



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## RUČNÍ PRACOVNÍ NÁŘADÍ PRO RENOVAČNÍ ÚČELY

HAND TOOLS FOR RENOVATION PURPOSES

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jiří Klika

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2018

# Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Bc. Jiří Klika**  
Studijní program: Strojní inženýrství  
Studijní obor: Strojírenská technologie  
Vedoucí práce: **Ing. Milan Kalivoda**  
Akademický rok: 2017/18

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:

## Ruční pracovní nářadí pro renovační účely

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Řada spotřebních výrobků vyžaduje po určité době provozu renovaci. Renovační postupy jsou různě složité, účelem je správné obnovení funkčnosti výrobku. Jsou doloženy ukázky z reálných situací.

### Cíle diplomové práce:

- Historický vývoj obrábění
- Přehled současných metod ručního obrábění
- Možnosti renovačních postupů
- Provedení renovační práce na konkrétním výrobku
- Zhodnocení výsledků

### Seznam doporučené literatury:

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

IMAI, Masaaki. Kaizen. Brno: Computer Press, a. s., 2004. 272 s. ISBN 80-251-0461-3.

LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 2000. 986 s. ISBN 80-7183-164-6.

Příručka obrábění, kniha pro praktiky. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.

SUCHY, Ivana. Handbook of die design. 2nd edition. New York: McGRAW-HILL, 2006. p. 730. ISBN 0-07-146271-6.

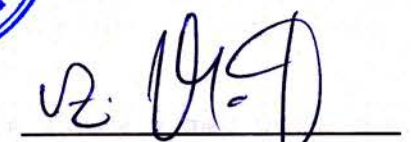
ZEMČÍK, Oskar. Technologická příprava výroby. Brno: CERM, s. r. o., 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-X.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18.

V Brně, dne 25. 10. 2017



  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
ředitel ústavu

  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá renovací traktoru Zetor 6911 s využitím metod ručního obrábění kovů. Teoretická část je zaměřena na historický vývoj obrábění a charakteristiku jednotlivých metod ručního obrábění. Mezi možnosti renovačních postupů patří renovace stroje renomovanou firmou, renovace svépomocí a renovace svépomocí s možnými kooperacemi v externí firmě. Vzhledem ke značnému množství zkušeností s renovacemi traktorů Zetor a technických znalostí je zvolen postup renovace svépomocí. Celková renovace stroje je velmi komplexní, tudíž jsou k ukázce vybrány pouze některé specifické součásti z jednotlivých částí traktoru. Jsou zde podrobně popsány postupy renovací včetně použitých nástrojů a ručního nářadí. Práci uzavírá zhodnocení výsledků a srovnání nákladů pro jednotlivé možnosti renovačních postupů.

### Klíčová slova

renovace, ruční obrábění, ruční nářadí, traktor, Zetor

## ABSTRACT

Diploma thesis deals with renovation of tractor Zetor 6911 with hand tool machining use. Theoretical part aims at historical evolution of machining and describes the hand tool machining methods. Renovation options include repair by a renovation company, yourself renovation and yourself renovation with cooperation in external company. Due to great renovation experience and technical knowledge is tractor chosen to be renovated by yourself. Complete machine renovation is very complex thus there are shown only specified examples of machine parts renovation. In the thesis there are in detail described renovation processes, including tools and hand devices. Final part includes results evaluation and costs comparison of renovation options.

### Key words

renovation, hand machining, hand tools, tractor, Zetor

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KLÍKA, J. *Ruční pracovní nářadí pro renovační účely*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie obrábění, 2018. 66 s. 14 příloh. Vedoucí diplomové práce Ing. Milan Kalivoda.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Ruční pracovní nářadí pro renovační účely** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

Datum

---

Bc. Jiří Klika

## PODĚKOVÁNÍ

Mé poděkování patří panu Ing. Milanu Kalivodovi za cenné připomínky a rady týkající se zpracování diplomové práce.

Děkuji také mému otci Antonínu Klikovi za pomoc a cenné rady při provedení renovačních prací praktické části diplomové práce.

Rád bych také poděkoval své rodině a přítelkyni za trpělivost a podporu, kterou mi po celé studijní roky věnovali.

## OBSAH

ABSTRAKT .....	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ .....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	8
1 HISTORICKÝ VÝVOJ OBRÁBĚNÍ.....	9
1.1 Vývoj ručního obrábění .....	9
1.2 Vývoj strojního obrábění .....	10
2 PŘEHLED SOUČASNÝCH METOD RUČNÍHO OBRÁBĚNÍ .....	13
2.1 Řezání .....	14
2.2 Pilování .....	17
2.3 Vrtání .....	19
2.4 Vyhrubování a vystružování.....	24
2.5 Zahlubování .....	27
2.6 Broušení .....	28
2.7 Řezání závitů.....	32
2.8 Zaškrabávání .....	36
3 MOŽNOSTI RENOVAČNÍCH POSTUPŮ .....	39
3.1 Renovace provedená specializovanou firmou .....	40
3.2 Renovace stroje svépomocí .....	41
3.3 Renovace svépomocí s kooperacemi externích firem.....	42
4 PROVEDENÍ RENOVAČE .....	43
4.1 Renovace konzoly přední nápravy.....	43
4.2 Renovace hlavy motoru .....	46
4.3 Renovace skříně převodovky.....	49
4.4 Renovace pedálu spojky .....	51
4.5 Renovace nádrže .....	53
5 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ .....	55
ZÁVĚR .....	57
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	58
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	65
SEZNAM PŘÍLOH.....	66

## ÚVOD

Jednotlivé technologie obrábění se obecně dělí na strojní a ruční. Přestože se v současné době podíl využití ručního obrábění ve strojírenství neustále snižuje a převažuje strojní výroba, jsou některé z technologií stále nenahraditelné a při výrobě, opravách a renovacích součástí či celých strojů se bez nich nelze obejít. Výsledek takové opravy je uveden na obr. 1. Většina metod ručního opracování kovů již byla mechanizována, nebo nahrazena strojním způsobem obrábění. Předmětem diplomové práce je charakteristika jednotlivých metod ručního obrábění a jejich využití při renovačních postupech.



Obr. 1 Renovace vozu Chevrolet Camaro vyrobeného v roce 1971 [1]

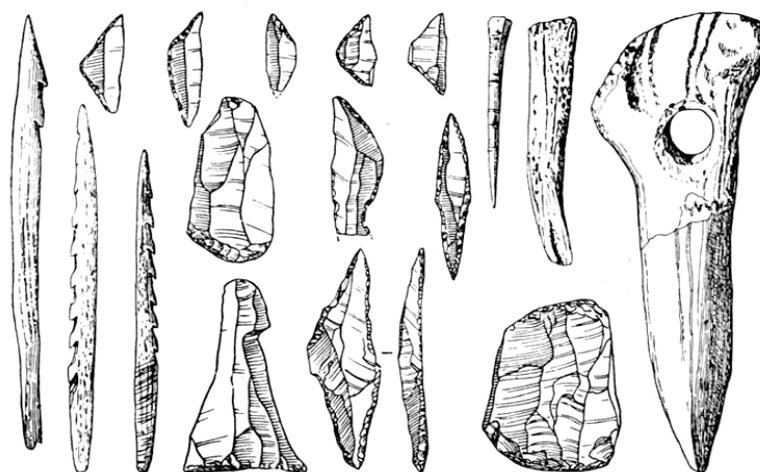


## 1 HISTORICKÝ VÝVOJ OBRÁBĚNÍ

Jako první bylo samozřejmě rozvinuto ruční obrábění a to zejména obrábění kamene, kostí a dřeva. Později se lidé naučili zpracovávat i kovy a to slitiny bronzové a následně surové železo. Zatímco kovy byly téměř výhradně obráběny ručními nástroji (sekáče, průrazníky a pilníky), při zpracování dřeva se postupně začínaly uplatňovat i složitější mechanismy - předchůdci dnešních obráběcích strojů (soustruhy, vrtačky a pily). Podrobněji je tento vývoj popsán v následujících podkapitolách.

### 1.1 VÝVOJ RUČNÍHO OBRÁBĚNÍ

Vývoj obrábění souvisel zejména s používáním různých druhů materiálů, ze kterých bylo možné obráběcí nástroje vyrábět. Aby takové nástroje byly vyrobeny, musel se člověk zdokonalit v opracovávání materiálů, jako bylo dřevo, nebo kámen a později i kovové materiály. Tyto úpravy jsou považovány za prapočátek obrábění materiálů. Za první způsob obrábění je považováno sekání již z doby kamenné. Měkčí kámen byl opracován kamenem tvrdým, za vzniku pravidelných tvarů pěstního klínu, sekáče, hrotu či pazourku. Zanedlouho bylo sekání doplněno broušením pomocí lávových kamenů opět s využitím různé tvrdosti materiálu. Některé nástroje byly následně záměrným narušováním jejich povrchu zdrsňovány a daly tak vzniknout prvním pilníkům. Další metodou z této doby bylo vrtání děr. Nejednalo se o vyvrtávání, jaké je známo z nynějška, ale spíše o vybrušování kulaté díry. Vybrušování bylo provedeno otáčením dřevěného kolíku nebo kosti, ke kterému se přisypávala kamenná drť sloužící jako brusivo. [2] Ukázky jednotlivých nástrojů jsou na obr. 2.



Obr. 2 Ukázky nástrojů z doby kamenné [3]

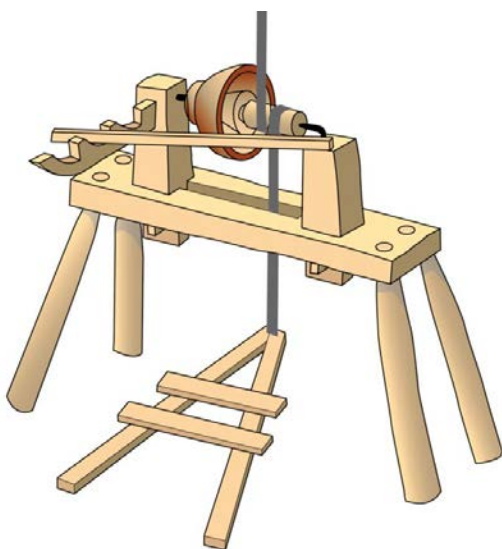
## 1.2 VÝVOJ STROJNÍHO OBRÁBĚNÍ

První mechanizovanou metodou se stalo vyvrtávání a to již v mladší době kamenné v tehdejší Egyptské říši. Jednalo se o vylepšenou metodu vybrušování, při které pracovali dva lidé. Jeden z nich držel nástroj a druhý udával nástroji rotaci pomocí omotané tětiny luku. [4] Důkazem je archeologický nález reliéfu (obr. 3).



Obr. 3 Svislé vyvrtávání ve starém Egyptě [5]

Další vynalezenou technologií bylo jednoduché soustružení. Soustruhy nejprve fungovaly také na principu otáčení pomocí luku, byly to tzv. smyčcové soustruhy. První zmínka o soustruhu je ve starořeckém díle Mechaniké syntaxis ze 3. století před Kristem, kde se hovoří o soustružení válců a pístů čerpadel. [6] Tento princip byl hojně využíván až do středověku, kdy jej nahradil soustruh šlapací na obr. 4. Obsluhovat jej tedy mohl pouze jeden dělník, který poháněl soustruh nohama a měl tak volné ruce k držení obráběcího nářadí. Obrobek se však stále otáčel přerušovaně. V 16. století navrhl Leonardo da Vinci konstrukci s kamenným setrvačником na jedné straně. Ten pomáhal udržovat konstantní otáčky a řez již byl u těchto nových typů soustruhu nepřerušovaný. [7] Na obr. 5 je stroj sestavený podle náčrtků již zmíněného slavného italského vynálezce.

