy na plasty), CD (montážní dílenské hydraulické lisy), CZ (zápustkové hydraulické lisy). CT (tažné lisy). Základním technickým parametrem je jmenovitá síla. V případě že prvním písmenem ve značení je písmeno L, jde o zdvižový stroj (mechanický lis). Význam dalších čísel je stejný jako u silových strojů. Příklad značení například: LE (mechanické lisy výstředníkové), LE (mechanické lisy výstředníkové naklápěcí), LK (mechanické lisy kolenové). Hlavním základním technickým parametrem je jmenovitá síla a jmenovitý zdvih. Označení stroje prvním písmenem K je specifické pro energetické stroje tzv. buchary. Druh buchary udávají další písmena například: KP (padací buchary), KD (parní buchary), KE (elektrické buchary). Hlavním základním technickým parametrem je jmenovitá energie úderu. Obecná struktura tvářecího stroje viz obr. 3.1.



Obr. 3.1 Struktura tvářecího stroje [17]

3.1 Tvářecí silové stroje [17],[22]

Silové tvářecí stroje většinou využívají potenciální energie k překonání deformačního odporu přetvárného materiálu při rychlostech beranu menších než je $0,25 \text{ m.s}^{-1}$. Hlavním zástupcem těchto strojů jsou hydraulické lisy viz obr. 3.2, u kterých je síla (F) na beranu stálá a nezávislá na dráze beranu (h). Tvářecí dráha nástroje (s) je omezena silou (F) na beranu. Charakteristickým technickým parametrem silového tvářecího stroje je jmenovitá síla (F) na beranu. Princip hydraulického lisu je založen na Pascalově zákoně, který se v technické praxi uplatňuje nejen u hydraulických zařízení, ale také u pneumatických. Některé nevýhody hydraulických lisů v porovnání s mechanickými lisy se díky zařazení nových, moderních hydraulických prvků eliminují. Hydraulické lisy podle uložení hydromotoru mohou být svislé, vodorovné a kombinované. Podle konstrukce lisu se lisy rozdělují na stojanové, sloupové, rámové, skříňové. Mechanismy jsou buď s přímým, nepřímým nebo kombinovaným pohonem. Výhody a nevýhody hydraulického lisu viz tab. 2.



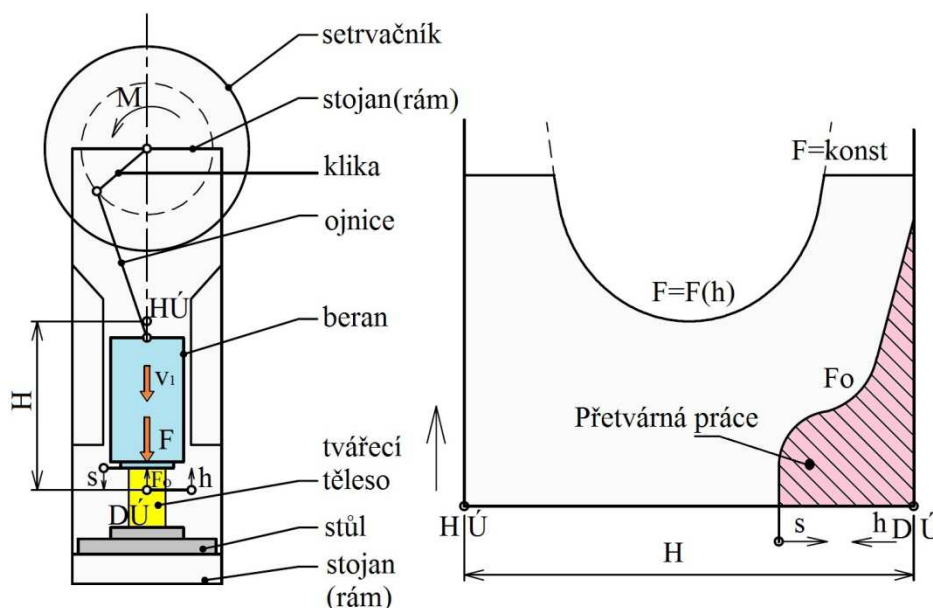
Obr. 3.2. Schéma Hydraulického lisu [17]

Tab. 2 Výhody a nevýhody hydraulického lisu [17],[22]

VÝHODY	NEVÝHODY
✓ Rychlost beranu (0 až $0,25 \text{ m.s}^{-1}$).	✗ Menší výkon ➤ menší účinnost ➤ menší produktivita.
✓ Malé tvářecí rychlosti (nedochází k velkým zpevněním).	✗ S nižší rychlostí dochází k nižší výrobnosti.
✓ Vhodné pro hluboké tažení (malá rychlost).	✗ Složitost konstrukce pohonu.
✓ Lze lisovat kovové prášky, případně keramiku.	✗ Nutné stanovit tvářecí sílu, jinak by nemuselo dojít k vylisování produktu.
✓ Nižší rychlost se dá lépe regulovat a lépe sledovat tak tvářecí proces.	✗ Vyšší pořizovací cena.
✓ Lis nelze přetížit.	✗ Obtížná identifikace při poruchách.
✓ Je možné průběžně měřit tvářecí sílu.	✗ Nejsou vhodné pro zápuskové kování malých výkovků z důvodu chladnutí.
✓ Pracuje klidně, bez hluku a otřesů.	
✓ Vysoké síly, které se pohybují okolo 10^3 MN .	
✓ Lze regulovat nejen rychlost ale i tlak.	

3.2 Tvářecí zdvihové stroje [17],[22]

Představitelem tvářecích zdvihových strojů jsou mechanické lisy, které k přenosu energie používají mechanické převodové mechanismy. Mechanické lisy se používají pro různé tvářecí technologie a jsou jednoznačně nejčastěji používané tvářecí stroje. Podle použitého převodového mechanismu k přenosu energie se lisy dělí na výstředníkové, klikové viz obr. 3.3, hřebenové, kolenové, kloubové atd. Lisy je možno zatížit pouze silou, která nepřevyší jmenovitou sílu. Z tohoto důvodu se mechanické lisy rozdělují na lehké (<500 kN), střední (500-5000 kN), těžké (>5000 kN). Pro plošné tváření se nejčastěji používají výstředníkové lisy. Lze je uplatnit i pro ražení a protlačování. Výhody a nevýhody mechanického lisu jsou uvedeny v tabulce 3. Porovnání hydraulických lisů s mechanickými viz tab. 3.



Obr. 3.3 Schéma klikového lisu [17]

Tab. 3 Výhody a nevýhody mechanických lisů [17],[22]

VÝHODY	NEVÝHODY
✓ Nejpoužívanější tvářecí stroje.	✗ Max. tvářecí sílu lze odebrat těsně před DÚ.
✓ Velká výrobnost výrobků.	✗ Náročné tváření velkou silou po delší dráze.
✓ Poměrně jednoduché stroje.	✗ Nebezpečí přetížení stroje ➤ použití pojistek proti přetížení.

Typické výhody hydraulického lisu v porovnání s mechanickým lisem

- Lze plynule regulovat rychlost.
- Snadná a okamžitá reverzace pohybu beranu.
- Možnost odebrání maximální síly v jakémkoliv zdvihu.
- Možnost docílení konstantního tlaku a konstantní rychlosti beranu.

Typické nevýhody hydraulických lisů ve srovnání s mechanickými lisy jsou tyto

- Složitější konstrukce pohonu.
- Pomalejší chod beranu ➤ menší výrobnost stroje.
- Složitější údržba.
- Vyšší pořizovací náklady při stejné jmenovité síle až o 30 %.

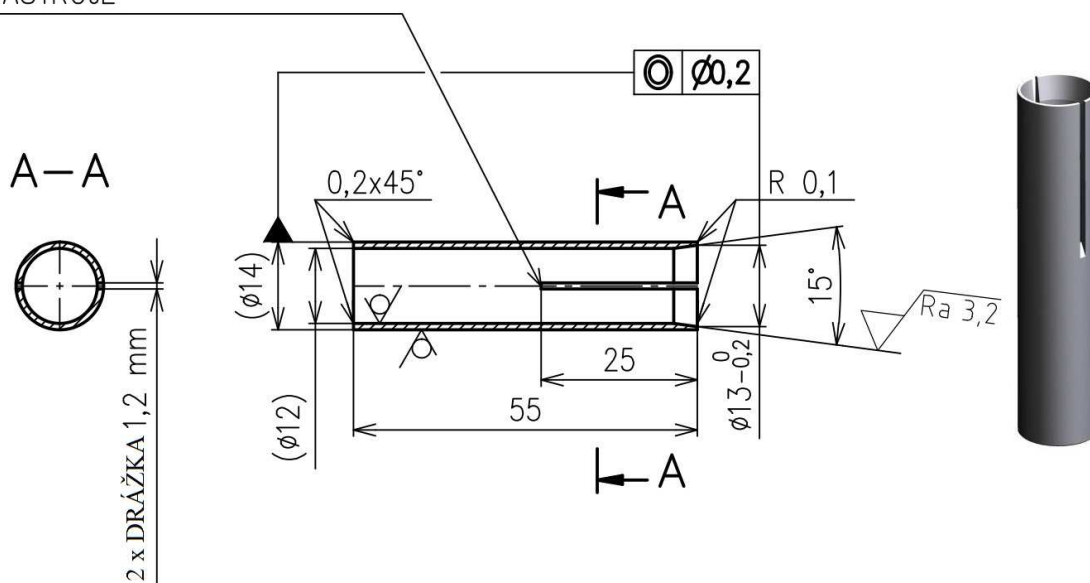
4 NÁVRH VÝROBY DRÁŽEK DO PLÁŠTĚ KOTEV

Pláště kotev jsou součástí kompletů kotev do betonu, které se používají ke kotvení provzdušňovacího systému ke dnům betonových nádrží. V současnosti je výroba drážek do pláště kotev realizována na malé pásové pile. Nevýhodou tohoto způsobu výroby je vznik otřepů a kovových třísek po výřezu, které je nutné odstranit. Odstranění se provádí ručně a to speciálním nástrojem. Provedení drážek na pásové pile jsou zároveň s odstraněním otřepů a kovových třísek časově nejnáročnější operace. Cílem nově navržené technologie je zjednodušit výrobu a především snížit výrobní časy.

Nově navrženou technologií pro výrobu drážek do pláště kotev je stříhání. Pro tuto technologii bude navržený speciální jednoúčelový střížný nástroj. Velikost série všech druhů plášťů kotev je 18 000 ks/rok. Tvar a rozměry pláště kotvy průměru 14 mm a délky 55 mm viz obr. 4. Polotovarem jsou podélně svařované trubky tloušťky 1 mm z korozivzdorné oceli 17 240, která se na základě požadavků výrobce nebude měnit.

Technologický postup výroby drážek do pláště kotvy pro nově navrženou technologii je uveden v kapitole 4.1 viz tab. 4. Technologický postup je uveden pro plášť kotvy o průměru 14 mm a délky 55 mm. Pro ostatní existující průměry a délky plášťů kotev bude technologický postup principem naprosto totožný.

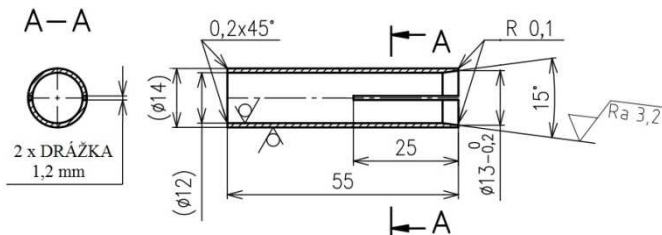
KONEC DRÁŽKY DLE GEOMETRIE
NÁSTROJE



Obr. 4 Tvar a rozměry pláště kotvy pro délku 55 mm a průměru 14 mm

4.1 Technologický postup výroby

Tab. 4 Technologický postup výroby drážek do pláště kotvy

TECHNOLOGICKÝ POSTUP		Ústav strojírenské technologie FSI VUT v Brně Odbor tváření kovů a plastů Akad. Rok: 2013/2014	
NÁČRT: 		SOUČÁST	Plášť kotvy do betonu Ø 14x55 mm
		POČET KUSŮ	8 000 ks/rok
		MATERIÁL	Ocel 17 240
		DRUH POLOT.	Trubka Ø 14x1-6000 mm

POZNÁMKA:

Výchozím polotovarem jsou podélně svařované trubky (vnější průměr x tloušťka stěny) 12x1 a 14x1 mm, které jsou nakupovány v délkách 6000 mm.

Č. OP.	POPIS	STROJ
1.	Očištění dodaných trubek od prachu a nečistot a kontrola jejich kvality s důrazem na kvalitu podélného svaru, tvar a velikost výstupku svaru na vnitřní ploše trubky.	-
2.	Rozřezání trubek délky 6000 mm na 6 kusů délky 998 mm na pásové pile (s šířkou řezu 2 mm).	Pilous ARG 250
3.	Očištění od kovových třísek po řezání.	-
4.	Z trubek délky 998 mm výroba plášťů v požadované délce se zarovnanými čely, obrobení vnitřního kužele s vrcholovým úhlem 15° na jednom konci pláště, sražení a zaoblení hran na čelech.	Hrot. soustruh INTOS S32/750
5.	Očištění od kovových třísek a odmaštění za použití ekologických odmašťovačů.	IBS Mycí stůl typ M
6.	Prostřížení dvou drážek na nově navrženém střížném nástroji současně na 3 kusech plášťů.	Hydraulický Lis CUPS 25 D
7.	Ruční odlomení odpadového materiálu.	-
8.	Odstranění hran drážek na vnějším průměru pláště kotvy na rotačním copánkovém kartáči.	Stol. el. vrtačka SVA 16
9.	Opětovné odmaštění v odmašťovacím zařízení.	IBS Mycí stůl typ M

4.2 Vlastnosti materiálu pláště kotvy [18]

Materiál pro výrobu pláště kotvy je nejpožívanější druh korozivzdorné oceli, která má výbornou odolnost vůči korozi. Jde o tzv. austenitickou chromniklovou ocel. Výhodou této oceli je odolnost vůči vodnímu prostředí, vodní páře, vlhkosti vzduchu, slabým organickým a anorganickým kyselinám a jedlým kyselinám. Je odolná pro teplotní namáhání do 400°C, při vyšších teplotách se doporučuje austenitická chromniklová ocel, která je stabilizována přísadou titanu (ocel 17 248). Ocel 17 240 je dobře tvárná hlubokým tažením, ohraňováním a zakružováním. Má dobrou svařitelnost elektrickým obloukem, naopak je nevhodná pro svařování plamenem. Při svařování plechu do tloušťky 6 mm odolává mezikrystalové korozi a to díky nízkému obsahu uhlíku. Mezi další pozitivní vlastnosti je její dobrá obrobitelnost, je však nutné používat nástroje z vysoce legované oceli (tvrdokovu nebo slinutých karbidů). Nejčastější využití má tato ocel v potravinářském a farmaceutickém průmyslu. Velké zastoupení má také ve strojírenství a nukleárním průmyslu. Další uplatnění nachází u chirurgických nástrojů, sanitárních zařízení, předmětů a přístrojů pro domácnost.

Pro výrobu plášťů kotev se používá korozivzdorná ocel 17 240, která je dlouhodobě a úspěšně odzkoušena v prostředí komunálních a průmyslových odpadních vod. Dlouhodobě odolává většině chemických látek, které se v odpadních vodách mohou vyskytovat. Dalším důvodem pro použití tohoto druhu oceli je skutečnost, že většina sortimentu spojovacího materiálu (šrouby, matice, podložky) z korozivzdorných ocelí je vyráběna právě z tohoto druhu oceli. Jsou-li výrobky sestaveny z dílů vyrobených z ocelí o stejném chemickém složení, nedochází v prostředí odpadních ke vzniku elektrolytické koroze. Ostatní díly provzdušňovacích systémů, které jsou kotveny kotvami z oceli 17 240, jsou rovněž z této oceli vyráběny. Z výše uvedeného vyplývá, že v tomto případě není důvod ani možné materiál plášťů kotev měnit. Vlastnosti korozivzdorné austenitické oceli viz tab. 5.

Tab. 5 Vlastnosti korozivzdorné austenitické oceli 17 240 [18]

KOROZIVZDORNÁ AUSTERNITICKÁ OCEL 17 240						
● Chemické složení						
C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S
max 0,07	max 2,0	max 1,0	17,0-20,0	9,0-11,5	max 0,045	max 0,030
● Mechanické vlastnosti						
Mez pevnosti R _p 0,2 [MPa] min		Mez pevnosti R _m [MPa]		Tažnost A ₅ [%] min		
186		490-686		40-50		
● Fyzikální vlastnosti						
Hustota ρ [kg.m ⁻³].10 ³ při 20°C	Měrná tepel. Kapacita C _p [J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]		Tepelná vodivost λ _t [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]		Rezistivita p [Ω.m]	
7,9	500		14,7		730.10 ⁻⁹	
● Převod norem						
DIN	AISI		ČSN		EN	
1.4301	304		17 240		X5CrNi18-10	

4.3 Vlastnosti oceli na střížný nástroj [10]

Při konstrukci střížného materiálu je nutné brát ohled na volbu materiálu hlavních částí nástroje. Při stříhání za studena se používají nástrojové oceli, které musí mít zaručenou především pevnost, houževnatost, zakalitelnost, prokalitelnost, odolnost proti popouštění a rozměrovou stálost. Střížné nástroje jsou při své činnosti namáhané stříhem, ohybem, tlakem, případně rázem. Druh a velikost namáhání, kterým může být nástroj postižen, závisí především na střížném materiálu (druh, jeho tloušťka a pevnost). Vysoké požadavky jsou kladeny především na činné (pracovní) části nástroje, u kterých dochází k otěru a musí odolávat abrazivnímu i adhezivnímu opotřebení. Nástrojové oceli se dělí podle množství legovaných prvků na oceli nelegované, legované (nízko, středně, vysoce) a rychlořezné. Do každé této skupiny je zařazeno velké množství příslušných ocelí viz tab. 6. Při konstrukci speciálního střížného nástroje k výrobě drážek do pláště kotvy byla pro funkční (pracovní) části nástroje tj. střížník a střížnice zvolena nástrojová ocel 19 733, jejichž chemické složení je uvedeno viz tab. 7.

Tab. 6 Přehled nástrojových ocelí [10]

Nelegované	19 132, 19 152, 19 191, 19 221
19 221 - houževnatá ocel odolná proti opotřebení 19 132 - nejhouževnatější	
Nízkolegované a středně legované	19 312, 19 314, 19 315, 19 421, 19 422, 19 452, 19 550, 19 559, 19 569, 19 571, 19 581, 19 663, 19 665, 19 711, 19 732, 19 733, 19 735
19 312, 19 314, 19 315 – malé rozměrové změny při TZ, dobrá houževnatost a odolnost proti opotřebení 19 421, 19 422 – zvýšená odolnost proti opotřebení, tvrdost a odolnost proti tlakovému namáhání 19 559, 19 569, 19 571 – velká prokalitelnost (voda, olej), výborná pevnost a odolnost proti opotřebení při zvýšené houževnatosti 19 452, 19 550, 19 665, 19 732, 19 733, 19 735 – velká houževnatost při dobré odolnosti proti tlakovému namáhání	
Vysokolegované	19 436, 19 437, 19 438, 19 572, 19 573, 19 574, 19 901, 19 902
19 436, 19 437, 19 438 – nejvýkonnější nástrojové oceli, výborná odolnost proti opotřebení 19 572, 19 573, 19 574 – střední a nízká houževnatost, velká odolnost proti tlakovému namáhání 19 901, 19 902 – vhodné pokud se vyžaduje minimální deformace po TZ, dobrá houževnatost a pevnost při menších odolnostech proti opotřebení	
Rychlořezné	19 802, 19 810, 19 813, 19 820, 19 829, 19 830, 19 851
19 802, 19 813, 19 820, 19 830 – houževnatější typ RO *Použití na nejvíce namáhané a nejvýkonnější nástroje	

Tab. 7 Chemické složení oceli 19 733 [10]

Značení oceli	Chemické složení							
	C	Mn	Si	P _{max}	S _{max}	Cr	Ni	W
19 733	0,52-0,62	0,15-0,40	0,80-1,20	0,030	0,035	0,90-1,20	max 0,35	1,70-2,20

4.4 Technologické výpočty [20],[21],[27]

Technologické výpočty jsou pro návrh střížného nástroje velmi důležité. Především z hlediska správné volby stroje a kontroly důležitých částí nástroje na vzpěr, otlacení apod..

VÝPOČET STŘIŽNÉ SÍLY A STŘIŽNÉ PRÁCE VARIANTA 1

STŘIH (viz obr. 4.1)

- Výpočet horizontální střížné síly
(pro výpočet bude použit vzorec (2.2) z podkapitoly 2.3)

$$F_{H_{STR}} = n \cdot S \cdot \tau_s \text{ [N]} \rightarrow F_{H_{STR}} = 1,5 \cdot 1,55 \cdot 480$$

$$F_{H_{STR}} = \underline{\underline{1116 \text{ N}}}$$

Kde: $F_{H_{STR}}$ [N] – horizontální střížná síla,

n [-] – koeficient otupení 1,2-1,5 (zvolen 1,5),

S [mm²] – plocha stříhu,

τ_s [MPa] – střížný odpor (0,8· R_m), ($R_m=600$ MPa).

- Převod $F_{H_{STR}}$ na $F_{V_{STR}}$ pomoci goniometrické funkce tangens

$$\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{\text{délka protilehlé odvěsny}}{\text{délka přilehlé odvěsny}} \rightarrow \operatorname{tg}(20^\circ) = \frac{F_{H_{STR}}}{F_{V_{STR}}}$$

Kde: $F_{V_{STR}}$ [N] – vertikální střížná síla.

- Výpočet vertikální střížné síly

$$F_{V_{STR}} = \frac{F_{H_{STR}}}{\operatorname{tg}(\alpha)} \text{ [N]} \rightarrow F_{V_{STR}} = \frac{1116}{\operatorname{tg}(20^\circ)} = \underline{\underline{3066,18 \text{ N}}} \quad (4.1)$$

- Výpočet celkové vertikální střížné síly

$$F_{CV_{STR}} = F_{V_{STR}} \cdot n_B \text{ [N]} \quad (4.2)$$

$$F_{CV_{STR}} = 3066,18 \cdot 4 = \underline{\underline{12\,264,72 \text{ N}}}$$

Kde: n_B [ks] – počet břitů,

$F_{CV_{STR}}$ [N] – celková vertikální střížná síla.

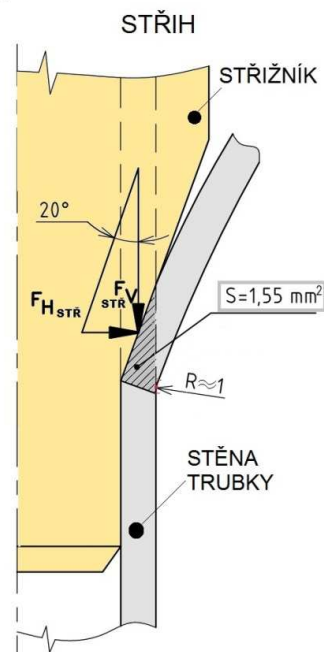
- Výpočet střížné práce při STŘIHU
(pro výpočet bude použit vzorec (2.3) z podkapitoly 2.3)

$$A_{S1} = \lambda \cdot F_{CV_{STR}} \cdot s_1 \rightarrow A_{S1} = 0,6 \cdot 9811,79 \cdot 25 = \underline{\underline{183970,80 \text{ J}}}$$

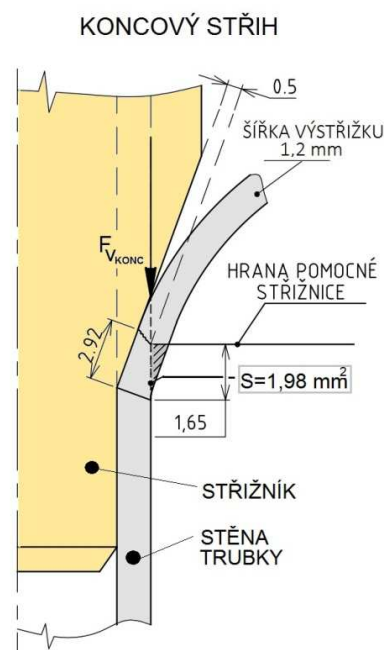
Kde: A_{S1} [J] – střížná práce pro STŘIH VÝSTŘIŽKU,

s_1 [mm] – dráha, po které střížník vykonává práci,

λ [-] – součinitel plnosti (zvoleno 0,6).



Obr. 4.1 Rozložení sil při stříhání I.



Obr. 4.2 Působení koncové síly

KONCOVÝ STŘIH (viz obr. 4.2)

- Výpočet vertikální střížné síly koncové
(Pro výpočet bude použit vzorec (2.2) z podkapitoly 2.3)

$$F_{V_{KONC}} = n \cdot S \cdot \tau_s \text{ [N]} \rightarrow F_{V_{KONC}} = 1,5 \cdot 1,65 \cdot 1,2 \cdot 480 = \underline{\underline{1425,60 \text{ N}}}$$

Kde: $F_{V_{KONC}}$ [N] – vertikální střížná síla koncová.

- Výpočet celkové vertikální střížné síly koncové

$$F_{CV_{KONC}} = F_{V_{KONC}} \cdot n_K \text{ [N]} \rightarrow F_{CV_{KONC}} = 1425,60 \cdot 2 = \underline{\underline{2851,2 \text{ N}}} \quad (4.3)$$

Kde: n_K [ks] – počet koncových stříhů,

$F_{CV_{KONC}}$ [N] – celková vertikální střížná síla koncová.

- Výpočet střížné práce při KONCOVÉM STŘIHU
(pro výpočet bude použit vzorec (2.3) z podkapitoly 2.3)

$$A_{S3} = \lambda \cdot F_{CV_{KONC}} \cdot s \rightarrow A_{S3} = 0,6 \cdot 2851,2 \cdot 1,65 = \underline{\underline{2822,69 \text{ J}}}$$

Kde: A_{S3} [J] – střížná práce pro KONCOVÝ STŘIH.

❖ VÝSLEDNÁ STŘIŽNÁ SÍLA

$$F_S = (F_{CV_{STR}} + F_{CV_{KONC}}) \cdot n_s \text{ [N]} \rightarrow F_S = (12264,72 + 2851,2) \cdot 3 = \underline{\underline{45347,76 \text{ N}}} \quad (4.4)$$

Kde: F_S [N] – výsledná střížná síla,

n_s [ks] – počet střížníků v nástroji.

❖ VÝSLEDNÁ STŘIŽNÁ PRÁCE

$$A_S = (A_{S1} + A_{S3}) \cdot n_s \text{ [J]} \rightarrow A_S = (183970,80 + 2822,69) \cdot 3 = \underline{\underline{560380,47 \text{ J}}} \quad (4.5)$$

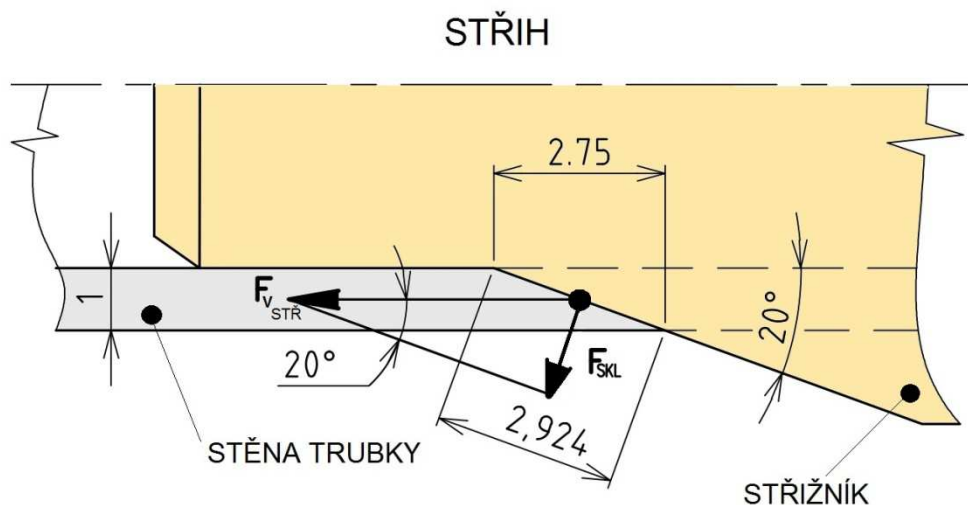
Kde: A_S [J] – výsledná střížná práce.

Shrnutí VARIANTY 1

Výpočet střížné síly a práce pro variantu 1 je postupně uveden v bodech od strany 37 do strany 38. Pro výpočet střížné síly byl použit vzorec 2.2 z podkapitoly 2.3, stejně tak pro střížnou práci byl použit vzorec 2.3 z podkapitoly 2.3. V této variantě je výsledná střížná síla F_S vyjádřena součtem celkové vertikální střížné síly $F_{CV_{STR}}$ pro STŘIH a celkové vertikální střížné síly koncové $F_{CV_{KONC}}$ pro KONCOVÝ STŘIH. Následně je tento součet vynásoben počtem střížníků v nástroji. Hodnota $F_{CV_{KONC}}$ je cca čtyřikrát menší než je hodnota $F_{CV_{STR}}$. Úkolem $F_{CV_{KONC}}$ je natlačit konce částí obou výstřížků na hrany pomocných střížnic a vytvořit tak v jejich spodních koncích vruby. Díky těmto vrubům bude po vyjmutí plášťů kotev z nástroje výstřížky od plášťů kotev snadno ručně odlomit.