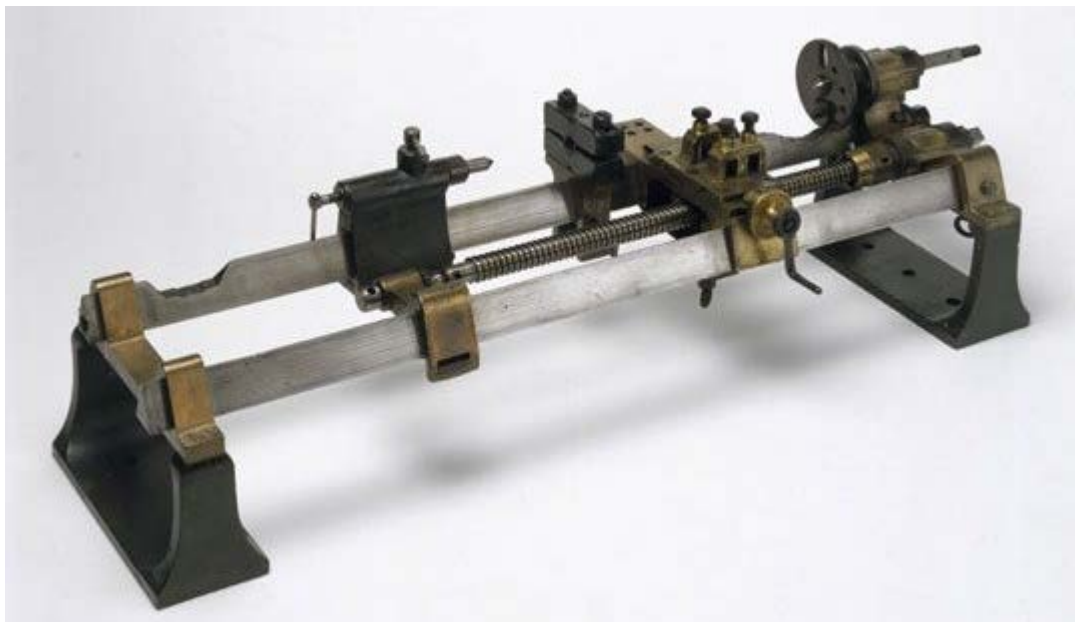


Obr. 4 Šlapací soustruh [8]



Obr. 5 Soustruh se setrvačником [9]

S rychlým rozvojem zpracování železa a rostoucími požadavky na přesnou výrobu, například dělových hlavních, bylo nutné zdokonalovat i obráběcí stroje. John Smeaton vynalezl první efektivní vyvrtávačku, která byla poháněna vodním kolem. Jeho princip následně zakomponoval v roce 1774 John Wilkinson do konstrukce vodou poháněného soustruhu. Tvrdé odlévané železo mohlo být na takovémto stroji velice přesně opracováno, čehož využil James Watt k výrobě pístů pro svůj inovovaný parní motor a napomohl tak k rychlejšímu rozvoji průmyslové revoluce. [10] Následujícím velkým krokem bylo zkonstruování železného soustruhu s pevně vedeným suportem, který umožňoval pohyb soustružnického nože podél obrobku i kolmo k němu (obr. 6). Autorem konstrukce byl anglický mechanik Henry Maudslay, který jej v roce 1800 zdokonalil tak, že bylo možné řezat přesné závity. [11]



Obr. 6 První železný soustruh se suportem [12]

S nástupem průmyslové revoluce se poté zdokonalila výroba jak pohonů, tak samotných obráběcích strojů. V průběhu 19. století byly vynalezeny a zdokonaleny elektrické motory, které se k pohonu strojů používají dodnes a v neposlední řadě také rychlořezná ocel (F. W. Taylor, M. White 1898). Ve dvacátém století se vývoj ubírá téměř mílovými kroky. Stroje pro soustružení, broušení, frézování či vrtání již mají podobu, v jaké je známe dnes. Poslední inovací v oblasti strojírenské výroby bylo ovládání strojů pomocí výpočetní techniky, jejímž průkopníkem byl John T. Parsons se svým prvním NC řízeným strojem pomocí děrovaného svitku papíru. [13] V dnešní době již nejsou výjimkou automatické CNC obráběcí centra s možností obrábění i v šesti různých osách, které nám

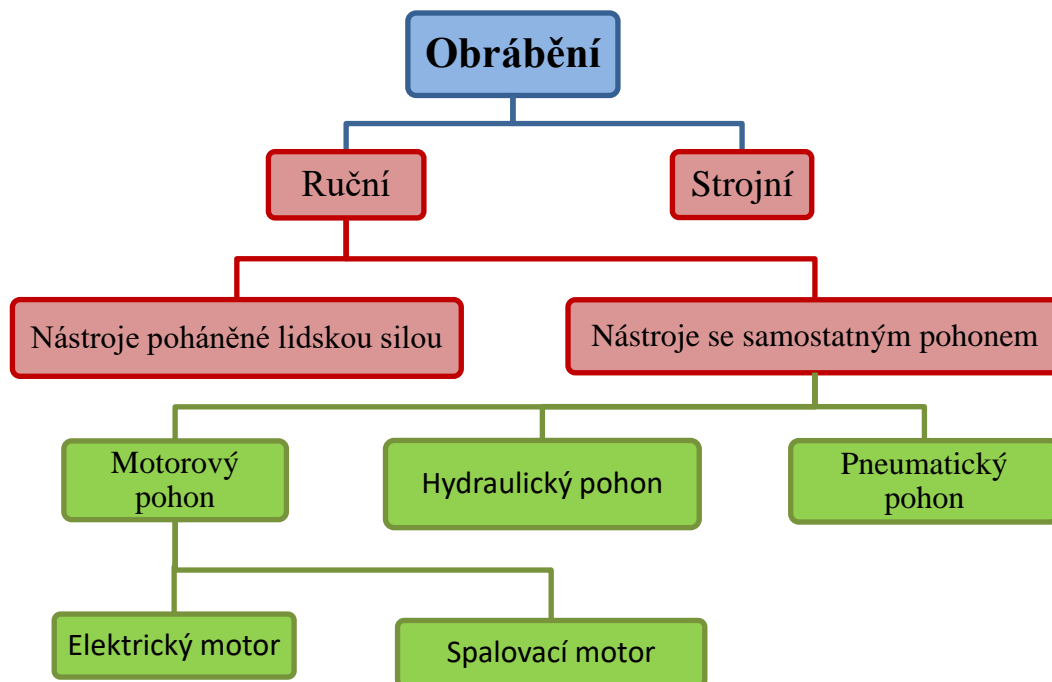
umožňují výrobu téměř nepřeberného množství tvarů součástí z nejrůznějších materiálů s přesností v tisícinách milimetrů. Příklad takového zařízení je uveden na obr. 7. Vývoj se tak v posledních letech ubírá spíše v rovině ekonomické, kdy je důležitá nejenom rychlost výroby, ale i cena konečného výrobku.



Obr. 7 Moderní šestiosé obráběcí centrum CTX Gamma 3000 TC 2 od firmy DMG MORI [14]

## 2 PŘEHLED SOUČASNÝCH METOD RUČNÍHO OBRÁBĚNÍ

Za ruční obrábění lze považovat proces, při kterém nástroj pohání lidská síla nebo vzhledem k fyzické náročnosti v dnešní době častěji využívané mechanizované nářadí (obr. 8), se kterým dělník výrobek opracovává. Nářadí má samostatný pohon elektrického či benzínového motoru, pohon pneumatický a v menším zastoupení i pohon hydraulický. Na první pohled se zdá, že možnosti strojní výroby již zcela nahrazují ruční metody obrábění, ale není tomu tak. I přes velký pokrok strojního obrábění je využití zručnosti dělníka, zámečníka nebo nástrojáře v některých firmách důležité a z hlediska finančních možností i nezbytné. Příkladem mohou být dokončovací práce na odlitcích ve slévárnách či úprava povrchu zaškrabáváním vodících ploch tvářecích a obráběcích strojů. Zejména při kusové výrobě či renovaci je využití ručního obráběcího nářadí ekonomicky výhodné a nenáročné. Mezi nejvýznamnější metody se řadí řezání, pilování, broušení, vrtání, vyhrubování, vystružování, zahlubování, řezání závitů a v neposlední řadě také zaškrabávání. V kapitole 2 jsou charakterizovány jednotlivé postupy ručního opracování kovů. Je zaměřena na popis používaných základních nástrojů, principů metod a využití ručního obrábění ve strojírenské výrobě a při renovacích.

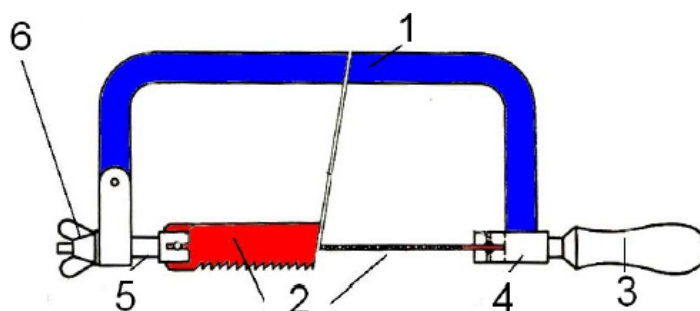


Obr. 8 Rozdělení ručního pracovního nářadí

## 2.1 ŘEZÁNÍ

Řezání je nejzákladnějším druhem ručního obrábění kovů. Materiál je oddělován vícebřitým nástrojem – pilou. Zpravidla jsou oddělovány větší kusy materiálu, přičemž kvalita povrchu po řezání je nízká a musí tedy následovat další úprava ručním obráběním. Zejména musí být sraženy vzniklé ostré hrany, aby nedošlo k poranění dělníka. Principem řezání je odebrání třísky zubem s danou geometrií. Tyto zuby jsou uspořádány za sebou a tvoří dohromady pilový list, který je při řezání upnutý v ruční pile. Schéma takové pily je na obr. 9.

- 1 - rám pily
- 2 - pilový list (poloha 0° a 90°)
- 3 - rukojeť
- 4 - pevná hlavice
- 5 - pohyblivá hlavice
- 6 - matice



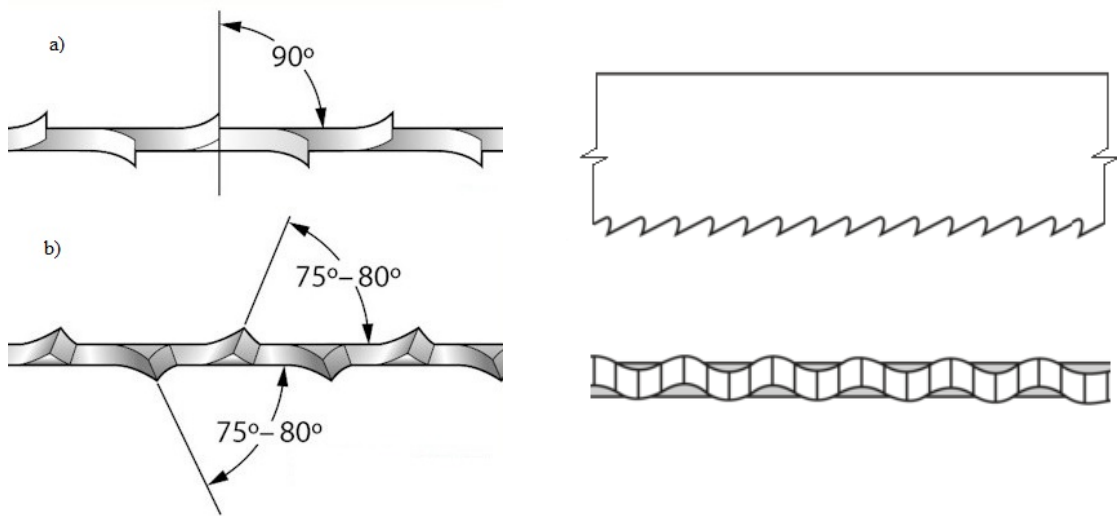
Obr. 9 Ruční pila [15]

Pilový list je vyměnitelný a pomocí matice v pilce upnutý s možností otáčení dle požadavků na úhel řezání. Pro velmi dlouhé součásti je list otočen o 90° vůči základní poloze. Je zřejmé, že strojní řezání rámovou pilou je přesnější i rychlejší, avšak příliš velké nebo tvarově složité součásti, které nelze upnout, musí být řezány ručně. Důležité je zvolení správného druhu listu podle řezaného materiálu. Během řezání měkkých kovů vzniká velký objem třísek a zubové mezery se mohou ucpat. Stejný problém nastává i v případě extrémně dlouhých řezů. Řešením je volba hrubé rozteče pro řezání měkkých materiálů. Naopak při řezání tvrdých materiálů se volí rozteč jemná, protože při použití hrubé rozteče by mohlo dojít k vylomení zubů z pilového listu. [16] Hustota rozteče zubů je stanovena počtem zubů na jeden anglický palec, tj. na 25,4 mm a je rozdělena dle tab. 1.

Tab. 1 Rozdělení hustoty zubů pilových listů

Rozteč	Počet zubů	Tvrдость řezaného materiálu	Řezaný materiál
hrubá	14 až 16	měkký	hliník, slitiny lehkých kovů a konstrukční oceli s velkými řeznými délkami a průřezy
střední	18 až 22	středně tvrdý	konstrukční ocel s kratšími řeznými délkami, měď, mosaz
jemná	24 až 30	velmi tvrdý	nástrojové oceli, tenké dráty, plechy, tenkostěnné trubky a profily

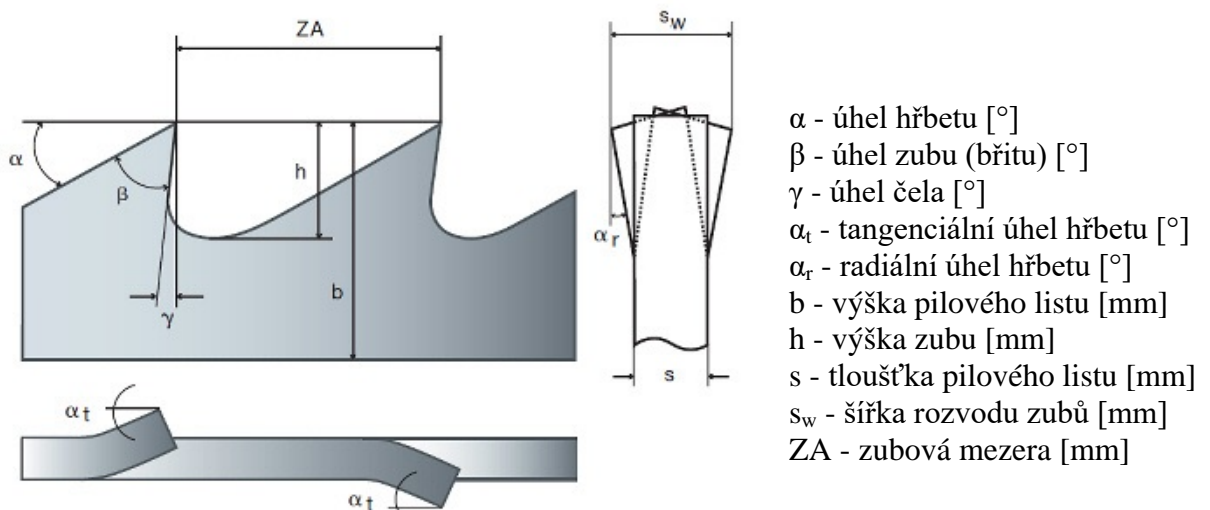
Aby mohl pilový list lépe procházet materiálem, jsou jeho zuby vybočené. Prvním způsobem je střídaté vyhnutí zubů na pravou a levou stranu, které je tvořeno buď částečným oddělením zubu - šraňkováním (obr. 10a), nebo tvářením zubu (obr.10b). Druhým způsobem je zvlnění celého pilového listu tvářením (obr. 11). Při řezání tedy vzniká mezera širší než šířka listu, nedochází ke zbytečnému opotřebení boční části a pila lépe prochází materiálem. [17]



Obr. 10 Vyhnutí zubů na pilovém listu [18]

Obr. 11 Zvlnění pilového listu [19]

Rozdílná je i geometrie samotného zubu při obrábění různých materiálů. Úhel zubu  $\beta$  má zpravidla  $50^\circ$ . Úhel čela  $\gamma$  je pro tvrdší materiály nulový a pro měkčí přibližně  $10^\circ$ . Doporučený úhel hřbetu je  $25 - 30^\circ$ . Jednotlivé úhly a rozměry zubu jsou uvedeny na obr. 12.