VÝPOČET STŘIŽNÉ SÍLY A STŘIŽNÉ PRÁCE VARIANTA 2

STŘIH VÝSTŘIŽKU - (střižná síla pro stříh noži skloněnými) [20]
 -(viz obr. 4.3)



Obr. 4.3 Rozložení sil při stříhání II.

- Výpočet střižné síly působící na skloněném břitu nože

$$F_{SKL} = (0,16 \text{ až } 0,31) \cdot \frac{s^2 \cdot \tau_s}{\tan \alpha} [\text{N}] \rightarrow F_{SKL} = 0,3 \cdot \frac{1^2 \cdot 480}{\tan 20^\circ} = \underline{\underline{395,64 \text{ N}}} \quad (4.6)$$

Kde: F_{SKL} [N] – střižná síla působící na skloněném břitu nože,
 s [mm] – tloušťka materiálu,
 τ_s [Mpa] – střižný odpor $0,8 \cdot R_m$,
 α [°] – úhel sklonu břitu nože.

- Převod F_{SKL} na F_{VSTR} pomocí goniometrické funkce tangens

$$\sin(\alpha) = \frac{\text{délka protilehlé odvěsny}}{\text{délka přepony}} \rightarrow \sin(20^\circ) = \frac{F_{SKL}}{F_{VSTR}}$$

- Výpočet vertikální střižné síly

$$F_{VSTR} = \frac{F_{SKL}}{\sin(\alpha)} [\text{N}] \rightarrow F_{VSTR} = \frac{395,64}{\sin(20^\circ)} = \underline{\underline{1156,77 \text{ N}}} \quad (4.7)$$

- Výpočet celkové vertikální střižné síly

$$F_{CVSTR} = F_{VSTR} \cdot n_B \rightarrow F_{CVSTR} = 1304,42 \cdot 4 = \underline{\underline{4627,08 \text{ N}}}$$

- Výpočet střižné práce při STŘIHU VÝSTŘIŽKU
 (pro výpočet bude použit vzorec (2.3) z podkapitoly 2.3)

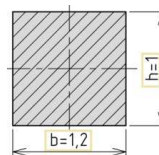
$$A_{S1} = \lambda \cdot F_{CVSTR} \cdot s \rightarrow A_{S1} = 0,6 \cdot 4627,08 \cdot 25 = \underline{\underline{68406,20 \text{ J}}}$$

OHYB VÝSTŘIŽKY (Schéma je uvedeno na obrázku 4.5)

- Výpočet průřezového modulu v ohybu W_o viz obr. 4.4

$$W_o = \frac{b \cdot h^2}{6} [\text{mm}^3] \rightarrow W_o = \frac{1,2 \cdot 1^2}{6} = \underline{\underline{0,20 \text{ mm}^3}} \quad (4.8)$$

Kde: $W_o [\text{mm}^3]$ – modul průřezu v ohybu,
 $b [\text{mm}]$ – šířka výstřižku,
 $h [\text{mm}]$ – výška výstřižku.



Obr. 4.4 Průřez výstřižku

- Ohybový moment pro vetknutý nosník

$$M_o = F_{B\check{R}_{OH}} \cdot l [\text{N} \cdot \text{mm}] \quad (4.9)$$

Kde: $M_o [\text{N} \cdot \text{mm}]$ – ohybový moment,

$F_{B\check{R}_{OH}} [\text{N}]$ – síla působící na břitu pro ohyb výstřižku,

$l [\text{mm}]$ – rameno síly $F_{B\check{R}_{OH}}$ působící v polovině délky šikmého stříhu vůči středu poloměru $R1$.

- Napětí v ohybu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} [\text{MPa}] \rightarrow \sigma_o = \frac{F_{B\check{R}_{OH}} \cdot l}{W_o} \quad (4.10)$$

Kde: $\sigma_o [\text{MPa}]$ – Napětí v ohybu.

- Výpočet ohybové síly působící na břitu střížníku (tato síla je vyjádřena ze vzorce 5.9)

$$F_{B\check{R}_{OH}} = \frac{\sigma_o \cdot W_o}{l} [\text{N}], \quad (5.10)$$

$$\sigma_o = \left[\frac{2}{3} \cdot (R_m - R_{p0,2}) \right] + R_{p0,2} [\text{MPa}] \rightarrow \sigma_o = \left[\frac{2}{3} \cdot (600 - 186) \right] + 190 = \underline{\underline{463 \text{ MPa}}} \quad (4.11)$$

Kde: σ_o (napětí v ohybu) je zvoleno ve 2/3 rozmezí $R_{p0,2}$ a R_m ,

$R_{p0,2} [\text{MPa}]$ – skutečná mez kluzu pro ocel 17240 (min. 186 MPa) zvoleno 190 MPa,

$R_m [\text{MPa}]$ – mez pevnosti pro ocel 17240 (490-686 MPa) zvoleno 600 MPa,

l (rameno síly) je odměřeno z programu AutoCAD (1,11 mm) viz obr. 4.5.

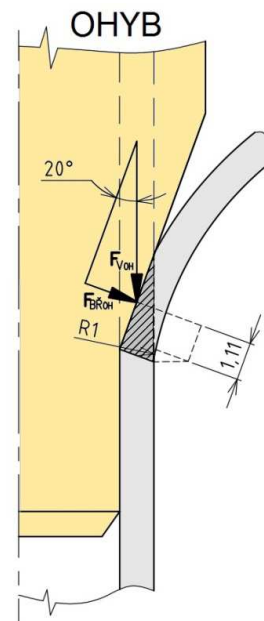
$$F_{B\check{R}_{OH}} = \frac{463 \cdot 0,2}{1,11} = \underline{\underline{83,42 \text{ N}}}$$

- Převod $F_{B\check{R}_{OH}}$ na $F_{V_{OH}}$ pomocí goniometrické funkce sinus

$$\sin(\alpha) = \frac{\text{délka protilehlé odvěsny}}{\text{délka přepony}} \rightarrow \sin(20^\circ) = \frac{F_{B\check{R}_{OH}}}{F_{V_{OH}}}$$

- Výpočet vertikální ohybové síly

$$F_{V_{OH}} = \frac{F_{B\check{R}_{OH}}}{\sin(\alpha)} [\text{N}] \rightarrow F_{V_{OH}} = \frac{83,42}{\sin 20^\circ} = \underline{\underline{243,90 \text{ N}}} \quad (4.12)$$



Obr. 4.5 Rozložení sil při ohybu

Kde: $F_{V_{OH}}$ [N] – vertikální ohybová síla.

- Výpočet celkové vertikální ohybové síly

$$F_{CV_{OH}} = F_{V_{OH}} \cdot n_o \text{ [N]} \rightarrow F_{CV_{OH}} = 243,90 \cdot 2 = \underline{\underline{487,80 \text{ N}}} \quad (4.13)$$

Kde: $F_{CV_{OH}}$ [N] – celková vertikální ohybová síla

n_o [ks] – počet ohybů

- Výpočet ohybové práce při OHYBU VÝSTŘIŽKU

$$A_{O2} = F_{CV_{OH}} \cdot h_1 \cdot \psi \text{ [J]} \rightarrow A_{O2} = 487,80 \cdot 25 \cdot 0,6 = \underline{\underline{7317,00 \text{ J}}} \quad (4.14)$$

Kde: A_{O2} [J] – ohybová práce,

h_1 [mm] – dráha, po které je vykonávána práce,

ψ [-] – součinitel plnosti diagramu (0,5-0,65), zvoleno 0,6.

KONCOVÝ STŘIH (stejně jako u varinaty A)

- Výpočet vertikální střížné síly koncové

$$F_{V_{KONC}} = n \cdot S \cdot \tau_s \rightarrow F_{V_{KONC}} = 1,5 \cdot 1,65 \cdot 1,2 \cdot 480 = \underline{\underline{1425,60 \text{ N}}}$$

- Výpočet celkové vertikální střížné síly koncové

$$F_{CV_{KONC}} = F_{V_{KONC}} \cdot n_v \rightarrow F_{CV_{KONC}} = 1140,48 \cdot 2 = \underline{\underline{2280,96 \text{ N}}}$$

- Výpočet střížné práce při KONCOVÉM STŘIHU

$$A_{S3} = \lambda \cdot F_{CV_{KONC}} \cdot s \rightarrow A_{S2} = 0,6 \cdot 2280,96 \cdot 1,65 = \underline{\underline{2282,69 \text{ J}}}$$

❖ VÝSLEDNÁ STŘIŽNÁ SÍLA

$$F_s = (F_{CV_{STR}} + F_{CV_{OH}} + F_{CV_{KONC}}) \cdot n_s \text{ [N]} \quad (4.15)$$

$$F_s = (5217,68 + 487,80 + 2280,96) \cdot 3 = \underline{\underline{23898,24 \text{ N}}}$$

❖ VÝSLEDNÁ STŘIŽNÁ PRÁCE

$$A_s = (A_{S1} + A_{O2} + A_{S3}) \cdot n_s \text{ [J]} \rightarrow \quad (4.16)$$

$$A_s = (68\,406,20 + 7\,317,00 + 2\,282,69) \cdot 3 = \underline{\underline{235\,637,67 \text{ J}}}$$

Shrnutí VARIANTY 2

Výpočet střížné síly a práce pro variantu 2 se ve srovnání s variantou 1 liší. Postup výpočtu je uveden na straně 39 a pokračuje do strany 410. V této variantě je výsledná střížná síla F_s vyjádřená součtem celkové vertikální střížné síly $F_{CV_{STR}}$ pro STŘIH, dále celkové vertikální ohybové síly $F_{CV_{OH}}$ pro OHYB a celkové vertikální střížné síly koncové $F_{CV_{KONC}}$ pro KONCOVÝ STŘIH. Následně je tento součet vynásoben počtem střížníků v nástroji. Pro výpočet střížné síly byl použit vzorec 4.6, který je uveden v literatuře [20] pro stříh noži skloněnými. Tento vztah lze aplikovat na střížník střížného nástroje pro výrobu drážek pláště kotvy.

Jehož břity nože jsou skloněny pod úhlem 20°. Při výpočtu $F_{CV_{STR}}$ se uvažuje prostřížení tloušťky stěny pláště kotvy a následně se provede výpočet $F_{CV_{OH}}$, která způsobí ohnutí odstříženého materiálu a následně je proveden koncový střih, který zde plní stejnou funkci jako ve variantě 1. Výpočet ohybové síly byl vytvořen na základě znalostí mechaniky, kde si lze odstřížený materiál představit jako vetknutý nosník. Na základě ohybového momentu byla zjištěna $F_{CV_{OH}}$.

VYHODNOCENÍ VARIANTY 1, VARIANTY 2

Tab.8 Vyhodnocení varianty 1 a varianty 2

VARIANTA 1 ✓	VARIANTA 2 ✗
• STŘIŽNÁ SÍLA - F_S [N]	• STŘIŽNÁ SÍLA - F_S [N]
45 347,76 N	23 898,24 N
• STŘIŽNÁ PRÁCE - A_S [J]	• STŘIŽNÁ PRÁCE - A_S [J]
560 380,47 J	235 637,67 J

Vyhodnocení obou variant pro výpočet střížné síly a střížné práce viz tab. 8. Výpočet střížné síly je velice důležitý při volbě parametrů stroje. Dále je nutné poznamenat, že jmenovitá síla hydraulického lisu CUPS 25 D, který má výrobce k dispozici a na kterém bude střížný nástroj instalován je 250 kN. Závěrem je možné s jistotou říci, že prostřížení šesti drážek třemi střížníky nebude pro hydraulický lis problém u žádné z těchto variant. Při vyšší bezpečnost bude brána v úvahu varianta s vyššími hodnotami, tedy VARIANTA 1.

VÝPOČET STŘIŽNÉ VŮLE

- K výpočtu je použit vzorec (2.1) podkapitoly 2.2.

$$m = \frac{v}{2} = c \cdot s \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_s} = 0,01 \cdot 1 \cdot 0,32 \cdot \sqrt{480} = \underline{\underline{0,08 \text{ mm}}}$$

Kde: τ_s [MPa] – střížný odpor $0,8 \cdot R_m$, ($R_m = 600$ MPa pro ocel 17240),

c [-] – koeficient závislý na druhu stříhaného materiálu (zvolen 0,01).

VÝPOČET STÍRACÍ SÍLY

- Výpočet stírací síly je nutné použít v okamžiku, kdy odpad při stříhání není samovolně neoddělen od nástroje (střížníku).

$$F_{ST} = c_1 \cdot F_{SC} \text{ [N]}, \quad (4.17)$$

Kde: F_{ST} [N] – stírací síla,

c_1 [-] – součinitel stírání,

(viz. tab. 9 zvoleno $c_1=0,12$)

$$F_{ST} = c_1 \cdot F_S = 0,12 \cdot 36278,28 = \underline{\underline{4353,39 \text{ N}}}$$

Tab. 9 Hodnoty koeficientu [21]

Druh materiálu a jeho tloušťka	c_1
Ocel do: 1 mm	0,02-0,12
1-5 mm	0,06-0,16
nad 5 mm	0,06-0,07

KONTROLA STŘIŽNÍKU NA OTLAČENÍ

• Nutné použití kalené opěrné vložky mezi kotevní deskou a upínací deskou je závislé na výpočtu kontroly střížníku na otláčení. Pokud bude při výpočtu překročeno dovolené napětí (cca 180 MPa), je nutné kalenou opěrnou vložku použít. Pokud vypočítané napětí bude menší než hodnota dovoleného napětí, není nutné vložku použít.

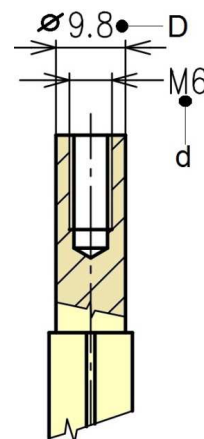
$$\sigma_{TL} = \frac{F_{STR}}{S} \leq \sigma_{DOV} \text{ [MPa]}, \quad (4.18)$$

kde: S [mm²] – plocha průřezu střížníku,
 σ_{TL} [MPa] – namáhání v tlaku,
 σ_{DOV} [MPa] – dovolené namáhání (180 MPa),
 F_{STR} [N] – střížná síla pro jeden střížník.