Obr. 12 Geometrie pilového listu [20]

Pro zjednodušení a zrychlení dělení materiálů řezáním je používáno poháněné ruční elektrické nářadí. Řezání složitějších tvarů s nerovnou dráhou řezu nebo tyčového materiálu je prováděno přímočarou pilou na kov (obr. 13). Oproti ruční pile, se kterou je dělník schopen pracovat ve frekvenci okolo 60 zdvihů za minutu, má přímočará pila s frekvencí až 1400 zdvihů za minutu mnohem větší efektivitu. Je ovšem těžší a také má vyšší pořizovací cenu. Ruční kotoučové pily jsou využívány při dělení ocelových profilů a vlnitých nebo trapézových plechů (obr. 14).

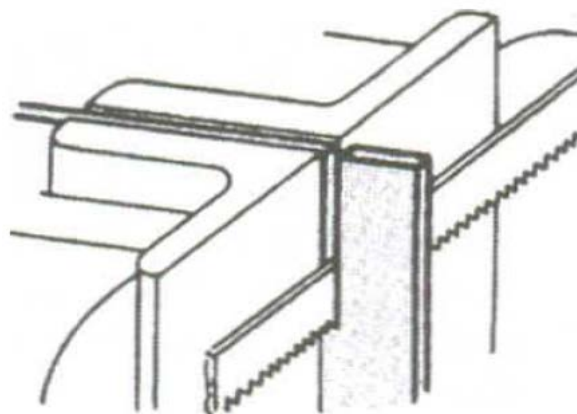


Obr. 13 Přímočará pila BOSCH [21]



Obr. 14 Kotoučová pila MAKITA [22]

V neposlední řadě je nutné dodržovat několik základních pravidel řezání. Provádí se ve směru dopředu, proto i zuby pilového listu směřují vpřed, pokud není list oboustranný. Při zpětném tahu je pila odlehčena. Obrobek je uchycen pevně a co nejblíže k čelistem svěráku, aby bylo eliminováno pružení způsobující nepřesné uříznutí. Pila při nařezávání svírá s obrobkem velmi malý úhel (10–15°), aby nedošlo k vylomení zubů. Plechy jsou upnuty mezi úhelníkové profily, přičemž řezání je provedeno podél jejich hrany pilovým listem s jemnou roztečí (obr. 15). Tenkostěnné trubky jsou děleny pouze od vnější stěny a během řezání jsou pootáčený. Před doříznutím se zpomalí frekvence zdvihů a sníží tlak na list opět kvůli nebezpečí vylomení zubů. [17]



Obr. 15 Řezání tenkých plechů [17]



## 2.2 PILOVÁNÍ

Další významnou metodou ručního obrábění je pilování. Při tomto procesu dochází k oddělování drobných třísek z obrobku pomocí vícebřitého nástroje - pilníku. Pilováním je materiál opracováván mnohem jemněji než při řezání. Používá se zejména k dokončování povrchu, tvarování součásti, srážení ostrých hran po řezání nebo odtržení přilnuté třísky k obrobku po samotném strojním obrábění. Samotný pilník má čtyři hlavní části - tělo (list), stopku, hlavu a rukojeť (obr. 16).



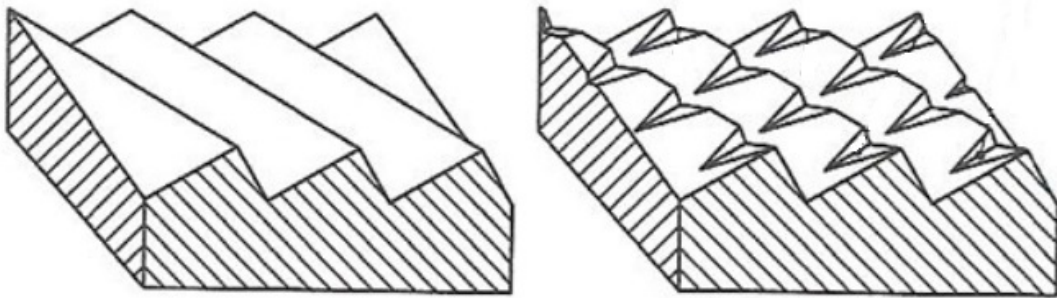
Obr. 16 Hlavní části pilníku: 1 - rukojeť, 2 - stopka, 3 - tělo(list), 4 - hlava [23]

Dnes jsou využívány výhradně pilníky se zalitým tělem do plastové rukojetě, avšak mohou být i výměnné, tak jako dříve používané rukojetě dřevěné. Pilníky jsou rozděleny podle tvaru těla a průřezu, účelu, způsobu výroby zubů a podle hustoty zubů (tab. 2). [24]

Tab. 2 Rozdělení pilníků [24]

Kriterium rozdělení	Druhy pilníků
tvar těla	dílenský, jehlový, rytecký, klíčový, závitový, rotační
průřez	plochý, špičatý, čtyřhranný, tříhranný, kulatý, půlkulatý, úsečový, nožový
účel	lehký, těžký, uběrací, pilník na pily
způsob výroby zubů	sekané, frézované
hustota zubů	hrubý, polohrubý, střední, jemný, velmi jemný

Pilníky se vyrábějí dvěma způsoby - sekáním a frézováním. Zuby se sekají strojně za studena. Pilník s jedním směrem seků (jednoduché seký) je vhodný zejména pro měkké materiály, jelikož se méně zanáší pilinami. Druhý typ má směry dva (křížové seký) a je vhodný pro tvrdší materiály. První spodní sek vytváří zuby přes celou šířku listu, druhý horní sek pouze dělí ostří na kratší části, což způsobuje tvorbu kratší třísky. [26] Oba typy jsou znázorněny na obr. 17.



Obr. 17 Jednoduchý a křížový sek na listu pilníku [25]

Dalším způsobem výroby zubů je frézování. Při opracování měkkých kovů se používají rovné zuby, pro tvrdé kovy zuby obloukové. Ve speciálních případech se používají pro obrábění hliníku rašple. Hustota zubů se pro strojně sekané pilníky uvádí v jednotkách seků na 10 mm. Pro frézované pilníky je to počet zubů na jeden anglický palec, tj. 25,4 mm a pro rašple je to počet zubů na  $\text{cm}^2$ . Délka pilníku zahrnuje pouze samotný list bez rukojetě či délky stopky. [27] Ruční výrobu pilníků a rašplí provádí pilníkáři. Přestože rychlost výroby je nesrovnatelně nižší v porovnání s plně automatizovanou strojní linkou, kvalita vysekaných zubů je vyšší. Rukou vedené dláto totiž dokáže vyhrnout mnohem větší množství kovu. Tyto kvalitní nástroje používají výrobci dřevěných hudebních nástrojů, hodináři nebo také lékaři. Příkladem je úprava kloubní endoprotézy z chirurgické oceli (obr. 18), kdy zdrsnění povrchu „rašplováním“ napomáhá lepšímu srůstu kosti s implantátem. [28] Pilníkářství je tedy využíváno zejména při kusové výrobě, kdy se strojní výroba nevyplatí nebo je neproveditelná.



Obr. 18 Ruční úprava „rašplováním“ na endoprotéze [29]

Pro zjednodušení práce jsou využívány elektrické pilníky. Výhodou je vysoká rychlost pilování, která dosahuje až 12 000 zdvihů za minutu. Široká nabídka nástavců a regulace rychlosti zdvihů umožňuje obrábění různých materiálů – od pilování dřeva papírovými listy až po pilování velmi tvrdých materiálů diamantovým nástavcem. Na obr. 19 je uveden elektrický vysokorychlostní pilník. [30]



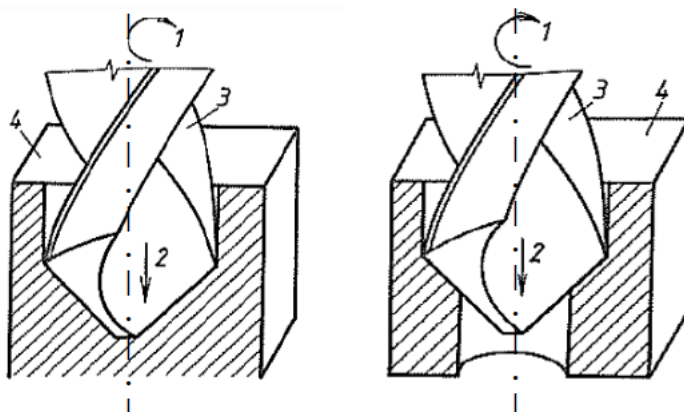
Obr. 19 Elektrický pilník Attack AC-32 [30] (S laskavým svolením Tokyo Automach Co.)

I při pilování jsou dodržovány zásady pro správné ubírání materiálu. Malé součásti jsou upnuty ve svěráku blíž čelistem, čímž je eliminováno pružení obrobku. Při jednostranném seku zubů se piluje pouze ve směru dopředu. Pro větší úběr materiálu se používá hrubý pilník a jemný pouze na dokončování a hlazení. Měkké kovy se nesmí pilovat hladicím pilníkem, jelikož by se zanesly jeho zuby. Úprava rovinných ploch pilováním se provádí šikmo k hraně obrobku v jedné rovině, aby se součást nezaoblila. Výchozí materiál pro polotovar pilníku je nástrojová ocel s vysokým obsahem uhlíku, jelikož po výrobě samotných zubů je pilník zakalen pro zvýšení tvrdosti a životnosti. [26]

### 2.3 VRTÁNÍ

Jedním ze základních druhů obrábění je také vrtání. Jedná se o operaci, při které je vytvářena díra v plném materiálu pomocí nástroje - vrtáku. Zvětšování již předvrtané, předkované nebo předlité díry se nazývá vyvrtávání. Tyto dva způsoby jsou uvedeny na obr. 20. V obou případech je obrobek pevně uchycen a řezný pohyb vykonává nástroj. Hlavní řezný pohyb je rotační, vrták se točí kolem své osy a vedlejší pohyb je přímočarý

ve směru osy (posuv).



- 1 - hlavní pohyb – rotační
- 2 - vedlejší pohyb – posuv
- 3 - nástroj – vrták
- 4 - obrobek

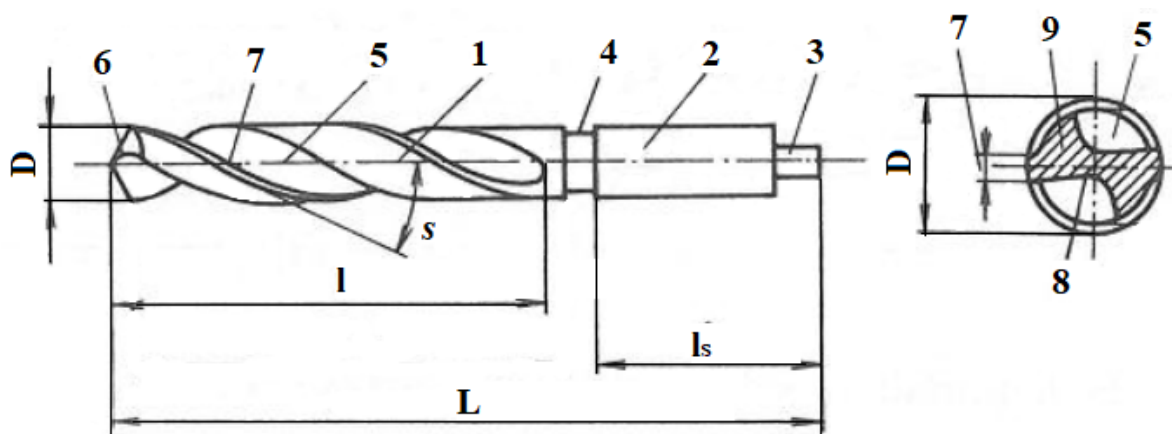
Obr. 20 Vrtání a vyvrtávání [31]

Důležité je dodržení optimálních řezných podmínek, které závisí zejména na materiálu nástroje a obrobku. Doporučené řezné podmínky jsou uspořádány v tabulce od výrobce a uvedeny v příloze 1. Pro malé průměry vrtáku jsou tedy nastaveny vysoké otáčky, naopak pro velké průměry otáčky nízké. Přesnost ručního vrtání není příliš vysoká a pohybuje se v řádech desetin až jednotek milimetrů dle průměru vrtáku. Je to způsobeno nepřesným vedením vrtáku ve vrtané díře, jelikož hrot vrtáku není veden v ose vrtané díry. Vyvrtaná díra je tedy o něco větší, než je požadovaný průměr. [32] Hodnoty průměrného zvětšení díry jsou uvedeny v tab. 3. Pokud je požadována vyšší přesnost, je díra vyvrtána vrtákem menšího průměru a následně dokončena operací vyhrubování a vystružování, které je popsáno v podkapitole 2.4.

Tab. 3 Hodnoty průměrného zvětšení vrtané díry. [32]







Průměr vrtáku [mm]		5	10	20	30
zvětšení díry vrtané v materiálu:	konstrukční ocel	0,15	0,2	0,22	0,25
	nástrojová ocel	0,12	0,14	0,18	0,22
	hliník	0,45	0,75	1,00	1,15

Vrtáky jsou rozděleny na několik základních druhů podle tvaru, účelu, konstrukce, tvaru stopky nebo materiálu. Stopka vrtáku je nejčastěji válcová pro použití do akumulátorových vrtaček, dále kuželová nebo šestihranná. Nejpoužívanější jsou vrtáky dvoubřité šroubovité (obr. 21). Tvar drážek zaručuje dobrý odvod třísek při obrábění a také dostupný přívod procesní kapaliny. Nejstarším typem jsou vrtáky kopinaté, které se již dnes při obrábění kovů nepoužívají. Kuželovité vrtáky slouží k vrtání plechů a tenkostěnných profilů. Středicí vrtáky (navrtávky) jsou využity při ručním obrábění k navrtávání důlku před samotným vrtáním díry. Za pomoci dělových (hlavnových) vrtáků jsou obráběny hluboké díry v poměru průměru díry k délce vrtané díry 1:10. Při ručním obrábění se používají zcela výjimečně. Vrtáky na odvrtávání bodových svarů jsou využívány karosáři a klempíři pro pohodlnější rozebírání svařovaných dílů. Stupňovitými vrtáky jsou vrtány díry se zahlobením pro šrouby. Jádrové vrtáky slouží k vrtání velkých průchozích děr, kdy při procesu není vrtán celý průřez díry, ale pouze její obvod. Podle konstrukce jsou vrtáky rozlišeny na celistvé, s pájeným břitem nebo s vyměnitelnými břitovými destičkami. Přehled vrtáků je uveden v tab. 4.

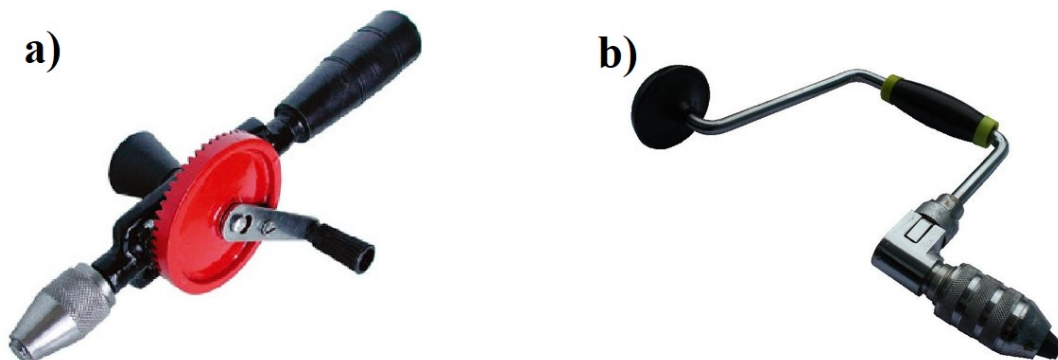


Obr. 21 Schéma šroubovitého vrtáku: 1- těleso, 2 - stopka, 3 - unášeč, 4 - krček, 5 - drážka, 6 - ostří, 7 - fazetka, 8 - jádro, 9 - žebro, s - úhel stoupání šroubovice [°], l - délka drážky [mm],  $l_s$  - délka stopky [mm], L - délka vrtáku [mm], D - jmenovitý průměr vrtáku [mm]. [33]

Tab. 4 Druhy vrtáků [34]

Druh vrtáku	Použití	Schéma
šroubovitý	vrtání děr do plného materiálu i předvrtané díry	
kuželovitý	vrtání plechů a tenkostěnných materiálů	
navrtávací	navrtání důlku před vrtáním samotné díry	
odvrtávací	odvrtání bodových svarů	
stupňovitý	vrtání děr se zahloubením pro šroub	
jádrový	vrtání děr s velkým průměrem	

Materiálem na výrobu vrtáků je nejčastěji nástrojová rychlořezná ocel. Vybrané druhy rychlořezných ocelí jsou uvedeny v příloze 2. V některých případech jsou na ostří připájeny destičky slinutého karbidu a pro zvýšení ořezavosti a životnosti jsou vrtáky povlakovány. Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami se používají zpravidla pouze na strojní obrábění kvůli jejich vysoké pořizovací ceně.



Obr. 22 Ruční vrtačky: a - s pastorkem, b - ruční kolovrat [35]

K samotnému vrtání se používá nářadí - vrtačka, v níž je nástroj upnutý pomocí sklíčidla. Pro nejjednodušší aplikace jsou využívány vrtačky ruční s pastorkem (obr. 22a) nebo ruční kolovrat (obr. 22b) s rychloupínacími sklíčidly. Mnohem efektivnější a výkonnější je vrtačka elektrická s napájecím kabelem nebo akumulátorem (obr. 23) a vrtačka poháněná vzduchem (obr. 24), se kterou lze dosáhnout vyšší řezné rychlosti.



Obr. 23 Elektrická vrtačka Narex [36]



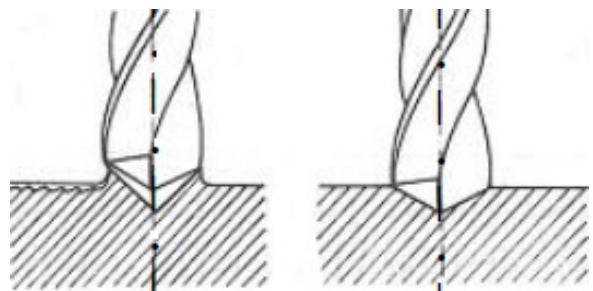
Obr. 24 Vrtačka poháněná vzduchem [37]

Ručního vrtání je využíváno i v oblasti leteckého průmyslu. Z důvodu snižování hmotnosti jsou často aplikovány uhlíkové kompozitní nebo sendvičové materiály, jejichž vrtání je velice obtížné. Firma Gühring založila pro vývoj nástrojů v tomto specifickém oboru vlastní oddělení nazvané Aircraft. Pro ruční vrtání CFRP materiálu jsou používány nástroje se speciální geometrií Fishtail (obr. 25), které slouží pro předvrtávání nýtových spojů a jsou schopné zabránit nežádoucí delaminaci na povrchu jak při vstupu, tak při výstupu nástroje. Kombinací nejméně dvou různých materiálů s odlišnými vlastnostmi vznikne sendvičový materiál, např. uhlíkový kompozit s titanovou slitinou. Obrábění tohoto materiálu je také specifické a vyznačuje se velmi nestabilními podmínkami v průběhu procesu. Řešením je patentovaný kompenzátor posuvu (obr. 26) nebo nástavec pro kontrolu kolmosti vrtání. Ruční vrtání kompozitních a sendvičových materiálů je tak mnohem přesnější a hotový výrobek splňuje náročné požadavky zákazníků v leteckém nebo kosmickém průmyslu. [38]



Obr. 25 Geometrie vrtáku Fishtail [38] Obr. 26 Patentovaný kompenzátor posuvu [38]

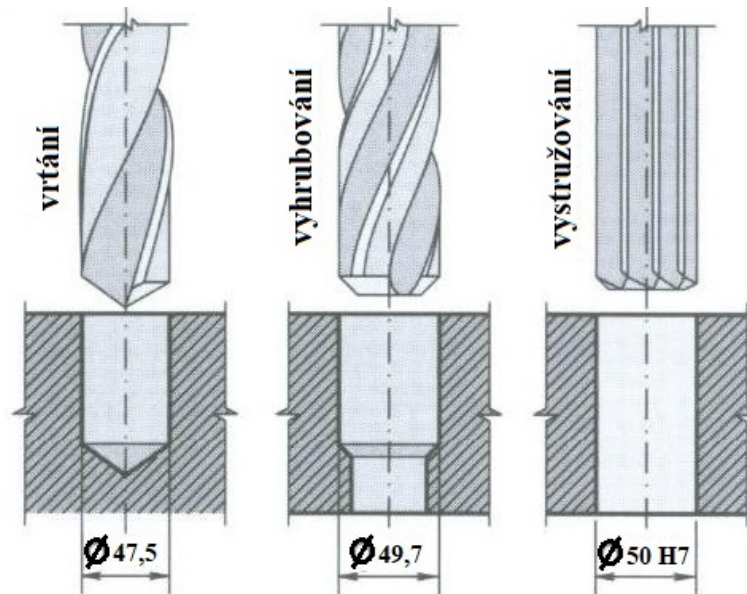
Jednou z hlavních zásad při vrtání je označení středu vrtané díry pro přesný náběh vrtáku (obr. 27). K tomu se používá buď navrtávací vrták, nebo důlčík. V průběhu vrtání je vyvíjen přiměřený tlak na vrták, který se tak optimálně zařezává do materiálu a zároveň se nepřehřívá a neotupuje. Velké díry jsou předvrtány vrtákem menšího průměru, jehož velikost je větší jak tloušťka jádra většího vrtáku. Délka vrtáku je zvolena s ohledem na bezpečný odvod třísek. Dále je důležité použití ochranných brýlí proti odletujícím třískám.



Obr. 27 Náběh vrtáku do důlku [33]

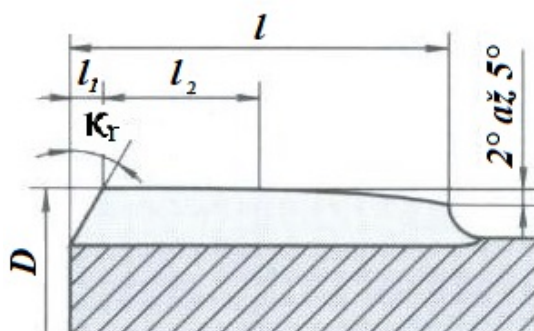
## 2.4 VYHRUBOVÁNÍ A VYSTRUŽOVÁNÍ

Pokud je požadavek na přesnost a kvalitu povrchu díry vyšší, je nutné zařadit po vrtání také vyhrubování a vystružování. Tyto operace jsou ve své podstatě vyvrtáváním, tedy zvětšováním již předvrtané díry, avšak používané nástroje jsou odlišné. Sled jednotlivých technologií pro dosažení přesné a hladké díry je na obr. 28.



Obr. 28 Výroba přesné a hladké díry [39]

Vyhrubování je tedy ve většině případů pouze mezioperací zajišťující rovnoměrný přídavek na vystružování. Nástroj pro tuto metodu ručního obrábění se nazývá výhrubník. Výhrubníky se dělí podle počtu břitů na tříbřité nebo čtyřbřité, podle úhlu stoupání šroubovice na nástroje se stoupáním pod úhlem  $20^\circ$  a nástroje s přímými břity ( $0^\circ$ ), dále podle tvaru stopky či konstrukce nástroje na celistvé a dělené pro výhrubníky s průměrem nad 30 mm. Výhrubník (obr. 29) je rozdělen na část řeznou, vodící (kalibrační) a upínací. Úhel nastavení hlavního ostří  $\kappa_r$  je  $30^\circ$ . [40]

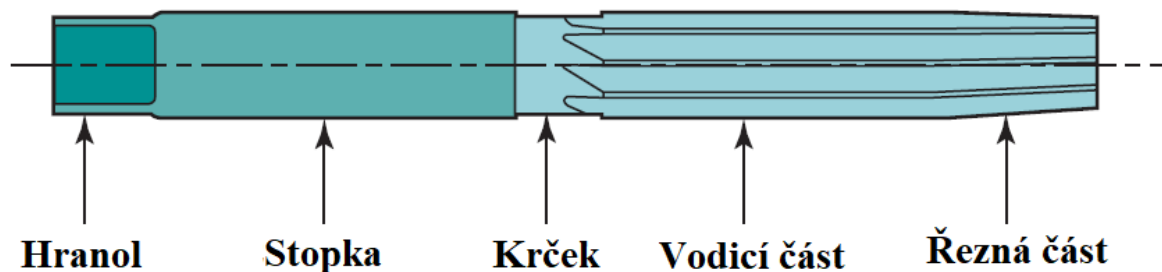


- $l_1$  - délka řezné části [mm]
- $l_2$  - délka kalibrační části [mm]
- $l$  - celková délka pracovní části [mm]
- $\kappa_r$  - úhel nastavení hlavního ostří [°]
- 2 až 5 - úhel sklonu zubu [°]
- $D$  - jmenovitý průměr [mm]

Obr. 29 Geometrie výhrubníku [39]







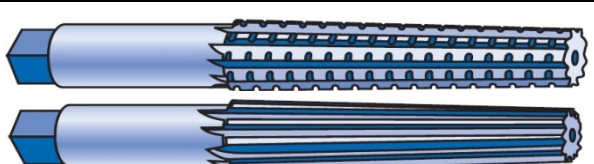
Přesné rozměrové tolerance děr je dosaženo vystružováním, a to rotačním nástrojem - výstružníkem. Výstružníky jsou také vícebřité nástroje s přímými nebo šroubovitými břity a platí pro ně stejné rozdělení jako v případě výhrubníků. Přímých zubů je využíváno zejména při obrábění ocelí běžných jakostí a litin, pro houževnatější materiály jsou využívány zuby ve šroubovici. Stopka má válcový tvar a je zakončená čtvercovým hranolem, který slouží k upínání do ručního vratidla. Válcová část s břity je u ručních výstružníků mnohem delší než u strojních výstružníků z důvodu přesnějšího vedení v díře. Schéma výstružníku je na obr. 30.