• Výpočet koncové plochy průřezu střížníku viz obr. 4.6

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \text{ [mm}^2\text{]} \rightarrow S = \frac{\pi \cdot 9,8^2}{4} - \frac{\pi \cdot 6,4^2}{4} = \underline{\underline{43,26 \text{ mm}^2}}$$

$$F_{STR} = F_{CVSTR} + F_{CVKONC} \text{ [N]} \\ F_{STR} = 9811,8 + 2280,96 = \underline{\underline{12092,76 \text{ N}}}$$



Obr. 4.6 Plocha střížníku na otláčení

• Výpočet kontroly střížníku na otláčení

$$\sigma_{TL} = \frac{F_{S1}}{S} \leq \sigma_{DOV} \text{ [MPa]} \rightarrow \sigma_{TL} = \frac{12092,76}{43,26} = \underline{\underline{279,54 \text{ MPa}}}$$

✗ Podmínka $\sigma_{TL} \leq \sigma_{DOV} \rightarrow 279,54 \geq 180 \text{ MPa}$

✓ Dovolené napětí 180 MPa na otláčení střížníku bylo překročeno, proto při konstrukci střížného nástroje je nutné počítat s kalenou opěrnou vložkou mezi kotevní a upínací deskou, která zabrání tomu, aby střížník byl při stříhání vtlačen do upínací desky.

KONTROLA STŘIŽNÍKU NA VZPĚR

• Nezbytnou součástí pro konstrukci nástroje je i výpočet střížníku na vzpěr. Pro tento výpočet se bere střížník s nejmenším průřezem. Výpočtem lze zjistit kritická délka, která při konstrukci střížníku nesmí být překročena. Pokud by délka střížníku byla větší než je vypočítaná kritická délka, mohlo by dojít k vybočení střížníku z osy, což by způsobilo destrukci střížníku. Pro výpočet kritické délky se uvažuje střížník na jednom konci vetknutý a na druhém volný. Výpočet kritické délky střížníku je uveden ve vztahu (4.19).

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{n_1 \cdot F_{STR}}} \text{ [mm]} \quad (4.19)$$

kde: l_{krit} [mm] – kritická délka,
 E [MPa] – modul pružnosti v tahu, tlaku,
 I [mm⁴] – moment setrvačnosti v průřezu (210 000 MPa),
 n_1 [-] – koeficient bezpečnosti (1,5 ÷ 2),
 F_{STR} [N] – střížná síla pro jeden střížník.

- Výpočet momentu setrvačnosti pro kruhový průřez

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} [\text{mm}^4] \rightarrow I = \frac{\pi \cdot 9,8^2}{64} = \underline{\underline{452,77 \text{ mm}^4}}$$

- Pro připomenutí hodnota střížné síly z výpočtu pro VARIANTU 1

$$F_{\text{STŘ}} = F_{\text{CV}_{\text{STŘ}}} + F_{\text{CV}_{\text{KONC}}} [\text{N}]$$

$$F_{\text{STŘ}} = 9811,8 + 2280,96 = \underline{\underline{12\,092,76 \text{ N}}}$$

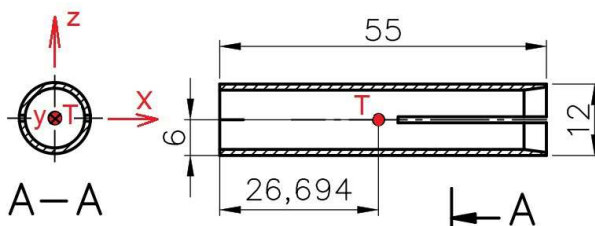
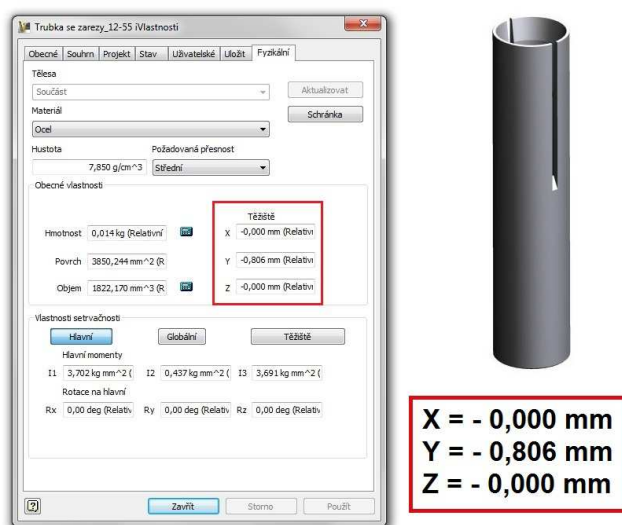
- Výpočet kritické délky střížníku

$$l_{\text{krit}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{n \cdot F_{\text{STŘ}}}} [\text{mm}] \rightarrow l_{\text{krit}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 452,77}{1,75 \cdot 12\,092,76}} = \underline{\underline{297,81 \text{ mm}}}$$

✓ Kritická délka střížníku nebyla překročena, protože skutečná délka střížníku je rovna vzdálenosti střížného řezu po místo vetknutí a to je 64 mm. Kontrola na vzpěr tedy vyhovuje.

TĚŽIŠTĚ STŘIŽNÝCH SIL

- Pro výpočet těžiště celkové výsledné síly nebylo nutné provádět výpočet, jak tomu obvykle bývá zapotřebí. Vzhledem k tomu, že plášť kotvy má kruhový průřez, je tedy zřejmé že těžiště bude působit na jeho ose (y) viz obr. 4.7. Zbytek souřadnic byl pro trubku délky 55 mm a průměru 12 mm vygenerován programem Inventor Professional 2012. Pro ostatní délky a průměry plášťů kotev se bude měnit pouze hodnota osy (y). Osa (x) a (z) bude nulová.



Obr. 4.7 Těžiště pláště kotvy délky 55 mm a průměru 12 mm

4.5 Volba stroje [14]

Výroba pláště kotvy bude realizována na nově zkonstruovaném jednoúčelovém střížném nástroji, který bude instalován na hydraulickém lisu CUPS 25 D viz obr. 4.8. Jeho technické parametry viz tab. 10 a rozměry lisu viz obr. 4.9. Tento lis má výrobce k dispozici, čímž odpadají vysoké pořizovací náklady na stroj. Předností tohoto univerzálního hydraulického lisu jsou jeho malé rozměry, jednoduchá obsluha a nízké náklady na spotřebu energie. Díky širokému, univerzálnímu použití je možné na něm realizovat typické práce jako je: lisování, děrování, ohraňování, stříhání, tažení, ražení a montážní práce. Nástroj je vždy upnutý na stolní desku do tzv. T-drážek a do beranu lisu.



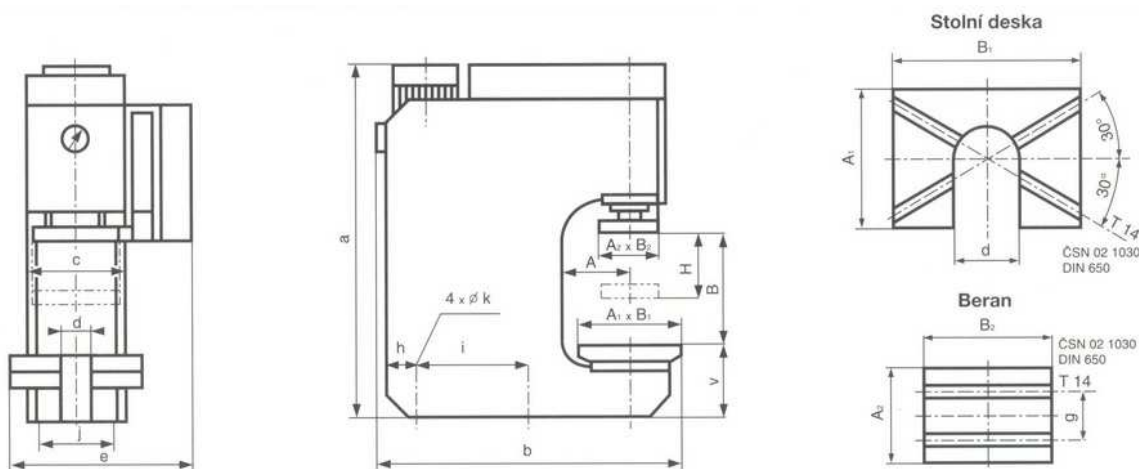
Obr. 4.8 Lis CUPS 25 D [14]

Základní charakteristika lisu

- Bezpečnost, vysoká tuhost a přesnost.
- Nejčastější využití mají v autoopravnách, řemeslných dílnách apod.
- Široká možnost nastavení technologických parametrů.
- Určení pro hromadnou a sériovou výrobu.
- Vysoká bezpečnost práce.
- Snadná obsluha.

Tab. 10 Technické parametry lisu CUPS 25 D [14]

Jmenovitá síla	kN	250	Jmenovitý tlak	MPa	20
Výkon	kW	5,5	Pojišťovací tlak	MPa	21
Rychlost beranu	↓ mm/s	25/16/9	Výška - a	mm	1350
	↑ mm/s	40/26/14	Hloubka - b	mm	1280
	↕ mm/s	85/55/30	Šířka stojanu - c	mm	380
Rozevření - B	mm	400	Propad ve stole - d	mm	120
Zdvih beranu max. - H	mm	250	Šířka lisu - e	mm	760
Vyložení - A	mm	250	Výška stolu - v	mm	260
Stolní deska - A ₁ x B ₁	mm	400 x 500	Hmotnost	mm	940
Beran - A ₂ x B ₂	mm	250 x 350	Objem nádrže	dm ³	85



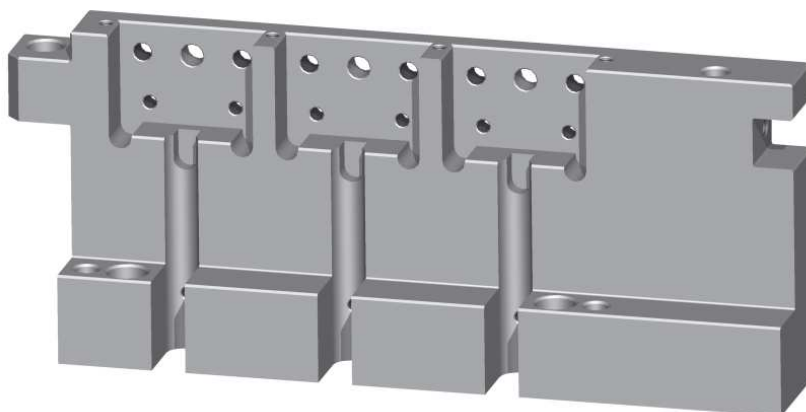
Obr. 4.9 Rozměry lisu CUPS 25 D [14]

4.6 Popis nově navrženého střížného nástroje

Nástroj je navržen pro výrobu vždy dvou drážek po 180° šířky 1,2 mm a délky 25 mm současně do tří plášťů kotev v jedné operaci. Sestava nástroje je tvořena spodní nepohyblivou částí, do které se zakládají pláště kotev určené k prostřížení drážek. Její součástí jsou hlavní a pomocné střížnice. Proti spodní části je prostřednictvím sloupků a pouzder vedena horní vertikálně pohyblivá část nástroje nesoucí střížníky.

- Spodní část nástroje

Spodní část nástroje je vystavěna na základové desce, která je navržena z konstrukční oceli 11 523. Základová deska s ostatními díly nástroje se na stůl hydraulického lisu upíná prostřednictvím upínek, podkládacích hranolů a šroubů s T-maticemi, zasunutými do T-drážek ve stolu lisu. K základové desce je přišroubováno těleso střížnic viz obr. 4.10.



Obr. 4.10 Těleso střížnic

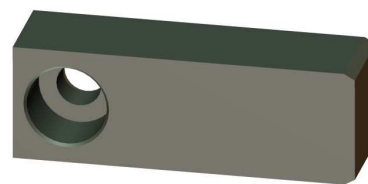
Pro neměnnost jeho polohy vůči základové desce jsou navrženy dva kolíky. V tělese střížnic jsou navržena vybrání a závitové otvory pro uložení a uchycení jednoho dílu hlavní střížnice a dvou pomocných střížnic pro každý ze tří plášťů kotev v nástroji. Součástí tělesa střížnice jsou tři drážky s půlkruhovým dnem pro uložení podpěr plášťů kotev, vnitřní třmen pro závěs příklopné desky s dírou pro čep a drážka pro středící hranol příklopné desky. Pro vložení plášťů kotev do nástroje a jejich vyjmutí z nástroje je navržena příklopná deska. Na jednom konci příklopné desky viz obr. 4.11 je navržen závěs, který tvoří dva vnější třmeny s dírou pro čep.



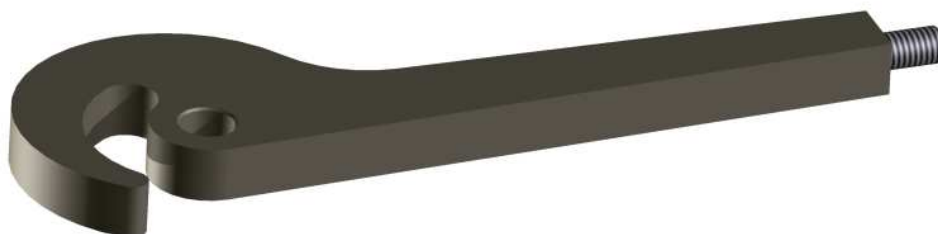
Obr. 4.11 Příklopná deska

Prostřednictvím tohoto závěsu, vnitřního třmenu pro závěs na tělese střížnic a čepu s podložkou a závlačkou je příklopná deska otočně uložena na tělese střížnic. Podobně jako u tělesa střížnic jsou v příklopné desce navržena vybrání a závitové otvory pro uložení a uchycení druhého dílu hlavní střížnice pro každý ze tří plášťů kotev v nástroji.

Na protilehlém konci vůči závěsu je na příklopné desce navržena drážka pro středící hranol viz obr. 4.12, který je přišroubován k tělesu střižnic. V uzavřené poloze, tj. v poloze, kdy příklopná deska doléhá k tělesu střižnic, je středícím hranolem výškově fixována poloha tohoto konce příklopné desky. K uchopení příklopné desky obsluhou při jejím otevírání, je tato část vybavena rukojetí s koulí z tvrzeného plastu. Pro přimknutí příklopné desky k tělesu střižnic v uzavřené poloze je navržena vačka viz obr. 4.13 s pákou, která je prostřednictvím šroubu otočně uložena na horní ploše příklopné desky. V uzavřené poloze přitáhne tato vačka příklopnou desku k tělesu střižnic prostřednictvím kolíku uloženého v díře v horní části tělesa střižnic. Pro ovládání vačky obsluhou je konec její páky rovněž opatřen koulí z tvrzeného plastu. Těleso střižnic a příklopná deska jsou navrženy z konstrukční oceli 11 523, vačka z nástrojové oceli 19 312, kalené a popuštěné na 52 HRC, čep závěsu příklopné desky a šroub vačky z oceli 14 220, cementované, kalené a popuštěné.