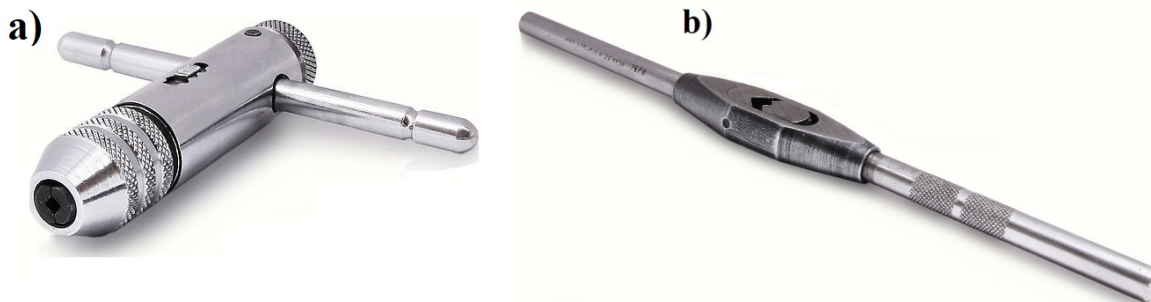
Obr. 30 Schéma výstružníku [41]

Výstružníky jsou voleny s ohledem na rozměry a tvar díry. Pro krátké díry se volí výstružník s delší vodící částí, která plynule přechází z kuželové řezné části. Dlouhé díry jsou dokončovány pomocí krátkých nástrčných výstružníků, které jsou nasazovány na libovolně dlouhé unášecí trny a jejichž délka je stanovena hloubkou obráběné díry. Rozpínacími výstružníky je možné obrábět i neprůchozí díry a lze je po jejich opotřebení o několik desetin milimetrů znovu roztáhnout. V jejich dutém těle je nastavitelný šroub s kuličkou. Stavitelnými výstružníky je možné obrábět díry o různých průměrech a to v rozptylu jednoho až dvou milimetrů. Nože jsou uvnitř výstružníku uloženy v kuželovitých drážkách a zajištěny mezi dvěma maticemi. Jmenovitý průměr je nastaven kalibrovými kroužky nebo mikrometrem. Kuželové typy výstružníků slouží k obrábění válcových děr pro kolíky s různou kuželovitostí (1:10, 1:20, 1:50, 1:100) a k vytváření přesných Morse kuželů. Jsou dostupné ve variantě s rovnými i šroubovitými břity, které jsou během operace v záběru po celé své délce současně. Kvůli dosažení přesných rozměrů díry ve tvaru Morse kužele jsou výstružníky ve speciální sadě, která zahrnuje předhrubovací, hrubovací a dokončovací nástroj. V tab. 5 jsou uvedeny nejpoužívanější druhy ručních výstružníků. [42, 43]

Tab. 5 Nejpoužívanější druhy ručních výstružníků [41]

Výstružník	Vystružované díry	Schéma
s rovnými břity	válcové s nepřerušovaným řezem	
se šroubovitými břity	válcové s přerušovaným řezem	
rozpínací	válcové neprůchozí díry	
stavitelné	s různými průměry (stavitelnost 1 – 2 mm)	
kuželové (hrubovací a dokončovací)	tvaru Morse kužele	

Rotační pohyb výhrubníku a výstružníku koná dělník pomocí vratidla. Nástroje s menšími průměry jsou upnuty do ráčnového vratidla s rychloupínací hlavicí (obr. 31a) a nástroje s větším průměrem do klasického stavitelného vratidla (obr. 31b).









Obr. 31 Vratidla: a) ráčnové, b) klasické stavitelné [44]

Před vystružováním se hrana díry zahlubuje. Při samotné operaci je výstružník zaváděn pomalu do díry tak, aby nedošlo k poškození zubů. Kolmost zaváděného nástroje je kontrolována úhelníkem. Během obrábění se výstružník nikdy neotáčí zpět, vystružování je provedeno pouze v jednom směru otáčení a rovnoměrným posuvným tlakem pro dosažení požadované jakosti povrchu. Výstružník je vytáčen z díry opět ve stejném směru otáčení. Pokud to technologie umožňuje, je vrtání, zahlubování, vyhrubování i vystružování provedeno při jednom upnutí, které zaručí nejvyšší přesnost díry.

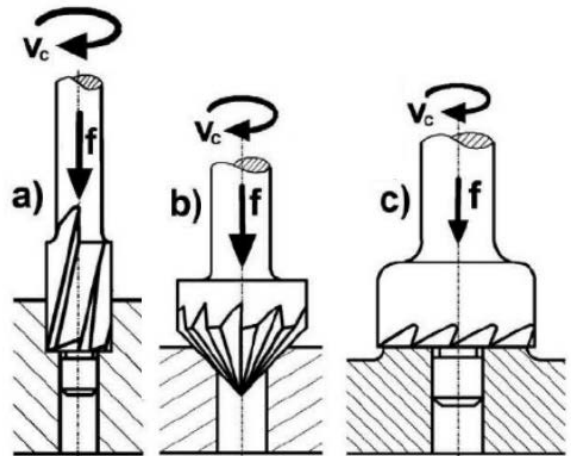
## 2.5 ZAHLUBOVÁNÍ

Další metodou pro upravování děr je zahlubování. Tvarovým nástrojem - záhlubníkem je upravena část již vyvrtané díry. Záhlubník se většinou skládá z řezné části, upínací stopky a vodicího kolíku. Řezná část má různé úhly (60°, 90°, 180°) dle požadovaného tvaru zahloubení. Zahlubování je využíváno ke srážení ostrých hran po vrtání, kterým se odstraňují otřepy (obr. 32b). Pokud následují i další operace jako je vystružování, nebo vrtání závitu v díře, je nástroj lépe veden do sražených děr. Dále je tato metoda využívána při zahlubování dosedacích válcových nebo kuželových ploch pro hlavy šroubů, nýtů či hřídelových nákrůžků (obr. 32a). Pomocí přímých záhlubníků jsou zarovnávány nálitky děr z důvodu lepšího dosedání hlav šroubů nebo upravení těsnící plochy pod přírubou (obr. 32c). Zpětný záhlubník se používá pro obrábění osazených ploch uvnitř děr, které nelze provést z opačné strany. Vyrábějí se i záhlubníky s vyměnitelnými břitovými destičkami, které se však využívají pouze při strojní výrobě. Vybrané druhy záhlubníků jsou zobrazeny v tab. 6.

Tab. 6 Druhy záhlubníků [45]

Záhlubník	Použití	Schéma
kuželový	srážení ostrých hran	
válcový se stopkou	zahloubení pro hlavu šroubu	
kuželový se stopkou	zahloubení pro hlavu šroubu	
zpětný/výměnný	zahloubení nedostupné díry	
s dírou	srážení ostrých hran	
zarovnávací	zarovnání nálitků děr	

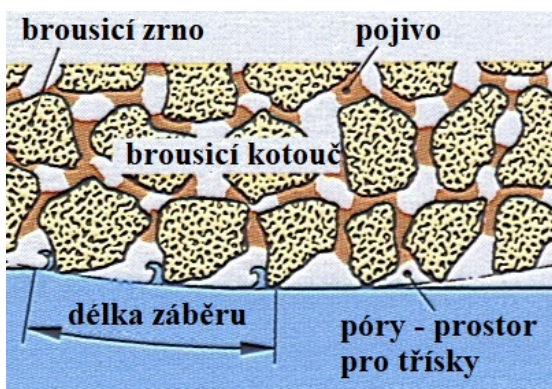
Ruční záhlubníky jsou nejčastěji vyráběné z rychlořezné oceli (příloha 2) a pro zvýšení odolnosti jsou i povlakovány. Pro jejich manipulaci je nutné upnutí ve vyvrtávacím zařízení, kterým je nejčastěji ruční elektrická vrtačka. Nástroj koná hlavní rotační pohyb a dělník přtlakem na zařízení zajišťuje posuv nástroje do obrobku. Schémata jednotlivých operací jsou zobrazena na obr. 32.



Obr. 32 Schémata zahlubování [46]

## 2.6 BROUŠENÍ

Důležitou metodou zejména pro renovační účely je metoda broušení. Principem metody je obrábění malých částic materiálu mnohábřitým nástrojem - kotoučem nebo brousicím papírem. Kotouč obrušuje materiál rotačním pohybem s vysokou obvodovou rychlostí, zatímco brousicí papír koná kmitavý pohyb. Schéma broušení a složení brousicího kotouče je uvedeno na obr. 33. Broušením je možné docílit nízkých hodnot parametrů povrchu ( $R_a = 1,6$  až  $0,2 \mu\text{m}$ ), čehož je využito zejména u strojního obrábění. Ručním broušením při renovaci se odstraňují nečistoty, koruze a staré nátěrové hmoty. Po



Obr. 33 Schéma broušení [47]

tomto očištění je povrch i výborně aktivovaný pro nanesení a lepší přilnavost nátěrové hmoty, ale pouze v následujících několika hodinách, než dojde k opětovné atmosférické korozi. V dnešní době je na trhu nepřehledné množství kotoučů. Kotouče lze dělit podle materiálu, zrnitosti, tvrdosti, pórovitosti a tvaru. Kotouč je složen z brousících zrn a pojiva. Zrna jsou buď přírodního původu,

nebo umělá. Mezi přírodní brusivo patří pazourek, granát nebo smirek, jehož hlavní částí je přírodní korund ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Umělé zrna jsou z karbidu křemíku  $\text{SiC}$ , karbidu bóru  $\text{B}_4\text{C}$  nebo umělého korundu. Velikost jednotlivých zrn v kotouči je popsána zrnitostí dle normy ISO 6106. Číslo zrnitosti udává počet děr kontrolního síta na jeden anglický palec, kterými ještě brusivo propadne. Určuje také výkon brousicího kotouče. Vysokého výkonu

a drsného povrchu lze docílit hrubou zrnitostí, naopak malého výkonu a jemného povrchu lze docílit jemnou zrnitostí. Broušící zrna jsou dohromady vázána pojivem. Množství a druh pojiva mají vliv na výslednou tvrdost nástroje, kdy se u příliš tvrdého nástroje zrna nevylamují včas a naopak u měkkého nástroje dříve, než se otupí. Další důležitou vlastností broušících kotoučů je pórovitost. Čím více je kotouč pórovitý, tím snadněji jsou odváděny částičky obrobku a tím lépe je chlazený. [48, 49, 50] Všechny důležité vlastnosti kotoučů jsou uvedeny v tab. 7.

Tab. 7 Vlastnosti a značení broušících kotoučů [48]

Kritérium rozdělení	Druh a značení		Kritérium rozdělení	Druh a značení	
Materiál	umělý korund	A	Pórovitost	velmi nízká	1, 2
	karbid křemíku	C		nízká	3,4
Zrnitost (dle ISO 6106)	hrubá	8 - 24		střední	5, 6
	střední	30 - 60		vyšší	7, 8
	jemná	70 - 240		velmi vysoká	9, 10
	velmi jemná	280 - 500		speciální	11, 12, 13
Stupeň tvrdosti materiálu	velmi měkký	G, H		měkký	I, J, K
	střední	L, M, N, O		tvrdý	P, Q, R, S
	velmi tvrdý	T, U		speciální	V, Z
Pojivo	keramické	V	pojivo standardních kotoučů		
	silikátové	S	měkké tvarové kotouče		
	magnezitové	O	kotouče pro méně přesné broušení		
	šelak	E	kotouče na výrobu ozubení		
	pryž	R	vysokorychlostní dokončovací kotouče		
	pryskyřice	B	kotouče pro broušení závitů		
	kovové (slitina mědi)	M	diamantové kotouče		

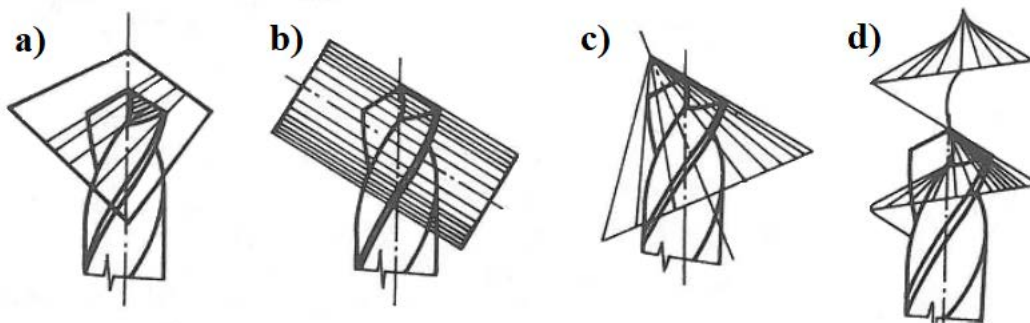
Při ručním broušení nalézají vedle broušicích kotoučů uplatnění i broušící kartáče. Existuje jich nepřeberné množství a v kombinaci s vhodným nástrojem lze dosáhnout výborné kvality povrchu. V případě použití ručního lešticího stroje v kombinaci s válcovým kartáčem je možné brousit až do zrcadlového lesku. Broušící papír je využíván pro jemnější dokončovací operace. Dle požadovaného parametru Ra se volí zrnitost papíru. Od velice hrubých (20) až po nejjemnější (1200), kterými už nelze obrábět bez použití procesní kapaliny. Na rozdíl od kotoučů a kartáčů je možné obrábět broušicím papírem samostatně, ovšem bez použití náčiní je metoda také méně efektivní.

Stejný princip obrušování částic kotoučem se využívá i v dělicí metodě rozbrušování. Ručním rozbrušováním lze rotujícím řezným kotoučem efektivně a rychle obrábět materiál na špatně dostupných místech nebo velkorozměrné součásti, které nelze upnout do strojní pily. Náčiní pro rozbrušování je totožné jako v případě broušení. Největší zastoupení má náčiní poháněné elektricky, dále pneumatické náčiní a výjimkou nejsou ani motorové brusky na kov. Stručný přehled brusek a jejich využití je uveden v tab. 8.