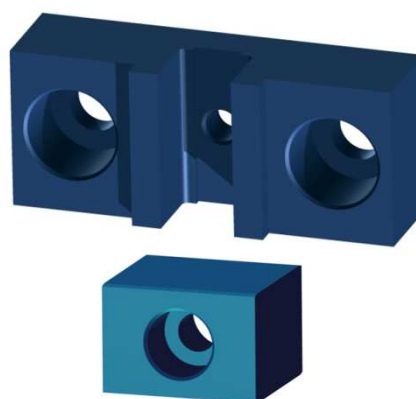


Obr. 4.12 Středící hranol



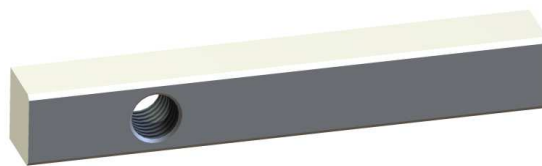
Obr. 4.13 Vačka

Hlavní střižnice pro prostřížení podélných stěn dvou drážek pro každý plášť kotvy je dvoudílná. Oba díly střižnice jsou tvarově a rozměrově stejné a jejich rozměry odpovídají vnějšímu průměru pláště kotvy, pro který jsou určeny, tj. buď 12 mm nebo 14 mm. Jeden díl hlavní střižnice je pro každý plášť kotvy přišroubován k tělesu střižnic a druhý díl hlavní střižnice je přišroubován k příklopné desce. Vzdálenost mezi střižnými hranami obou protilehlých dílů hlavní střižnice při příklopné desce v uzavřené poloze je dána součtem střižná vůle + šířka drážky + střižná vůle, tj. $0,08 + 1,2 + 0,08 = 1,36$ mm. Pro každý plášť kotvy jsou k tělesu střižnic pod hlavními střižnicemi navrženy dvě střižnice pomocné pro vytvoření vrubů na spodních koncích odstřiženého materiálu. Pomocné střižnice jsou navrženy jako souměrné vůči více rovinám a jejich rozměry opět odpovídají vnějšímu průměru pláště kotvy, pro který jsou určeny. Pomocné střižnice je možné k tělesu střižnic přišroubovat tak, že je možné měnit střižné hrany v pracovní poloze. Na každé pomocné střižnici pro plášť o průměru 12 mm je do úplného otupení možno využít 8 střižných hran a na každé pomocné střižnici pro plášť o průměru 14 mm je do úplného otupení možno využít 4 střižné hrany. Hlavní i pomocné střižnice viz obr. 4.14 jsou navrženy z nástrojové oceli 19 733 zakalené a popuštěné na tvrdost 60 HRC.



Obr. 4.14 Hlavní a pomocná střižnice

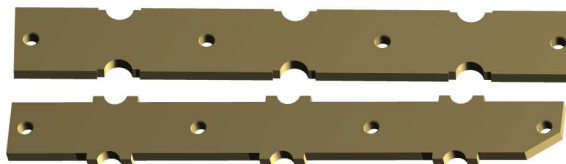
Pro vystředění plášťů kotev vůči hlavním střižnicím jsou určeny středící vložky viz obr. 4.15 z nástrojové oceli 19 312 zakalené a popuštěné na tvrdost 50 HRC po jedné ke každému dílu hlavní střižnice. Rozměry středících vložek odpovídají vnějšímu průměru pláště kotvy, pro který jsou určeny tak, aby vzdálenost mezi činnými plochami protilehlých dílů středících vložek při příklopné desce v uzavřené poloze byla dána součtem průměr pláště kotvy + celková vůle 0,4 mm. Pláště kotev se do spodní části nástroje ukládají se svislou osou na podpěry viz obr. 4.16 válcovitého tvaru uložené a přišroubované v drážkách tělesa střižnic půlkruhovým dnem. Podpěry z nástrojové oceli 19 421 zakalené a popuštěné na tvrdost 52 HRC jsou navrženy jako výměnné se třemi základními délkami, které odpovídají délkám plášťů kotev 55, 80 a 140 mm. Podpěry jedné délky se využívají pro pláště odpovídající délky obou průměrů. Při prostřihování drážek přenášejí podpěry vertikální složky střižných sil do základové desky přes podložky z nástrojové oceli 19 312 zakalené a popuštěné na tvrdost 58 HRC, které jsou uloženy ve slepých otvorech v základové desce. Tyto podložky brání vtlačování podpěr do základové desky. Pro zadržení plášťů kotev ve spodní části nástroje při vytahování střižníku po prostřihání drážek směrem nahoru jsou navrženy stěrače viz obr. 4.17 přišroubované na horních plochách tělesa střižnic a příklopné desky. Na delších hranách stěračů jsou provedena tvarová vybrání kopírující s vůlí 0,2 mm poloviny průřezů pracovních částí střižníků. Na jedné delší hraně každého stěrače jsou tři vybrání pro střižníky pro pláště kotev průměr 12 mm a na druhé delší hraně každého stěrače jsou tři vybrání pro střižníky pro pláště kotev průměr 14 mm. Oba stěrače se namontují tak, aby tvarová vybrání v pracovní poloze ke střižníkům odpovídala aktuálně osazeným střižníkům. Stěrače jsou navrženy z nástrojové oceli 19 312 zakalené a popuštěné na tvrdost 58 HRC.



Obr. 4.15 Středící vložka

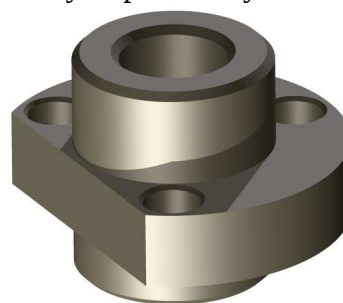


Obr. 4.16 Podpěra



Obr. 4.17 Stěrače

Pro přesné vedení střižníků v horní pohyblivé části nástroje vůči střižnicím ve spodní části nástroje jsou na základní desce upevněny prostřednictvím přírub viz obr. 4.18 dva vodící sloupky o průměru 28 mm. V dírách přírub jsou vodící sloupky uloženy s uložením s přesahem H7/r6, příruby jsou v dírách základové desky uloženy s přechodným uložením H7/k6 a jsou k základové desce přišroubovány. Pro sloupky je navržena nástrojová ocel 19 312 zakalená a popuštěná na tvrdost 56 HRC, pro příruby je navržena konstrukční ocel 11 500. Za účelem vymezení nejnižší polohy horní části nástroje vůči části spodní a zejména pak k zabránění dotyku stříhacích břitů střižníků a střižných hran pomocných střižnic ve spodní úvratí zdvihu horní části nástroje je k základové desce mezi vodícími sloupky přišroubován výškový doraz.



Obr. 4.18 Příruba

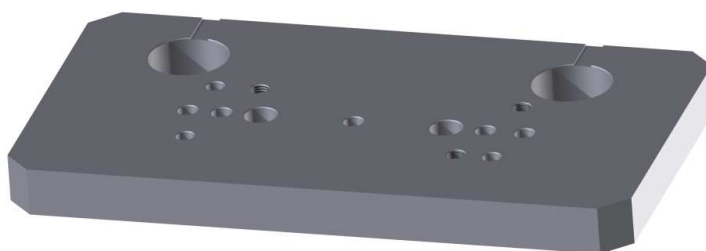
Na tento doraz viz obr. 4.19 shora dosedá upínací deska horní části nástroje v dolní úvrati vertikálního zdvihu. Doraz je navržen z konstrukční oceli 11 110. Po sestavení celého nástroje bude jeho funkční délka upravena tak, aby mezi střížnými hranami pomocných střížnic a stříhacími břity střížníků v dolní úvrati jejich zdvihu zůstávala minimální mezera 0,5 mm.



Obr. 4.19 Výškový doraz

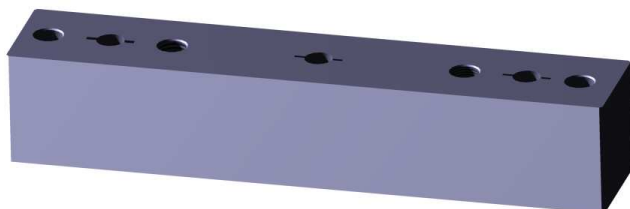
- Horní část nástroje

Základem horní části nástroje je upínací deska viz obr. 4.20, která je navržena z konstrukční oceli 11 523. Do příslušných děr v upínací desce jsou s uložením s přesahem H7/r6 osazena pouzdra pro vedení horní části nástroje po vodících sloupcích spodní části nástroje. Pro díry pouzder a odpovídající části vodících sloupeků je navrženo uložení



Obr. 4.20 Upínací deska

H7/h6. Pouzdra viz obr. 4. 21 jsou navržena z nástrojové oceli 19312 zakalené a popuštěné na tvrdost 52 HRC. Pro případ, že by upínací deska svoji horní plochou těsně doléhala na beranu lisu jsou v horní ploše upínací desky od jejího okraje k díram pro pouzdra provedeny drážky pro odvědušnění. Tyto drážky lze rovněž využít pro vstříknutí mazacího oleje do děr pouzder nad vodící sloupky. Ze spodní strany je k upínací desce přišroubována kotevní deska viz obr. 4.22 z konstrukční oceli 11 523 s tvarovými otvory pro uložení tří střížníků. Tyto tvarové otvory umožňují uložení střížníků pro pláště kotev průměru 12 mm i 14 mm. Mezi kotevní a upínací desku je vložena opěrná vložka z nástrojové oceli 19312 zakalená a popuštěná na tvrdost 58 HRC. Na opěrnou vložku dosedají čela střížníků, přes které jsou na vložku přenášeny vertikální složky střížných sil. Pro neměnnost vzájemné polohy kotevní desky a opěrné vložky vůči upínací desce jsou navrženy dva kolíky.



Obr. 4.22 Kotevní deska



Obr. 4.21 Pouzdro

Střížníky jsou navrženy z nástrojové oceli 19 733 zakalené a popuštěné na tvrdost 60 HRC. Dva tvary průřezů střížníků jsou navrženy pro výrobu na drátové řezačce a odpovídají dvěma druhům průřezů plášťů kotev. Pracovní část střížníku je tvořena tělem kruhového průřezu, ze kterého vystupují po 180° dva stříhací nože o šířce odpovídající nominální šířce prostřihované drážky, tj. 1,2 mm. Vlastní prostřihování drážek do plášťů kotev je realizováno stříhacími břity na počátcích stříhacích nožů, které jsou navrženy s úhlem 20° k ose střížníku. Kruhový průřez těla střížníku je navržen s celkovou vůlí 0,2 mm vzhledem k příslušnému nominálnímu vnitřnímu průměru pláště kotvy. Na počátku těla střížníku, 9 mm před stříhacími břity je na kruhovém těle proveden náběh pod úhlem 20° vzhledem k ose střížníku a zaoblení hrany na čele pro navedení střížníku do vnitřního průměru pláště kotvy.



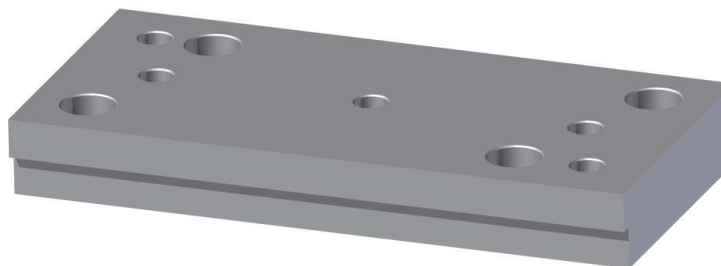
Obr. 4.23 Střížník Ø 12 mm

Polotovarem pro výrobu plášťů kotev jsou podélně svařované trubky, u kterých může svar na vnitřním povrchu trubky mírně cca do 0,3 mm vystupovat do jejího vnitřního průměru. Z tohoto důvodu je v poloze 90° vůči stříhacím nožům provedeno na válcovém těle pracovní části střížníku odlehčení ploškou o 0,7 mm vůči průměru kruhového průřezu těla střížníku. Při zakládání plášťů kotev do nástroje je třeba dbát na to, aby podélný svar na plášti kotvy byl přibližně orientován do osy odlehčení na těle střížníku. Tato orientace současně zabezpečí to, že drážky nebudou do pláště kotvy prostřihovány v místě jeho podélného svaru. K uložení střížníku do tvarového otvoru v kotevní desce je učená jeho druhá koncová, upínací část. U střížníků viz obr. 4.23 pro pláště kotev průměr 12 mm je průřez této části mimo odlehčovací plošku stejný



Obr. 4.24 Střížník Ø 14 mm

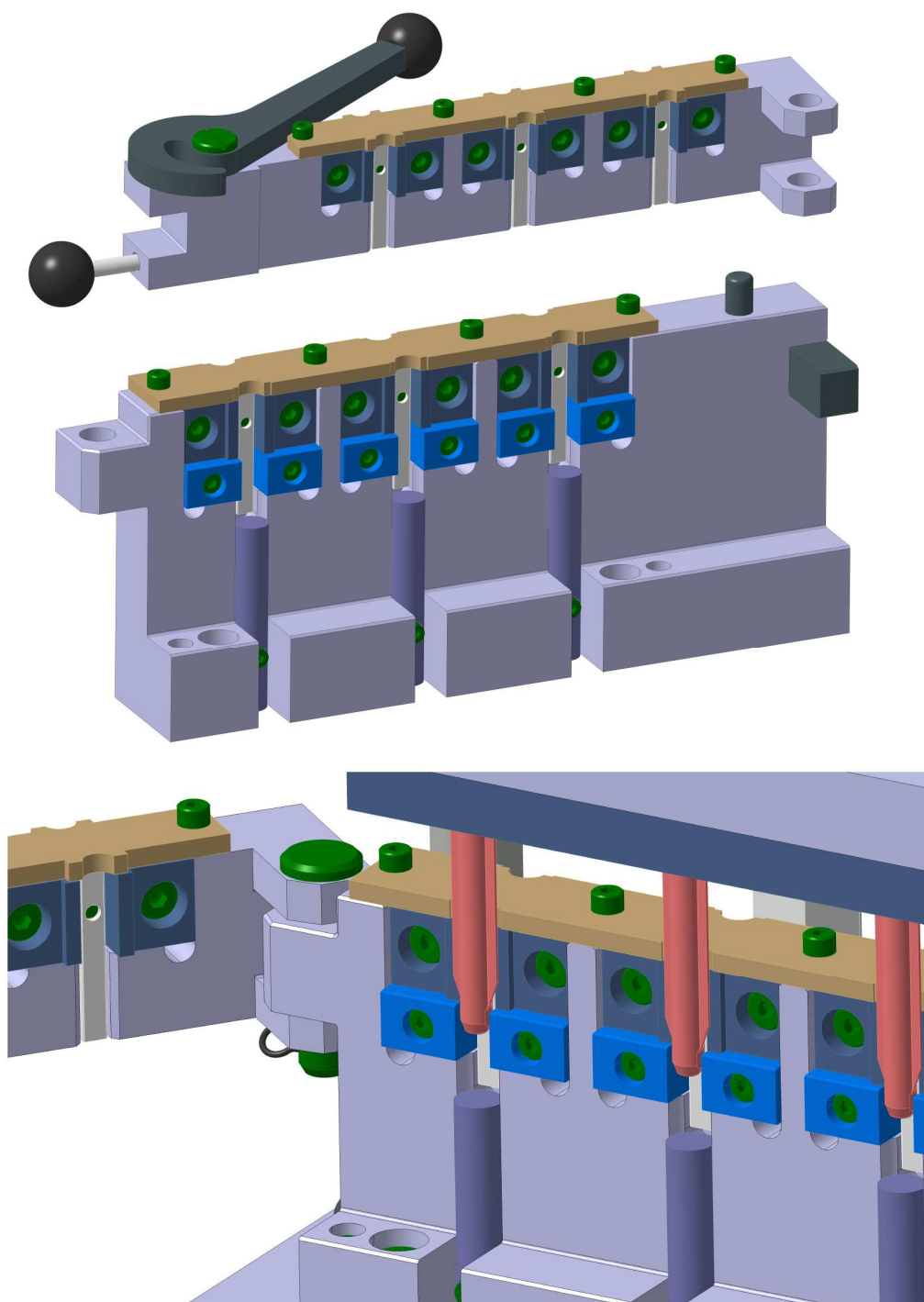
jako u pracovní části střížníku. U střížníků, pro pláště kotev průměr 14 mm viz obr. 4.24 je tomu stejně pouze s tím, že v délce 28 mm od čela střížníku je provedeno obrobení na průměr 9,8 mm, aby bylo možno do stejných otvorů v kotevní desce montovat střížníky pro oba druhy průměrů plášťů kotev. V kotevní desce jsou střížníky drženy prostřednictvím šroubů M6, které prochází upínací deskou a opěrnou vložkou a jsou zašroubovány do závitového otvoru v ose upínací části střížníku s tím, že střížník je nasunut do tvarového otvoru v kotevní desce a čelo upínací části střížníku dosedá na opěrnou vložku. Pootočení střížníku v kotevní desce brání nože střížníku, které přecházejí z části pracovní do části upínací a zapadají do příslušných drážek tvarového otvoru pro střížník v kotevní desce. K upnutí horní části nástroje k beranu hydraulického lisu je navržena upínací lišta viz obr. 4.25 z konstrukční oceli 11 523, která je přišroubována k horní ploše upínací desky. Její poloha je zajištěna dvěma kolíky. V upínací liště jsou navrženy tři otvory pro průchod hlav šroubů M6 s vnitřním šestihranem, které jsou určeny k držení střížníků. Toto umožní provést výměnu střížníků bez nutnosti upínací lištu demontovat. Tvar upínací lišty je navržen tak, aby odpovídal univerzálnímu upínací na beranu hydraulického lisu, který výrobce plášťů kotev používá.



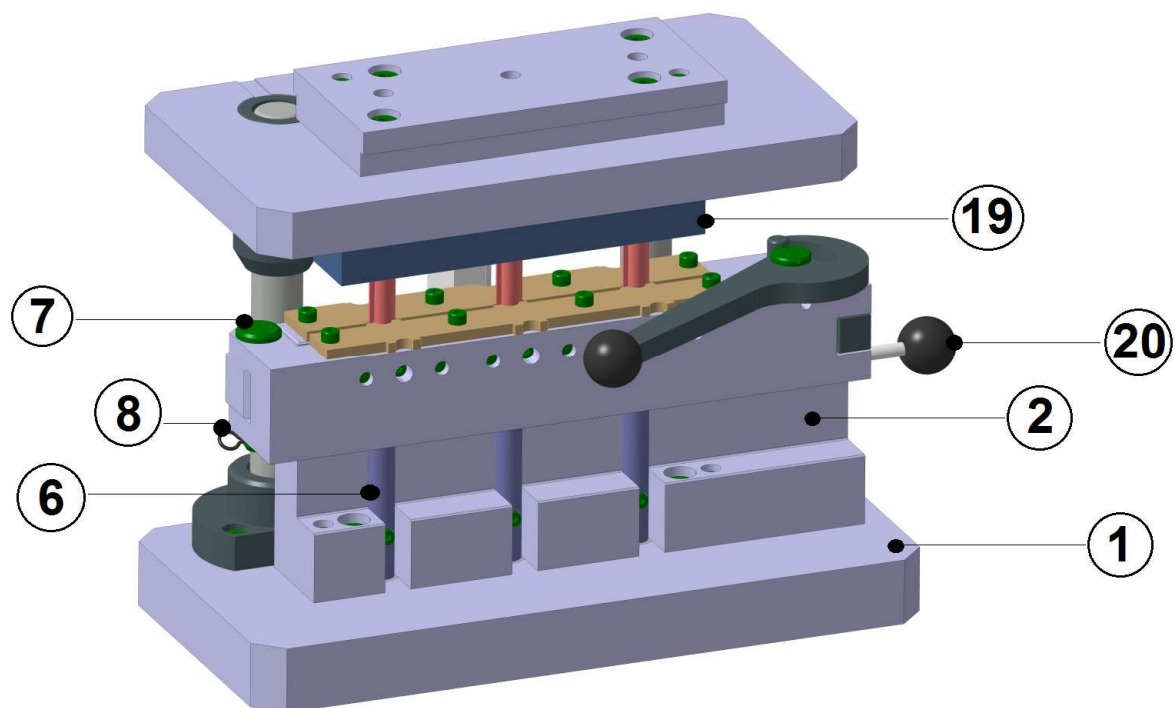
Obr. 4.25 Upínací lišta

4.7 3D Sestava nově navrženého střížného nástroje

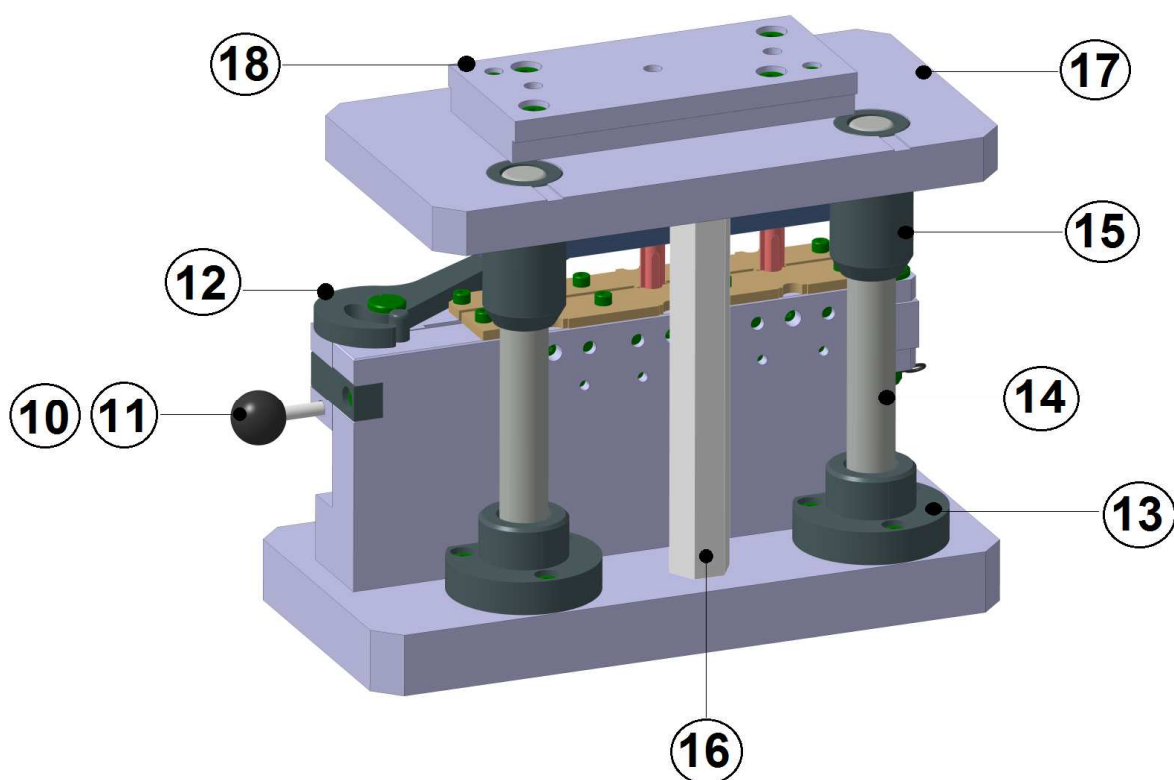
Od strany 51 do strany 53 jsou ukázky sestavy střížného nástroje na stříhání drážek do plášťů kotev. Na obrázku 4.26 je zobrazen detailní pohled na příklopnou desku a těleso střížnic. Na obrázku 4.27 je uvedena sestava střížného nástroje v přední uzavřené poloze. Pohled na střížný nástroj v zadní uzavřené poloze je patrný z obrázku 4.28. V přední otevřené poloze je střížný nástroj uveden na obrázku 4.29. Všechny tři výše zmíněné polohy střížného nástroje obsahují číselné pozice, jejichž význam uvádí tabulka 11. Model sestavy byl proveden ve výukové verzi programu Inventor Professional 2014 společnosti Autodesk.



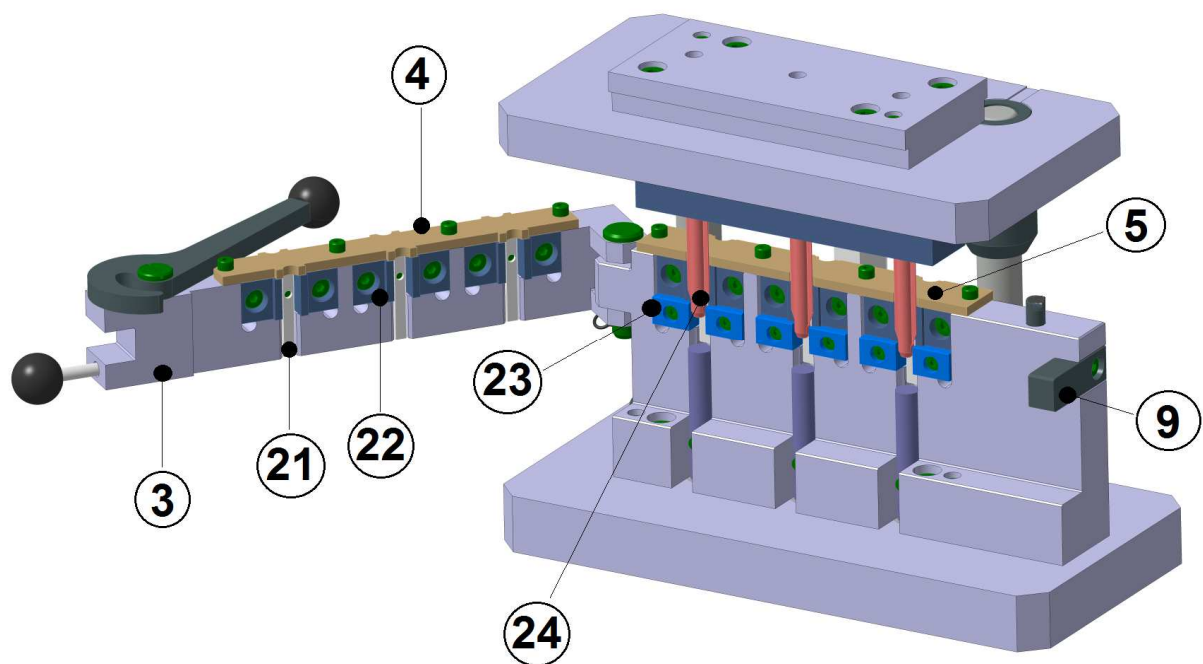
Obr. 4.26 Detailní obrázky střížného nástroje



Obr. 4.27 Střižný nástroj (v přední uzavřené poloze)



Obr. 4.28 Střižný nástroj (v zadní uzavřené poloze)



Obr. 4.29 Střižný nástroj (v přední otevřené poloze)

Tab. 11 Určení pozic střižného nástroje

1	Základová deska	13	Příruba
2	Těleso střižnic	14	Sloupek
3	Příklopná deska	15	Pouzdro
4	Stěrač	16	Výškový doraz
5	Stěrač	17	Upínací deska
6	Podpěra	18	Lišta upínací
7	Čep	19	Kotevní deska
8	Závlačka	20	Koule
9	Středící hranol	21	Středící vložka
10	Koule	22	Střižnice hlavní
11	Rukojeť	23	Střižnice pomocná
12	Vačka	24	Střižník

5 TECHNICKO - EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Na základě provedených technologických výpočtů, při návrhu střížného nástroje byl zvolen jako tvářecí stroj hydraulický lis CUPS 25 D. Tento lis má výrobce k dispozici nejen pro výrobu drážek do plášťů kotev, ale také k výrobě ostatních komponentů, které jsou součástí provzdušňovacího systému. Výrobce je také vybaven pásovou pilou PILOUS ARG 250, hrotovým soustruhem INTOS S32/750, stolní elektrickou vrtačkou SVA 16 a mycím stolem IBS typu M. Více informací o uvedených strojích jsou uvedeny v přílohách, které jsou součástí diplomové práce. Z výše uvedeného vyplývá, že jedinou investicí bude pořízení jednoúčelového střížného nástroje.

Nejpodstatnějšími ukazateli technicko-ekonomického zhodnocení jsou mzdové náklady, náklady na energii, náklady na nástroj pro současný a nový způsob výroby, náklady na výrobu drážek do jednoho pláště kotvy při současném způsobu výroby, náklady na výrobu drážek do tří plášťů kotev při nově navrženém způsobu výroby. Závěrem je vyhodnocení nákladů.

5.1 Ekonomický rozbor současné a nově navržené výroby

• Náklady na materiál a výrobu plášťů kotev do výroby drážek

Náklady na materiál a výrobu plášťů kotev do stadia výroby drážek se pro současný způsob nově navržený způsob výroby nikterak neliší a nejsou proto při porovnání obou způsobů výroby uváděny.