Tab. 8 Ruční brusky na kov [51]

		
<p>Úhlová bruska [EL]: broušení ploch, rozbrušování</p>	<p>Lešticí bruska[EL]: dokončování lesklých a jemných ploch</p>	<p>Pásová bruska [EL]: broušení trubek</p>
		
<p>Univerzální bruska [PNEU]: speciální tvarové broušení</p>	<p>Rozbrušovací pila [MOT]: rozbrušování materiálu</p>	<p>Pilníková bruska pásová [PNEU]: broušení těžko dostupných míst</p>
<p>EL - elektrický pohon, PNEU - pneumatický pohon, MOT - benzínový pohon</p>		

Broušením je možné také obnovovat řezivost opotřebovaných nástrojů. Tato operace se nazývá ostření. Otupené břity vrtáku jsou příčinou vybočení z osy vrtání, nadměrného zahřívání a špatného pronikání do obráběného materiálu. Ostřením se zejména šetří náklady na pořízení nových nástrojů a prodlužuje jejich životnost. Ostřit lze ručně nebo strojně, v obou případech je důležité zachování úhlu hrotu, který se liší dle druhu obráběného materiálu. Způsoby ostření jsou uvedeny na obr. 34.



Obr. 34 Způsoby ostření vrtáků [33]

Rovinný (obr. 34a) a válcový (obr. 34b) způsob ostření se používají pro broušení malých vrtáků do  $\varnothing 10$  mm a neumožňují vznik optimální geometrie špičky vrtáku. Tuto výhodu poskytuje nejčastěji využívaný způsob kuželový (obr. 34c). Při šroubovitěm způsobu (obr. 34d) vzniká velmi přesný úhel hrotu, nástroj lépe vniká do materiálu a při obrábění je lépe vedený v ose. Zachování úhlu hrotu a jeho přesnost při broušení je velice důležitá z hlediska vnikání vrtáku do materiálu o různé tvrdosti, jak je uvedeno v tab. 9.

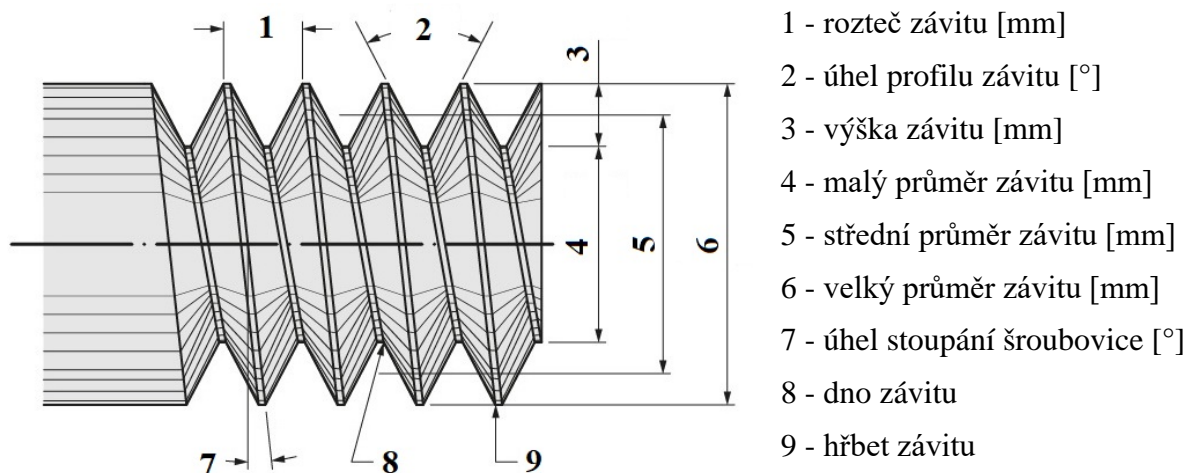
Tab. 9 Úhel hrotu vrtáku v závislosti na vrtném materiálu [52]

Vrtaný materiál	ocel, litina	hliník	měď	mosaz	slitiny hořčíku	tvrdá pryž	mramor	plechy
Schéma								
Úhel hrotu - $\epsilon$ [°]	116 až 120	130 až 140	125	130	100 až 116	30	80	180

Stejně jako u ostatních metod i při broušení odlétají částice od brousícího kotouče a operátor musí být chráněn brýlemi nebo štítem. Pracovní oděv nesmí být oblečen volně ale pouze řádně zapnutý z důvodu nebezpečí zachycení rotujícím kotoučem. Obrobek musí být pevně upnutý, aby se zabránilo jeho rozkmitání a následnému zničení nástroje nebo poranění obsluhy. Je také nutné kontrolovat směr a místo dopadu rozžhavených částic, aby nedošlo k založení požáru hořlavého materiálu nebo k poranění jiné osoby. [53]

## 2.7 ŘEZÁNÍ ZÁVITŮ

Další nezbytnou metodou ve strojírenské výrobě je řezání závitů. Podstatou výroby závitu je obrábění nebo tváření šroubovitě drážky na válcovém tělese (vnější závit) či v díře (vnitřní závit). Závity šroubů se vyrábějí strojně ve velkých sériích, ovšem pro kusovou výrobu je použití závitořezných nástrojů ekonomičtější. Schéma závitu a jeho popis je na obr. 35.



Obr. 35 Schéma a popis vnějšího závitu [54]

Závity stejného druhu se od sebe mohou lišit roztečí nebo stoupáním. Pokud má stoupání stejnou velikost jako rozteč, nazývá se závit jednochodým. Závity vícechodé mají stoupání násobně větší než je délka rozteče. Běžně používaná je hrubá rozteč závitu. Jemná rozteč má menší výšku závitu a je využívána na konce tenkostěnných trubek a při výrobě krátkých závitů. Dále je rozlišován častěji používaný pravý směr stoupání závitu a levý směr používaný pouze při speciálních konstrukčních požadavcích. [55]

Závity jsou rozdělené podle tvaru, velikosti a úhlu profilu a jejich rozměry jsou pevně stanoveny v normách. Nejčastěji používané druhy jsou v tab. 10.



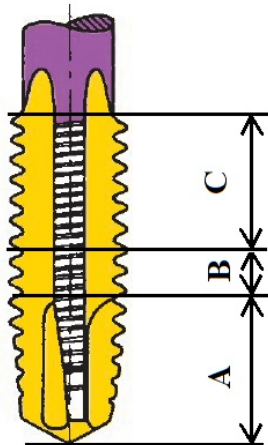
Tab. 10 Druhy závitů [56]

Název	Značení	Úhel profilu	Použití
Metrický	M	60°	univerzální - nejčastěji používaný závit
Withworthův	W	55°	konstrukce fotoaparátů, jízdní kola, běžně pouze v zemích britského Commonwealthu
Trubkový	G, R*	55°	spojování potrubí
Pancéřový	Pg	80°	spoje v elektrotechnice
Oblý	Rd	30°	vysoce namáhané a často rozebírané spoje
Lichoběžníkový	Tr	30°	pohyblivé spoje (kuličkové šrouby)

\* G - stálý průměr závitu, R - kuželový závit

Poznámka: schémata závitů jsou pro svoji velikost uvedeny v příloze 3.

Metoda řezání závitů umožňuje vytvářet jak vnitřní, tak vnější závity. Častěji jsou vytvářeny závity v díře, do které se šroubuje spojovací materiál, který je vyráběn velkosériově na strojích. Vnitřní závit je obráběn otáčejícím se nástrojem – závitníkem, který má tvar šroubu. Na jeho konci je řezný kužel pro snadné zabíhání do řezu a podélné drážky, jimiž se lépe odvádějí třísky. Dělí se na tři hlavní části (obr. 36): A - řezný kužel, B - středová hladicí část a C - koncová vodící část. Díra je utvářena buď jedním závitníkem nebo více kusy závitníkové sady. Sadovými závitníky (obr. 37) se obrábí díry ve třech krocích, přičemž první nástroj je předoperační, druhý řezací a třetí dokončovací. Poměr ubíraného materiálu v třech krocích je zhruba 6 : 3 : 1. [57]



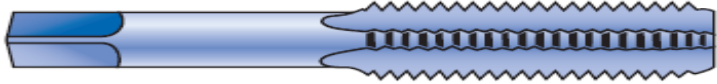

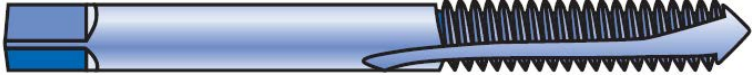





Obr. 36 Hlavní části závitníku [58]



Obr. 37 Sadové závitníky Narex [59]

Sadové závitníky jsou podle pořadí nástroje při operaci označeny jedním, dvěma nebo žádným proužkem na konci stopky a jsou nejčastěji využívány právě pro ruční obrábění závitů. Speciálně přerušovaný závitník, jehož střídavě posazené zuby eliminují tření, slouží k vrtání závitů do velmi tvrdého materiálu. Spirálové závitníky umožňují svojí geometrií odvádět třísku ve směru posuvu nástroje a zaručují tak vysokou kvalitu a přesnost vyřezávaného závitu, který není poškozený odcházející třískou. Upravený spirálový závitník s krátkou výběhovou drážkou vyřezává závity do tenkých plechů. Spirálový závitník šroubovitě drážkovaný je využíván při obrábění odlévaných slitin hliníku, hořčíku nebo mědi. Tvářecí závitník je výhodný zejména k obrábění děr v materiálu s dokončenou povrchovou úpravou, jelikož se při operaci netvoří třísky, které povrch znehodnocují. Poslední často využívaný je závitník maticový, který slouží k vrtání krátkých závitů. Vybrané druhy závitníku jsou zobrazeny v tab. 11. [58]

Tab. 11 Závitníky [58]

Druh závitníku	Schéma
Sadový (dokončovací)	
Přerušovaný	
Spirálový	
Spirálový (krátká drážka)	
Spirálový (šroubovitě drážkovaný)	
Tvářecí	
Maticový	
Kombinovaný [60]	

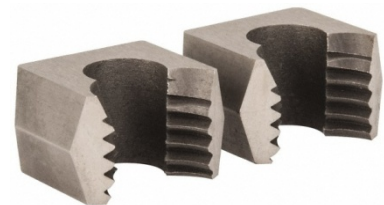
Závity vnější jsou vyřezávány pomocí závitových čelistí. V čelisti je tři až pět drážek a je opět rozdělena na řeznou část vybroušenou do zpravidla šedesátistupňového kuželu, hladicí a vodící část. Menší závity do  $\varnothing$  16 mm se obrábějí jedinou čelistí. Základní typ závitové čelisti je kruhový (obr. 38). Ve vratidle je upnuta šrouby, které zabíhají do kuželových důlků po obvodu čelisti. Pokud je čelist opotřebována, je v místě předvyrobené drážky rozříznuta a její průměr lze stavitelným šroubem nastavit v rozmezí 0,1 až 0,25 mm. Takto upravená matice má ale menší tuhost a není vhodná pro řezání přesných závitů. Dalším celistvým typem je šestihránná čelist (obr. 39). Její upínací část je upravena speciálně pro velikost rozteče klíče a používá se k opravám poškozených nebo rezavých závitů. Nastavitelným typem jsou čelisti dělené (obr. 40), které ale pro svoji nízkou tuhost také neslouží k řezání přesných závitů, ale spíše k vyhrubování drážek před následným dokončením celistvou čelistí. Radiální závitové čelisti (obr. 41) jsou další z řady dělených, používané zejména k výrobě vnějších trubkových závitů. Čelisti jsou upnuté ve speciální tuhé hlavici (obr. 42), která vždy slouží jen pro určitý rozsah řezaných závitů. [57]



Obr. 38 Kruhová čelist celistvá [61]



Obr. 39 Šestihránná čelist celistvá [62]



Obr. 40 Dělené čelisti [62]

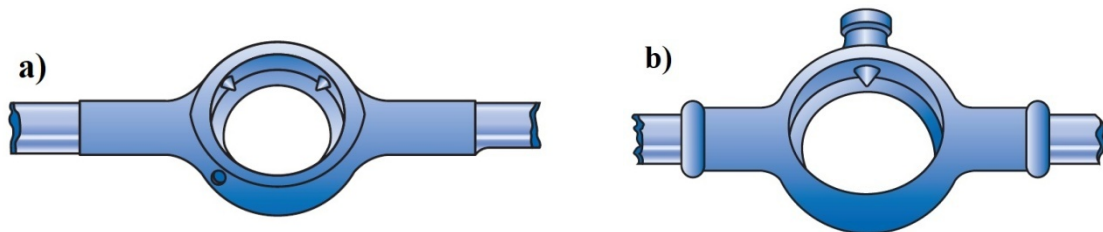


Obr. 41 Radiální závitové čelisti Ridgid [63]



Obr. 42 Upínací hlavice Yato [64]

Závitníky se upínají do stejných nástrojů a zařízení jako vrtáky či výstružníky, které jsou popsány v kapitole 2.3 a kapitole 2.4. Závitové čelisti se upínají také do vratidel. Tyto vratidla mají kruhové objímky (obr. 43a) a pomocí upínacích šroubů s kuželovým zakončením drží čelisti. Již zmiňované dělené čelisti jsou nejprve vloženy do kovové kleštiny a poté vloženy do speciálního vratidla s rychloupínacím šroubem (obr. 43b).



Obr. 43 Vratidla: a) standardní, b) s rychloupínacím šroubem [65]

Při ručním řezání závitů je nutné také dodržovat některé důležité zásady. Hrana obráběné díry či válce musí být sražena pro lepší náběh nástroje do řezu. Kolmost nástroje vůči obrobku je kontrolována pomocí úhelníku. Místo řezu je v případě větších závitů mazáno olejem a během operace se pravidelně pootáčí nástroj zpět proti směru řezání z důvodu uvolnění nahromaděné třísky.

## 2.8 ZAŠKRABÁVÁNÍ

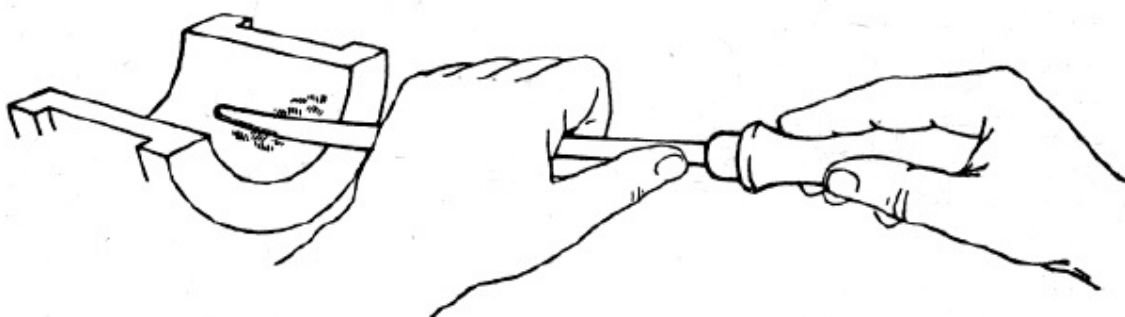
Poslední popsanou metodou ručního obrábění je zaškrabávání. Jedná se o obrábění ploch po soustružení, frézování či hoblování ručním nástrojem - škrabákem (obr. 44). Po broušení se metoda neuplatňuje, jelikož nástroj hůře vniká do materiálu vlivem přítomných



Obr. 44 Zleva: plochý, trojhranný a lžícový škrabák [66]

prachových částic. Zaškrabáváním jsou ubírány jemné třísky zejména na kluzných i pevných stykových plochách obráběcích či tvářecích strojů. Vznikne tak velice přesný povrch s výjimečnou kvalitou, která je u mnohých výrobců obráběcích strojů zárukou spolehlivosti a dlouhé životnosti. Dle geometrie upravované plochy je volen i nástroj pro zaškrabávání. Rovné plochy jsou upraveny plochým škrabákem, křivé a válcové plochy trojhranným, dutiny a ložiska škrabákem lžícovým.

Zaškrabávání je prováděno v několika základních krocích. V prvním hrubovacím kroku se plocha zaškrabává dlouhými tahy škrabáku pod přibližným úhlem 40°. Obráběná součást je poté přiložena k průměrnému tělesu (deska, hranol, válec), na kterém je nanášeno tuširovací medium - minerální olej s příměsí ultramarínu. V místě dotyku desky a obrobku jsou výstupky obarveny a v další operaci opracovány. Při finálním jemném zaškrabávání je ubírána tenká tříška v již krátkém tahu (3 až 5 cm). Postupným škrabáním materiálu je vytvářena výsledná pravidelná stopa na 60 až 70 procentech stykové plochy. Příklad držení nástroje při zaškrabávání válcové plochy je uveden na obr. 45. [67]



Obr. 45 Zaškrabávání válcové plochy [68]

Počet dotykových ploch ve čtverci o rozměrech 25 x 25 mm udává třídu jakosti zaškrabávané plochy. Standardně se tvoří 10 až 12 dotykových ploch ve čtverci, ale jejich počet se mění v závislosti na účelu použití výrobku. Při vysokém počtu plošek lze dosáhnout průměrné aritmetické odchylky profilu Ra až 0,2 μm. Jednotlivé třídy jakosti jsou uvedeny v tab. 12.

Tab. 12 Třídy jakosti zaškrabávané plochy [69]

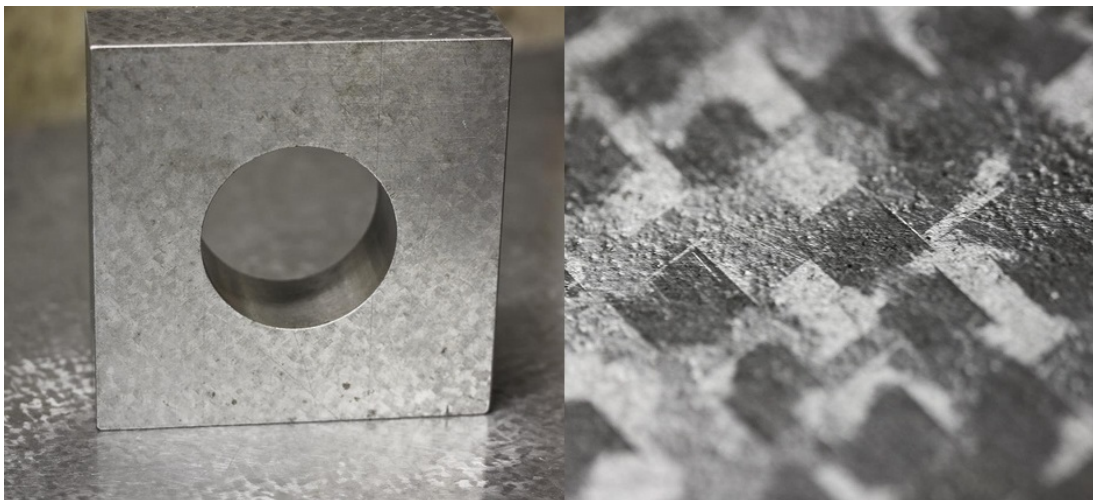
Třída jakosti	Počet dotykových ploch ve čtverci	Hodnota Ra [μm]	Oblast použití
1	24 až 32	0,2	přesné měřicí stroje a měřidla
2	14 až 22	0,2	měřidla, desky, pravítka, velmi přesné vedení obráběcích strojů
3	9 až 12	0,4	dílenské přípravky, vedení obráběcích strojů, pánve ložisek
4	6 až 8	0,8	vedení těžkých obráběcích strojů
5	3 až 5	1,6	vedení těžkých obr. strojů a víka skříní

Škrabáky jsou vyrobeny z nástrojové oceli nebo mají vyměnitelnou břitovou destičku z karbidu pro obrábění kalených ploch o tvrdosti až 55 HRC. Z důvodu efektivnějšího využití dělníka jsou vyráběny speciální škrabáky poháněné pneumaticky (obr. 46).



Obr. 46 Pneumatický škrabák od firmy Gison [70]

Nicméně i přesto je metoda fyzicky i časově velice náročná a z toho důvodu i nákladná. Avšak pro dosažení nejužších tolerancí (až  $0,1 \mu\text{m}$ ) a vzájemné rovinnosti ploch při vysoké kvalitě povrchu je metodou nezastupitelnou. Nejpresněji vyrobené vodící plochy částí obráběcích strojů jsou tím důležitější, čím blíže se nacházejí u základů stroje. Při důkladném zaškrabání udržují stroje svoji geometrickou přesnost velmi dlouho, jelikož vnesený tlak se rozloží rovnoměrně a snižuje opotřebení. Další výhodou je schopnost zadržovat olej ve vytvořených kapsách. Tím je zaručeno rovnoměrné mazání a minimální tření mezi pohyblivými částmi - neboli horní deska „plave“ na spodní. Je to dáno také tím, že se zaškrabané desky adhezně nespojují, jak je tomu v případě vybroušené plochy. Takto lze nejen upravovat nové, ale také opravit a opět zpřesnit staré uložení strojů, nebo součásti měřicích zařízení a ušetřit tak nemalé náklady na pořízení stroje nového. Na obr. 47 je uveden příklad jemného zaškrabávání přesných součástí měřicího zařízení. [67, 71]



Obr. 47 Součásti měřicího zařízení a detail jemně zaškrabané plochy [72]

### 3 MOŽNOSTI RENOVAČNÍCH POSTUPŮ

Renovovaným strojem je traktor Zetor 6911 (obr. 48) z unifikované řady I (UŘ I) výrobního portfolia firmy. V České republice patří traktory Zetor vzhledem k historii produkce a využití k nejčastěji renovovaným, a proto se také těmito opravami zabývá mnoho firem. Vzhledem k vyčerpání strojů a vyčerpání jejich životnosti jsou nezbytné jejich generální opravy pro obnovení správné funkčnosti a výkonnosti. Tato generální oprava je zpravidla finančně velmi nákladná. Před jejím započatím je nutné zvážit její vhodnost a posoudit, zda pořízení nového stroje není do budoucna výhodnější. Mezi opravované stroje patří zejména traktory vyrobené v roce 1978 až 1985, jelikož je právě u takto starých strojů vyčerpána životnost některých dílů či celých částí.



Obr. 48 Fotografie nového Zetoru 6911 vyrobeného v roce 1978 [73]

Stroje staršího data výroby se spíše renovují pro účely muzejní než k pracovnímu využití. Opravy novějších strojů jsou samozřejmě také prováděny, ale v menších číslích v návaznosti na menší množství prodaných kusů oproti UŘ I, kdy tehdejší produkce firmy dosahovala i 30 000 vyrobených traktorů ročně. Renovované traktory využívají v dnešní době zejména menší soukromí zemědělci, pro které je pořízení nového traktoru velice nákladné, či téměř nereálné. Cenová hranice se v případě renovovaného stroje pohybuje okolo 200 000 Kč a v případě nových traktorů podobné výkonnostní třídy

okolo 600 000 Kč. Takový rozdíl je již výrazný a pro koupi rozhodující i při nižší životnosti opraveného stroje. Možností, jak opravit již výkonnostně nedostačující či nefunkující stroj, je několik:

- stroj opraví firma zabývající se renovacemi,
- renovace stroje svépomocí,
- renovace stroje svépomocí s možnými kooperacemi v externí firmě.

V podkapitolách (3.1, 3.2 a 3.3) jsou stručně popsány jednotlivé možnosti renovace, jejich výhody a nevýhody.

### 3.1 RENOVACE PROVEDENÁ SPECIALIZOVANOU FIRMOU

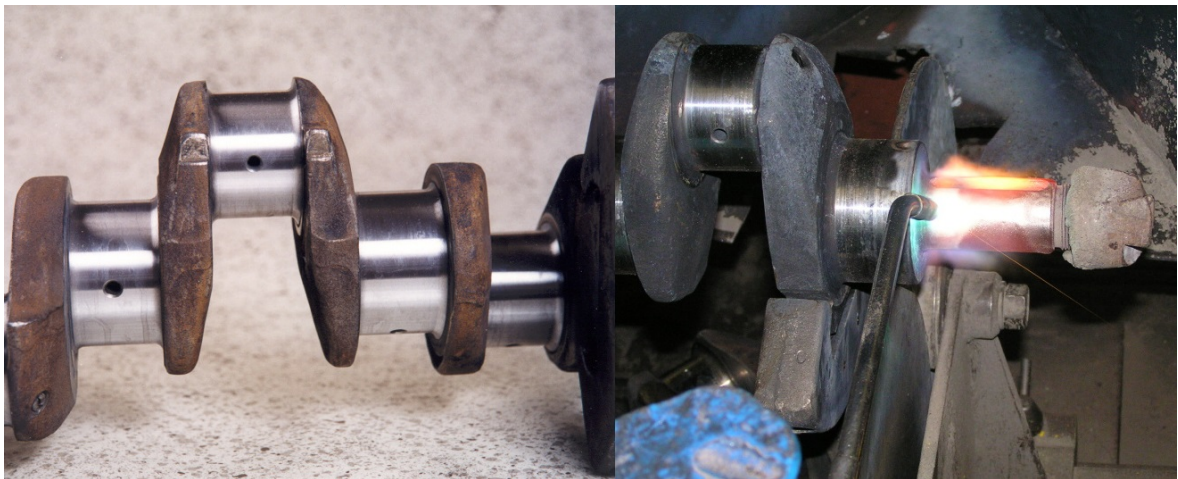
Pokud zemědělský podnik nebo soukromý zemědělec nemá zavedenou technickou stanici je nucen předat svůj stroj externí firmě, která se renovacemi zabývá. Jak je již zmíněno v úvodu kapitoly 3, vzhledem k historickému postavení značky Zetor na našem trhu se těmito opravami zabývá mnoho firem. Tyto firmy se však mohou lišit svojí nabídkou renovačních možností. Většina z nich se zaměřuje zejména na generální opravy motorů a převodovky, pouze malá část z nich na rozsáhlejší kompletní renovaci zahrnující obnovení vzhledu karoserie, kabiny, palubní desky a obnovení funkčnosti elektroinstalace, systému řízení a pracovního zařízení. Kompletní renovací se zabývá např. firma Jan Kuchař z Velimi (obr. 49).



Obr. 49 Generální oprava traktoru provedená firmou Jan Kuchař z Velimi [74]



Některé části motoru a převodovky (pístní kroužky, ložiska, ozubená kola) nemohou být samozřejmě opraveny, ale pouze vyměněny. Menší firmy se při opravách motorů uchylují právě k přímé výměně veškerých komponentů potřebných pro obnovení funkce zařízení. Skutečně renomované podniky jsou ovšem schopny i řadu opotřebovaných dílů opravit a ušetřit tak nemalé náklady zadavateli renovace. Firma AGM - Agromotor s.r.o. se zaměřuje právě i na složitější zakázky a je schopna například rotační součásti typu klikových hřídelí opravit termickým nástřikem kovu a následným broušením na původní nebo požadovaný rozměr (obr. 50), nebo kompletně renovovat hlavy motorů.