• Mzdové náklady

Mzdové náklady u výrobce těsnící lišty včetně výrobní a správní režie bez elektrické energie pro výrobu, přepočtené na 1 hodinu práce ve výrobě jsou v současnosti 330 Kč/hod = 5,50 Kč/min

• Náklady na elektrickou energii

Pásová pila Pilous ARG 130

- příkon elektromotoru pásové pily je 0,6 kW
- za 1 hodinu práce je spotřeba el. energie 0,6 kWh
- při ceně 5,34 Kč/kWh je náklad na el. energii $0,6 \times 5,34 = 3,2$ Kč/hod = 0,06 Kč/min

Hydraulický lis CUPS 25D

- příkon elektromotoru hydraulického lisu je 6,4 kW
- za 1 hodinu práce je spotřeba el. energie 6,4 kWh
- při ceně 5,34 Kč/kWh je náklad na el. energii $6,4 \times 5,34 = 34,18$ Kč/hod = 0,57 Kč/min

Náklady na el. energii pro osvětlení výrobních prostor jsou pro potřeby tohoto porovnání zanedbány.

• Náklady na nástroje pro současný způsob výroby

Vzhledem k tomu, že současná výroba drážek do plášťů kotev se provádí na pásové pile, která se blíží ke konci doby předpokládané životnosti, nejsou náklady na tento stroj započítány. Započítány nejsou rovněž náklady na přípravky pro řezání na pásové pile a pro odjehlení vzhledem k jejich opotřebovanosti a velmi nízké pořizovací ceně.

Pilový pás k pásové pile 380,- Kč

- ověřená životnost 1 500 drážek (na 1 plášti kotvy se řezou 2 drážky)
- náklad na pilový pás na výrobu 1 drážky do 1 pláště kotvy $380 / 1500 = 0,25$ Kč

Náklady na nástroje na výrobu 1 drážky do 1 pláště kotvy celkem 0,25 Kč
Náklady na nástroje na výrobu 2 drážek do 1 pláště kotvy celkem $2 \times 0,25 = 0,50$ Kč

• **Náklady na nástroje pro nově navržený způsob výroby**

Cena nástroje, střižníků a střižnic byla stanovena na základě výkresové dokumentace k nástroji, jako nabídková cena nástrojárny, se kterou výrobce plášťů kotev dlouhodobě spolupracuje.

Nástroj pro výrobu po 2 drážkách současně do 3 plášťů kotev bez střižníků a střižnic 63 000 Kč

- předpokládaná životnost nástroje mimo střižníků a střižnic 150 000 stříhacích operací (v každé operaci se vyrobí drážky do 3 plášťů kotev)
- náklad na nástroj na výrobu drážek do 3 plášťů kotev $63\,000 / 150\,000 = 0,42$ Kč

Sada 1x střižník, 2x hlavní střižnice, 2x pomocná střižnice pro výrobu 2 drážek do 1 pláště kotvy 6 000,- Kč. Pro 3 sady $3 \times 6\,000 = 18\,000$ Kč.

- předpokládaná životnost každé sady 10 000 stříhacích operací
- náklad na střižník a střižnice na výrobu drážek do 3 plášťů kotev $18\,000 / 10\,000 = 1,80$ Kč

Náklady na nástroje pro výrobu drážek do 3 plášťů kotev celkem $0,42 + 1,80 = 2,22$ Kč

• **Náklady na výrobu drážek do 1 pláště kotvy při současném způsobu výroby**

Operace (Kč)	T (min)	M (Kč)	E _e (Kč)	N (Kč)	Celk.
Upnutí do přípravku pro řezání	0,20	1,10	0	0	1,10
Prořezání 1. drážky	0,30	1,65	0,02	0,25	1,92
Otočení o 180° v přípravku	0,40	2,20	0	0	2,20
Prořezání 2. drážky	0,30	1,65	0,02	0,25	1,92
Vyjmutí z přípravku pro řezání	0,20	1,10	0	0	1,10
Upnutí do přípravku pro odjehlení	0,20	1,10	0	0	1,10
Ruční odjehlení všech hran drážek	1,30	7,15	0	0	7,15
Vyjmutí z přípravku pro odjehlení	0,20	1,10	0	0	1,10
Odmaštění a odstranění špón	0,20	1,10	0	0	1,10
Náklady na výrobu drážek do 1 pláště celkem (Kč)					<u>18,69</u>

kde: T [min] - doba trvání operace,

M [Kč] - mzdový náklad v Kč ($T \times 5,50$),

E_e [Kč] - náklad na el. energii v Kč ($T \times 0,06$ pro pásovou pilu),

N [Kč] - náklady na nástroje pro výrobu 1 drážky do 1 pláště kotvy v Kč,
(0,25 pro pilový pás).

• **Náklady na současnou výrobu drážek do 3 plášťů kotev při nově navrženém způsobu výroby a přepočet na 1 plášť**

Operace (Kč)	T (min)	M (Kč)	E _e (Kč)	N (Kč)	Celk.
Označení poloh podélných svarů na pláštích	0,40	2,20	0	0	2,20
Namazání olejem pro stříhání a založení plášťů do nástroje	0,60	3,30	0	0	3,30
Prostřížení drážek na hydr. lise	0,20	1,10	0,12	2,22	3,44
Vyjmutí plášťů z nástroje a odlomení prostříženého materiálu	0,90	4,95	0	0	4,95
Odjehlení hran drážek na vnějším průměru pláště kotvy	0,90	4,95	0	0	4,95
Odmaštění	0,30	1,65	0	0	1,65
Náklady na výrobu drážek do 3 plášťů celkem (Kč)					20,49
Náklady na výrobu drážek do 1 pláště celkem tj. 15,54 / 3 (Kč)					<u>6,83</u>

kde: T [min] - doba trvání operace,
M [Kč] - mzdový náklad v Kč (T x 5,50),
E_e [Kč] - náklad na el. energii v Kč (T x 0,57 pro hydraulický lis),
N [Kč] - náklady na nástroje pro výrobu drážek do 3 plášťů kotev v Kč, (2,22 pro nástroj, střížník a střížnice).

• **Vyhodnocení nákladů**

Náklady na výrobu drážek do 1 pláště při současném způsobu výroby	18,69 Kč
Náklady na výrobu drážek do 1 pláště při nově navrženém způsobu výroby	6,83 Kč
Úspora na 1 kusu pláště při nově navrženém způsobu výroby	<u>11,86 Kč</u>

(Všechny cenové údaje obsažené v této kapitole jsou uvedeny v Kč bez DPH.)

Při použití nově navrženého nástroje na výrobu drážek do plášťů kotev jsou při jednom pracovním zdvihu hydraulického lisu vyrobeny drážky současně do tří kusů plášťů kotev. Zejména díky úspoře pracovního času a s tím spojených mzdových nákladů dochází k úspoře nákladů ve výši 11,86 Kč na výrobě drážek na jednom kusu pláště kotvy oproti současnému způsobu výroby. Při roční produkci 10 000 ks plášťů kotev průměr 12 mm a 8 000 ks plášťů kotev průměr 14 mm, tj. celkem 18 000 ks plášťů kotev bude roční úspora 18 000 x 11,86 = 213 480 Kč. Pro tuto roční produkci bude nutná investice do nového nástroje spolu se šesti sadami střížníků a střížnic ve výši 63 000 + (6 x 6 000) = 99 000 Kč. Jak vyplývá z výše uvedeného, bude tato investice hned v prvním roce používání nového nástroje s přebytkem vrácena.

6 ZÁVĚRY

Cílem práce byl návrh výrobního postupu pro zhotovení dvou drážek po 180° do plášťů kotev, které jsou součástí kompletů kotev do betonu, které používá společnost Aseko s.r.o. ke kotvení provzdušňovacího systému k betonovým konstrukcím nádrží na čistírnách odpadních vod. Plášť kotvy je vyráběn z korozivzdorné oceli 17 240, která vyhovuje požadovaným účelům. Pro výrobu plášťů jsou používány dva vnější průměry 12 mm a 14 mm. Od každého průměru jsou vyráběny tři délky pláště a to 55 mm, 80 mm a 140 mm. Výchozím polotovarem jsou tedy podélně svařované trubky, které jsou nakupovány v rozměrech $\varnothing 12 \times 1-6000$ mm, $\varnothing 14 \times 1-6000$ mm.

Pro novou technologii zhotovování drážek do pláště kotvy byly navrženy čtyři varianty výroby. Z těchto variant byla zvolena nejvýhodnější a investičně nenáročná metoda, která bude schopná v podmínkách výrobního podniku realizovat výrobu dvou drážek do plášťů kotvy. Výroba drážek bude uskutečněna technologií plošného tváření a to stříháním.

Součástí nového návrhu výroby drážek do pláště kotev byl stanoven technologický postup výroby, který popisuje každou prováděnou operaci a udává typ stroje, na kterém se bude prováděná operace uskutečňovat. Dále byly provedeny technologické výpočty, zaměřené zejména na výpočet střížných sil a kontrolní výpočty vybraných částí nástroje. Výpočet střížné síly byl proveden ve dvou variantách. Hodnota střížné síly pro první variantu byla vypočtena 45 347,76 N, pro druhou variantu 23 898,24 N. Z hlediska vyšší bezpečnosti byla brána v úvahu varianta s vyšší hodnotou, tedy první varianta. Na základě technologických propočtů byl navržen a zkonstruován nový střížný nástroj, jehož princip a konstrukce jsou v práci dostatečně popsány, doloženy obrázky modelu a výkresovou dokumentací. Nový střížný nástroj bude instalován na hydraulickém lise CUPS 25 D, který se jmenovitou silou 250 kN vyhovuje. Tento lis má výrobce k dispozici.

Závěrem bylo provedeno technicko-ekonomické zhodnocení, které porovnává náklady současného a nově navrženého výroby. Náklady na výrobu drážek do jednoho kusu pláště kotvy při současném způsobu výroby činí 18,69 Kč a při nově navrženém způsobu výroby 6,83 Kč. Celková úspora nákladů na jednom kusu pláště kotvy novým způsobem výroby je 11,86 Kč. Při roční produkci 18 000 ks plášťů kotev bude roční úspora 213 480,- Kč. Investice do nového střížného nástroje spolu s šesti sadami střížníků a střížnic bude činit 99 000 Kč. Tato investice bude v prvním roce používání nového nástroje s přebytkem vrácena. Nový návrh výroby drážek do plášťů kotev na novém střížném nástroji je ve srovnání se současnou výrobou časově a finančně úspornější.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. BRDECKOVA, Zuzana. *Výroba těsnící lišty pro provzdušňovací systém*. Brno, 2012. 51 s., CD. Vysoké učení technické v Brně, fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.
2. *Portál citace.com* [online]. 2004-2014 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.citace.com/>
3. ASM-Metals Handbook: *Forming and Forging*. Vol.14. USA ASM International, 2004. S.978. ISBN 0-87170-020-4
4. DILLINGER, Josef. *Moderní strojírenství: pro školu a praxi*. Praha: Europa-Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86706-19-1.
5. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: Plošné a objemové tváření*. 4. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
6. Elektrojiskrové obrábění: *Elektrojiskrové řezání*. In: Wikipedia [online]. 2005 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrojiskrov%C3%A9_obr%C3%A1b%C4%9Bn%C3%AD
7. FINDA, Luděk a Roman HALTUF. *Akademie tváření: Stříhání*. MM Průmyslové spektrum [online]. 2010, č. 100616 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-strihani.html>
8. FOREJT, Milan. *Teorie tváření*. 2. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2004. ISBN 80-214-2764-7.
9. FOREJT, Milan a Miroslav PIŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
10. FREMUNT, Přemysl, Jří KREJČÍK a Tomáš PODRÁBSKÝ. *Nástrojové oceli*. Brno: Dům techniky, 1994, 229 s.
11. GAJDOŠ, František. *Technologie tváření kovů*. Ústav strojírenské technologie [online]. VUT Brno, 1996 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/technologie_vyroby_I_tvareni_gajdos.pdf
12. HAMERNÍK, Jan. *Speciální metody obrábění. Anodomechanické obrábění* [online]. 2003 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: http://jhamernik.sweb.cz/Specialni_metody.htm

13. HLUCHÝ, Miroslav, Jan KOLOUCH a Rudolf PAŇÁK. *Strojírenská technologie 2 - 1.díl: Polotovary a jejich technologičnost*. 2. upravené vydání. Praha: Scientia, spol. s.r.o., 2001. ISBN 80-7183-244-8.
14. HŠV stroje, a.s. *Univerzální hydraulické stolní lisy CUPS* [online]. 2011 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.hsvpolicka.cz/univerzalni-hydraulicke-stolni-lisy-cups-xx-deu.aspx>.
15. HUMÁR, Anton. *Technologie I. Ústav strojírenské technologie* [online]. VUT Brno, 2005 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/Dokoncovaci_a_nekonvencni_metody_obrabeni/TI_TO-3.cast.pdf
16. KOTOUČ, Jiří, Jan ŠANOVEC, Jan ČERMÁK a Luděk MÁDLE. *Tvářecí nástroje*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1993, 349 s. ISBN 80-01-01003-1.
17. MAŇAS, Stanislav. *Výrobní stroje a zařízení: Tvářecí stroje*. ČVUT fakulta strojní [online]. ČVUT v Praze, 2006 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12135-VSZ/download/obor_stud/VSZ_-_2351054/VSZ_-_Tvareci_stroje.pdf
18. Materiálové normy. *Novel: Nerezová ocel'* [online]. 2001 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.novel.sk/materialove-normy/>
19. MRŇA, Libor. *Technologie využívající laser. Ústav strojírenské technologie* [online]. VUT Brno, 2013 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/hsv__specialni_metody_svarovani__rezani_laserem_2013__mrna.pdf
20. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1980, 213 s.
21. NOVOTNÝ, Karel. *Nástroje a přípravky: část 1 - tváření*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1985, 179 s.
22. NOVOTNÝ, Karel. *Výrobní stroje a zařízení. Ústav strojírenské technologie* [online]. VUT Brno, 2002 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/vyrobnni_stroje_a_zarizeni__novotny.pdf
23. PETRUŽELKA, Jiří a Richard BŘEZINA. *Úvod do tváření II* [online]. 2001 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Uvod_TV2.pdf
24. ROUBÍČEK, Martin. *Kritéria volby metody a trendy tepelného dělení materiálu. Air Liquide* [online]. 2013 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.airliquide.cz/file/otherelement/pj/roubicek49122.pdf>

25. ŘASA, Jaroslav a Zuzana KEREČANINOVÁ. *Nekonvenční metody obrábění*. MM průmyslové spektrum [online]. 2007, č. 071048 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/nekonvencni-metody-obrabeni-2-2.html>
26. ŠPINAR, Jiří. EDM - *Elektrojiskrové obrábění*. Toolscomp: Svět nářadí profesionálů [online]. 2009 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.toolscomp.cz/technologie/edm-elektrojiskrove-obrabeni/>
27. VÁVRA, Pavel a Jan LEINVEBER. *Strojnické tabulky: Pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4. doplněné vydání. Praha: ALBRA - pedagogické nakladatelství, 2008, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

OZNAČENÍ	LEGENDA	JEDNOTKA
A_{O2}	ohybová práce	[J]
A_s	střížná práce	[J]
A_{S1}	střížná práce pro stříh výstřížku	[J]
A_{S3}	střížná práce pro koncový stříh	[J]
b	šířka výstřížku	[mm]
c	koeficient závislý na druhu stříhaného materiálu	[-]
c_1	součinitel stírání	[-]
E	modul pružnosti v tahu	[MPa]
E_e	náklady na el. energii	[Kč]
$F_{B\dot{R}_{OH}}$	síla působící na břitu pro ohyb výstřížku	[N]
$F_{CV_{KONC}}$	celková vertikální střížná síla koncová	[N]
$F_{CV_{OH}}$	celková vertikální ohybová síla	[N]
$F_{CV_{STR}}$	celková vertikální střížná síla	[N]
$F_{H_{STR}}$	horizontální střížná síla	[N]
F_s	střížná síla	[N]
F_{SKL}	střížná síla působící na skloněném břitu nože	[N]
$F_{S_{max}}$	maximální střížná síla	[N]
F_{ST}	stírací síla	[N]
F_{STR}	střížná síla pro jeden střížník	[N]
$F_{V_{KONC}}$	vertikální střížná síla koncová	[N]
$F_{V_{OH}}$	vertikální ohybová síla	[N]
$F_{V_{STR}}$	vertikální střížná síla	[N]
h	výška výstřížku	[mm]
h_1	dráha, po které je vykonávána práce	[mm]
I	moment setrvačnosti v průřezu	[mm ⁴]
l	délka stříhu	[mm]
l_i	délka ramene	[mm]
l_{krit}	kritická délka	[mm]
m	střížná mezera	[mm]
M	mzdový náklad	[Kč]
M_o	ohybový moment	[N.mm]
n	součinitel otupení	[-]
N	náklady na nástroje	[Kč]
n_B	počet břitů	[ks]
n_k	počet koncových stříhů	[ks]
n_o	počet ohybů	[ks]
n_s	počet střížníků v nástroji	[ks]
n_1	koeficient bezpečnosti	[-]
R_m	mez pevnosti v tahu	[MPa]
$R_{p0,2}$	skutečná mez kluzu	[MPa]
s	tloušťka materiálu	[mm]
S	plocha stříhu	[mm ²]
s_1	dráha, po které střížník vykonává práci	[mm]

OZNAČENÍ	LEGENDA	JEDNOTKA
T	doba trvání operace	[min]
v	střižná vůle	[mm]
W_o	modul průřezu v ohybu	[mm ³]
X_T	vzdálenost výslednice sil od osy Y	[mm]
Y_T	vzdálenost výslednice sil od osy X	[mm]
α	úhel sklonu břitu nože	[°]
λ	součinitel plnosti	[-]
σ_{DOV}	dovolené namáhání	[MPa]
σ_o	napětí v ohybu	[MPa]
σ_{TL}	namáhání v tlaku	[MPa]
τ_s	střižný odpor	[MPa]
Ψ	součinitel plnosti diagramu	[-]

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

OBRÁZEK ČÍSLO	NÁZEV	ČÍSLO STRANY
Obr. 1	Výrobky plošného a objemového tváření	10
Obr. 1.1	Kotva a plášť kotvy	11
Obr. 1.2	Pevně kotvený potrubní rozvod ke dnu betonové nádrže	11
Obr. 1.3	Podpěra	12
Obr. 1.4	Druhy kotev	12
Obr. 1.5	Řezání drážek na malé pásové pile	13
Obr. 1.6	Řezání drážek kotvy laserem	14
Obr. 1.7	Anodomechanické obrábění kotvy	14
Obr. 1.8	Elektrojiskrové řezání pláště kotvy	15
Obr. 1.9	Stříhání drážek do pláště kotvy	16
Obr. 2	Průběh stříhání	17
Obr. 2.1	Schéma volného stříhání	18
Obr. 2.2	Schéma napjatosti a přetvoření při běžném uzavř. stříhání	18
Obr. 2.3	Vliv střížné vůle na kvalitu střížné plochy	19
Obr. 2.4	Průběh střížného procesu a střížné síly	20
Obr. 2.5	Rozložení zpevnění v okolí stříhu při různých rychlostech	21
Obr. 2.6	Uspořádání výstřížků na pásu plechu	22
Obr. 2.7	Výpočet střížných sil početně i graficky	23
Obr. 2.8	Souřadnice těžiště jednotlivých sil na těsnící liště	23
Obr. 2.9	Tabulové nůžky	24
Obr. 2.10	Nůžky na pásy	24
Obr. 2.11	Křivkové nůžky	25
Obr. 2.12	Kmitavý prostříhovač	25
Obr. 2.13	Okružní nůžky	25
Obr. 2.14	Druhy střížných nástrojů	26
Obr. 2.15	Nekonvenční střížný nástroj	27
Obr. 2.16	Střížné nástroje	28
Obr. 2.17	Druhy střížnic	28
Obr. 2.18	Druhy střížníků	29
Obr. 3	Tvářecí stroje s přímočarým pohybem nástroje	30
Obr. 3.1	Struktura tvářecího stroje	30
Obr. 3.2	Schéma hydraulického lisu	31
Obr. 3.3	Schéma klikového lisu	32
Obr. 4	Tvar a rozměry pláště kotvy	33
Obr. 4.1	Rozložení sil při stříhání I.	37
Obr. 4.2	Působení koncové síly	37
Obr. 4.3	Rozložení sil při stříhání II.	39
Obr. 4.4	Průřez výstřížku	40
Obr. 4.5	Rozložení sil při ohybu	40
Obr. 4.6	Plocha střížníku na otlacení	43
Obr. 4.7	Těžiště pláště kotvy	44
Obr. 4.8	Lis CUPS 25 D	45
Obr. 4.9	Rozměry lisu CUPS 25 D	45
Obr. 4.10	Těleso střížnic	46
Obr. 4.11	Příklopná deska	46
Obr. 4.12	Středící hranol	47

OBRÁZEK ČÍSLO	NÁZEV	ČÍSLO STRANY
Obr. 4.13	Vačka	47
Obr. 4.14	Hlavní a pomocná střížnice	47
Obr. 4.15	Středící vložka	48
Obr. 4.16	Podpěra	48
Obr. 4.17	Stěrače	48
Obr. 4.18	Příruba	48
Obr. 4.19	Výškový doraz	49
Obr. 4.20	Upínací deska	49
Obr. 4.21	Pouzdro	49
Obr. 4.22	Kotevní deska	49
Obr. 4.23	Střížník průměru 12 mm	50
Obr. 4.24	Střížník průměru 14 mm	50
Obr. 4.25	Upínací deska	50
Obr. 4.26	Detailní obrázky střížného nástroje	51
Obr. 4.27	Střížný nástroj (v přední uzavřené poloze)	52
Obr. 4.28	Střížný nástroj (v zadní uzavřené poloze)	52
Obr. 4.29	Střížný nástroj (v přední otevřené poloze)	53

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

TABULKA ČÍSLO	NÁZEV	ČÍSLO TABULKY
Tab. 1	Závislost přesnosti vystřihovaných součástí na přes. nástroje	21
Tab. 2	Výhody a nevýhody hydraulického lisu	31
Tab. 3	Výhody a nevýhody mechanických lisů	32
Tab. 4	Technologický postup výroby drážek do pláště kotvy	34
Tab. 5	Vlastnosti korozivzdorné austenitické oceli	35
Tab. 6	Přehled nástrojových ocelí	36
Tab. 7	Chemické složení oceli 19 733	36
Tab. 8	Vyhodnocení varianty 1 a varianty 2	42
Tab. 9	Hodnoty koeficientu	42
Tab. 10	Technické parametry lisu CUPS 25 D	45
Tab. 11	Určení pozic střížného nástroje	53

SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE

• SESTAVA (S) A KUSOVNÍK (K)

NÁZEV VÝKRESU	ČÍSLO VÝKRESU	FORMÁT VÝKRESU
STŘIŽNÝ NÁSTROJ (S)	FSI-UST-DP-S-SN	A2
STŘIŽNÝ NÁSTROJ (K)	FSI-UST-DP-K-SN-1	A4
STŘIŽNÝ NÁSTROJ (K)	FSI-UST-DP-K-SN-2	A4
STŘIŽNÝ NÁSTROJ (K)	FSI-UST-DP-K-SN-3	A4

• FUNKČNÍ ČÁSTI STŘIŽNÉHO NÁSTROJE

NÁZEV VÝKRESU	ČÍSLO VÝKRESU	FORMÁT VÝKRESU
DESKA PŘÍKLOPNÁ	FSI-UST-DP-VV-SN-5	A2
TĚLESO STŘIŽNIC	FSI-UST-DP-VV-SN-6	A2
STŘIŽNÍK Ø12	FSI-UST-DP-VV-SN-17	A3
STŘIŽNICE HLAVNÍ Ø12	FSI-UST-DP-VV-SN-18	A3
STŘIŽNÍK POMOCNÁ Ø12	FSI-UST-DP-VV-SN-19	A4
STŘIŽNÍK Ø14	FSI-UST-DP-VV-SN-25	A3
STŘIŽNICE HLAVNÍ Ø14	FSI-UST-DP-VV-SN-26	A3
STŘIŽNÍK POMOCNÁ Ø14	FSI-UST-DP-VV-SN-27	A4

• STŘÍHANÁ SOUČÁST (PLÁŠŤ KOTVY)

NÁZEV VÝKRESU	ČÍSLO VÝKRESU	FORMÁT VÝKRESU
PLÁŠŤ KOTVY Ø12-55	FSI-UST-DP-VV-PK-12-55	A4
PLÁŠŤ KOTVY Ø12-80	FSI-UST-DP-VV-PK-12-80	A4
PLÁŠŤ KOTVY Ø12-140	FSI-UST-DP-VV-PK-12-140	A4
PLÁŠŤ KOTVY Ø14-55	FSI-UST-DP-VV-PK-14-55	A4
PLÁŠŤ KOTVY Ø14-80	FSI-UST-DP-VV-PK-14-80	A4
PLÁŠŤ KOTVY Ø14-140	FSI-UST-DP-VV-PK-14-140	A4

Poznámka:

Výkresová dokumentace byla vytvořena ve výukové verzi programu AutoCAD 2012 společnosti Autodesk.

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA Č. 1 – Pilous pásová pila na kov ARG 130



Nejprodávanější model v této kategorii pásových pil. Nalézá všeobecné uplatnění v zámečnických dílnách, strojních provozech i při montážích v terénu. Jednoduché nastavení řezných úhlů v rozsahu 90°- 60° při stálé poloze upnutého materiálu. Průmyslový pohon pilového pásu s bezúdržbovou šnekovou převodovkou. Stroj může být vybaven dvěma druhy motoru. Jednofázový motor (230V) s univerzální rychlostí pásu 75 m/min. umožňuje snadné připojení k síti. Třífázový dvourychlostní motor (400V) s rychlostí pásu 40 a 80 m/min doporučujeme při častějším dělení plných materiálů a silnostěných profilů. Vysokou přesnost řezu a životnost pilového pásu zaručuje profesionální třístranné tvrdokovové vedení ve vodičích kostkách a robustní uložení všech rotačních částí. Posuv pilového pásu do řezu se provádí ručně proti tlaku pružiny. Provedení všech odlitků v šedé litině.

	90°	+45°C	-45°C	+60°C		
●	130	110	-	65		230V, 0.55 kW
■	130	115	-	60		75 m/min.
■	170x130	115x110	-	65x60		920x470x480
■	-	-	-	-		67 kg

PŘÍLOHA Č. 2 – Pilous pásová pila na kov ARG 250 plus



Univerzální strojní pásová pila, umožňující dělení široké škály různých druhů materiálů, včetně sériového řezání plných materiálů. Svým širokým řezným rozsahem s možností použití dvou řezných rychlostí 40 a 80 m/min. a možností velmi rychlého, plynulého přestavování požadovaného úhlu řezu v rozsahu 45° vlevo- 60° vpravo, nachází všeobecné uplatnění od řemeslnických dílen až po tovární provozy. Vysoká tuhost a stabilita odlitku ramene pily a celková robustní koncepce stroje zaručují dosažení vysoké přesnosti řezu, optimální využití pilového pásu i celkovou dlouhodobou životnost stroje. Rameno pilového pásu se zvedá ručně, posuv do řezu je prováděn vlastní vahou ramene s možností plynulé regulace škrtícím ventilem olejového tlumiče.

Rozměr pilového pásu: 2710x27x0,9.

	90°	+45°C	-45°C	+60°C		
●	240	190	190	125		400V, 1.5 kW
■	240	180	140	120		40; 80 m/min.
■	300x160	190x130	160x100	120x120		1400x900x1330
■	270x240	175x220	120x200	105x105		470 kg

PŘÍLOHA Č. 3 – IBS – Mycí stůl typ M



Technické údaje

Nosnost	250 kg
Náplň	200 l
Pracovní výška	870 mm
Pracovní plocha	1.135 x 660 mm
Připojení	230 / 50 V/Hz
šířka	670 mm
hloubka	1.145 mm
výška	1.050 mm
Hmotnost	47 kg

Popis

Činnost:

Sešlápnutím nožního spínače uvedete čerpadlo do provozu a mezitím co umýváte znečištěné díly, stéká použitá kapalina zpátky do sudu, kde se „špína“ samostatně odděluje a usazuje na dně sudu. Současně nasává hrdlo čerpadla, které sahá pouze do poloviny sudu, čistou čistící kapalinu. Dlouhá použitelnost IBS-speciálních kapalin je tímto způsobem zaručena.

Znečištěná kapalina se vymění za nový sud.

Oblasti využití:

Pro manuální čištění olejem znečištěných kovových a plastových dílů a také v následujících oblastech:

- průmyslové čištění dílů a odmašťování povrchů
- servis a údržba výrobních zařízení, dopravních pásů, armatur, čerpadel, motorů, ostatních dílů
- oprava a servis dopravních prostředků (motorová, nákladní, kolejová vozidla, tažná, zemědělská a strojírenská zařízení)

Výhody:

- úspora času a provozních nákladů, jelikož se čistící kapalina nemusí zahřívat
- robustní a stabilní konstrukce s dlouhou životností
- díky mnohonásobnému použití čistící kapaliny šetříte provozní náklady a současně i životní prostředí

PŘÍLOHA Č. 4 - Hrotový soustruh INTOS S 32/750



- Stolní elektrická vrtačka SVA 16