Obr. 50 Oprava opotřeбенí klikové hřídele termickým nástřikem kovu [75]

### 3.2 RENOVACE STROJE SVÉPOMOCÍ

Některé součásti však nutně nevyžadují strojní opracování a lze je renovovat svépomocí ručním obráběním. Pro majitele traktoru to může znamenat značné ušetření nákladů, které jinak zaplatí za práci externí renovační firmy či za nové komponenty. Tento postup však vyžaduje odborné znalosti opravovaného stroje a renovačních postupů a také dostatečné technické zázemí a vybavenost vlastní dílny. Životnost opravených dílů je zpravidla přímo úměrná vynaloženým nákladům na renovaci. Nevýhodou renovovaných částí ručním obráběním je tudíž i nižší životnost oproti novým komponentům.

Vzhledem k dostatečnému množství zkušeností a technických znalostí v oblasti oprav traktorů Zetor UŘ I, je zvolena tato možnost jako optimální pro renovaci traktoru Zetor 6911. Vhodnost této možnosti je doložena názornými ukázkami v kapitole 4 a rentabilita v kapitole 5.

### 3.3 RENOVACE SVÉPOMOCÍ S KOOPERACEMI EXTERNÍCH FIREM

Pokud se majitel rozhodne z důvodu ušetření nákladů k renovaci vlastními silami ve své dílně, nemusí to vždy znamenat optimální řešení. Například při opravách dílů karoserie může být vhodnější jednotlivé díly otryskat abrazivními částicemi a ušetřit tak čas strávený ručním obráběním jednotlivých dílců. Elektrickou ruční bruskou s výměnnými brousicími kotouči navíc není možné vždy dokonale očistit tvarově složité dílce a záhyby. Tento nedostatek řeší právě technologie tryskání, která navíc dosáhne rovnoměrného očištění a připraví tak dokonale povrch pro následnou aplikaci nátěrových hmot či povlaků. Technologií tryskání se u nás zabývá také mnoho firem (obr. 51), které ji nabízejí i v kombinaci s následným nanášením nátěrových hmot na očištěný výrobek.



Obr. 51 Tryskání karoserie historického automobilu pískem [76]

Pokud však při použití tryskání nedochází k úspoře nákladů vlivem zkrácení operačního času na čištění komponent, je výhodnější využít nástroje pro ruční obrábění. Tento způsob renovace je také uveden v kapitole 4.

Využití kooperace je tedy vždy závislé na majiteli renovovaného stroje. Před započítáním samotné renovace musí zvážit, zda je jeho dílna vhodně technicky vybavena, zda jsou jeho technické znalosti dostačující pro úspěšné a efektivní dokončení opravy stroje, a není-li tedy výhodnější zadat práci zkušené renovační firmě.

## 4 PROVEDENÍ RENOVACE

Předmětem renovace je traktor Zetor 6911 vyrobený v roce 1978. Celková renovace stroje je velice rozsáhlá a zahrnuje opravu dílů karoserie, kabiny, přístrojové desky a zejména motoru, převodovky a mechanizovaného ústrojí traktoru. Praktická část je zaměřena pouze na specifické opravy těch dílů, při kterých se využívá některé z metod ručního obrábění, které jsou popsány v teoretické části práce (kapitola 2). Traktor před renovací není v provozuschopném stavu zejména z důsledku opotřebení některých částí. Ukázky renovací jsou provedeny na těchto částech traktoru:

- konzola přední nápravy,
- hlava motoru,
- skříň převodovky,
- pedál spojky,
- a nádrž.

Renovační postupy jsou různě složité, mají však všechny stejný účel: obnovit funkčnost opotřebované součásti. V kapitole 4 jsou popsány postupy jednotlivých renovací, použité metody ručního obrábění, s tím související nástroje a mechanizované nářadí a je přiložena fotodokumentace výchozího a konečného stavu. Detailní fotografie průběhu renovace a nástrojů jsou vzhledem k velikosti uvedeny v přílohách.

### 4.1 RENOVACE KONZOLY PŘEDNÍ NÁPRAVY

Součást slouží k uchycení přední nápravy k rámu stroje a zároveň umožňuje naklápění celé nápravy v nerovném terénu. Součást je zobrazena na obr. 52. Při provozu došlo k nadměrnému opotřebení pouzdra čepu, který spojuje nápravu s konzolou a následně i k opotřebení vnitřní díry pro uložení pouzdra. Uložení tak mělo příliš velkou vůli (viz. obr. 53).



Obr. 52 Konzola v katalogu ND [77]



Obr. 53 Rozměry děr pro uložení čepu před renovací.

Původní rozměr pro pouzdro má hodnotu 65,00 mm. Na zadní díře konzoly nedošlo k žádnému opotřebení, naopak na přední díře došlo k výraznému opotřebení vlivem nedostatečného mazání uložení. Dle literatury je maximální přípustná vůle středového čepu 0,6 mm. [78] V případě zadní díry o  $\varnothing$  67,48 mm je tedy vůle nepřipustná. Pro obnovení funkčnosti součásti je zvolen renovační postup uvedený v tab. 13.

Tab. 13 Renovační postup konzoly přední nápravy

Pořadí operace	Název operace	Nářadí	Nástroje
01	broušení díry - čištění	přímá bruska Narex EBD 30-8 E	brousící tělísko 50x10-6 99BA 60 M 7 V
02	navarování	svařovací inventar Kühtreiber KITin 165	elektroda CHEM-WELD 7100 2,5 mm
03	broušení díry - $\varnothing$ 65,00 mm	přímá bruska Narex EBD 30-8 E	brousící tělísko 50x10-6 99BA 60 M 7 V
04	frézování mazací drážky	přímá bruska Narex EBD 30-8 E	Proxxon 28720 drážkovací fréza 10 mm
05	nalísování pouzdra a usazení čepu	přípravek k nalísování	dílenský hydraulický lis

První operací je čištění povrchu díry broušením jako příprava před samotným navařováním. Jedná se pouze o očištění hrubých nečistot atmosférické koroze a mastnoty, jelikož použitá rutil-bazická elektroda CHEM-WELD 7100 je vhodná i pro svařování znečištěných materiálů a povrch tedy nemusí být vybroušen do kovového lesku. Další operací je broušení díry na požadovaný rozměr 65 mm. Rozměr je zkontrolován posuvným měřítkem. Poslední obráběcí operací je frézování mazací drážky o šířce 10 mm, hloubce 5 mm a ve vzdálenosti 70 mm od vnějšího čela konzoly. Po dokončení obráběcích operací jsou do děr nalisovány pouzdra a do nich uložen středový čep, který ponese nápravu. Jelikož zatížení přední nápravy činí v průměru až 45 %, je nutné uložení pravidelně a dostatečně mazat kulovou mazací hlavici, aby znovu nedocházelo k poškození pouzder a následně celé sestavy. Na obr. 54 je zobrazen stav součásti před a po renovaci. Fotodokumentace postupu, použitých nástrojů a nářadí je v příloze 4 a příloze 5.



Obr. 54 Stav součásti před a po renovaci

## 4.2 RENOVAČE HLAVY MOTORU

Hlava válce (obr. 55) je pro všechny typy motorů Zetor UŘ I (od modelu Zetor 2011 až po model 6945) samostatná pro každý válec. Součástí hlavy jsou nalisovaná vodítka sacího i výfukového ventilu a pouzdro pro uložení vstřikovače paliva. První částí renovace hlavy je úprava dosedacích ploch ventilů. Během provozu stroje jsou dosedací plochy opotřebovávány vlivem rychlých změn teploty, tlaku, velmi agresivního šterbinového proudění



Obr. 55 Hlava válce v katalogu ND [79]

a zachytáváním pevných částic výfukových spalin. Tyto faktory způsobují netěsnost ventilů a snižují účinnost motoru. Úprava dosedacích ploch ventilů je provedena dle renovačního postupu, který je uveden v tab. 14. Fotodokumentace postupu, použitých nástrojů a nářadí je v příloze 6 a příloze 7.

Tab. 14 Renovační postup pro dosedací plochy ventilů

Pořadí operace	Název operace	Nářadí	Nástroje
01	broušení těsnicí plochy hlavy	ruční vibrační bruska Bosch PSS 200 AC	brousící papír Klingspor PS31B K120
02	frézování dosedací plochy výfukového ventilu	vratidlo	upínací stopka, fréza na sedlo ventilu 45° ø 40 mm
03	frézování dosedací plochy sacího ventilu	vratidlo	upínací stopka, fréza na sedlo ventilu 45° ø 35 mm
04	zabrušování sedla ventilů	akumulátorová vrtačka Dewalt DC 925	sací ventil, výfukový ventil, sada na zabrušování ventilů Holts VG4RA

Ruční vibrační bruskou je těsnicí plocha hlavy válce zbavena všech nečistot, které by způsobily pozdější netěsnost či poškození těsnění hlavy. Frézování dosedací plochy ventilu je prováděno ve dvou krocích. Nejprve je kuželovou stranou frézy obrobena kuželová část sedla tak, aby byl celý povrch hladký a čistý. Následně je fréza otočena na upínací stopce

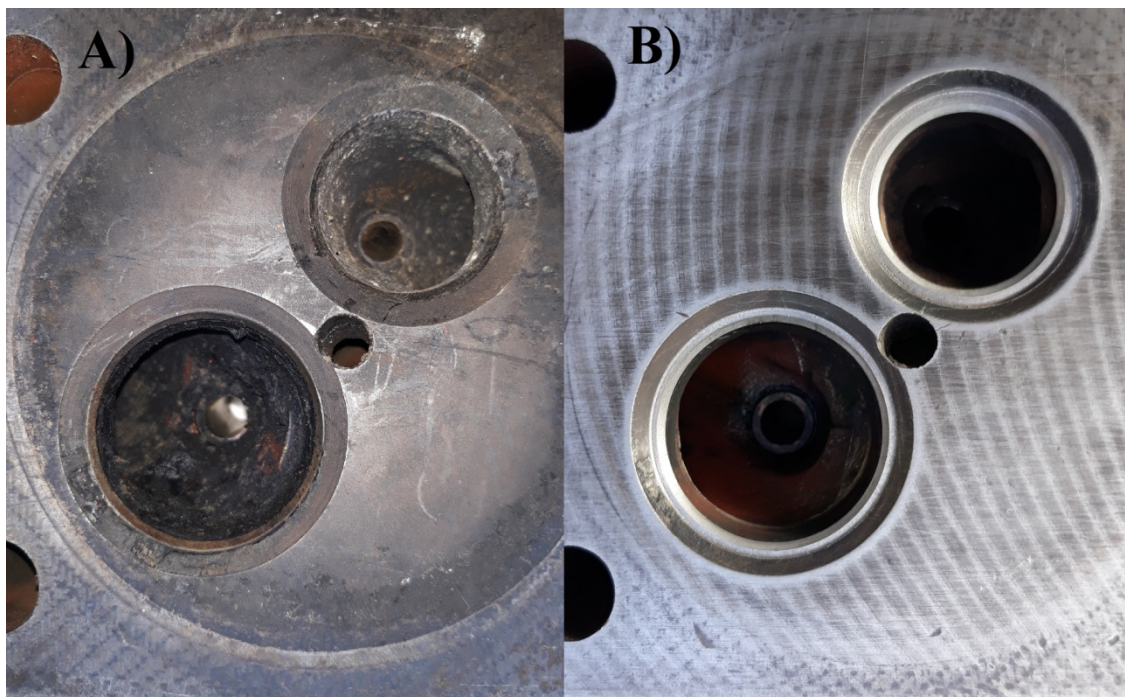
a rovným čelem je snížena výška kuželové plochy. Zúžením stykové plochy je minimalizována možnost budoucí netěsnosti ventilu, který se ve vodítku pohybuje s určitou vůlí (0,020 – 0,055 mm pro sací ventil a 0,40 – 0,080 pro výfukový ventil).



Obr. 56 Stopa po zabroušení na výfukovém ventilu

Poslední operací je zabrušování dosedací plochy. Ventil je upevněn do vřetena vrtačky, jeho styková plocha je potřena hrubou zabrušovací pastou a přerušovaným rotačním pohybem v jednom směru je obroušena dosedací plocha. Pohyb je přerušován z důvodu dostatečného přísunu zabrušovací pasty mezi plochy - nemělo by tak docházet ke styku kovu na kov. Tento postup je opakován i s nanesením jemné pasty. Pokud jsou dosedací plochy správně zabroušeny, na ventilu je viditelné obroušené mezikruží, jehož povrch už není kovově lesklý ale matný (obr. 56). Těsnost ventilu lze ověřit několika

způsoby, z nichž je využíván zejména způsob s použitím benzínu. Ventily jsou nasazeny do sacích a výfukových kanálů a nalitý benzín nesmí nikde prosakovat. [80] Zkouška těsnosti byla úspěšná. Výchozí a konečný stav první části renovace hlavy je na obr. 57.



Obr. 57 Sedla ventilů: A) výchozí stav, B) konečný stav

Druhou částí úpravy hlavy je vyvrtání nových děr se závitem pro uchycení výfukového potrubí. Tento krok je nezbytný, jelikož opravovaná hlava není z renovovaného traktoru. Původní hlavy válců jsou všechny popraskané, tudíž nepoužitelné. Popraskání je nejčastěji způsobeno těmito faktory:

- výkonové přetížení motoru a vyšší pracovní teploty,
- doplnění chladicí kapaliny do nevychlazeného motoru,
- a roztažností zamrznuté chladicí kapaliny.

Z důvodu zamezení vyšších nákladů spojených s pořízením nových hlav jsou využity dostupné hlavy na typ motoru 7201, ve kterých však musí být vyvrtány díry se závitem pro uchycení výfukového potrubí na požadovaný typ motoru 5201. Úprava hlavy je provedena dle postupu, který je uveden v tab. 15. Fotodokumentace postupu, použitých nástrojů a náradí je v příloze 8 a příloze 9.

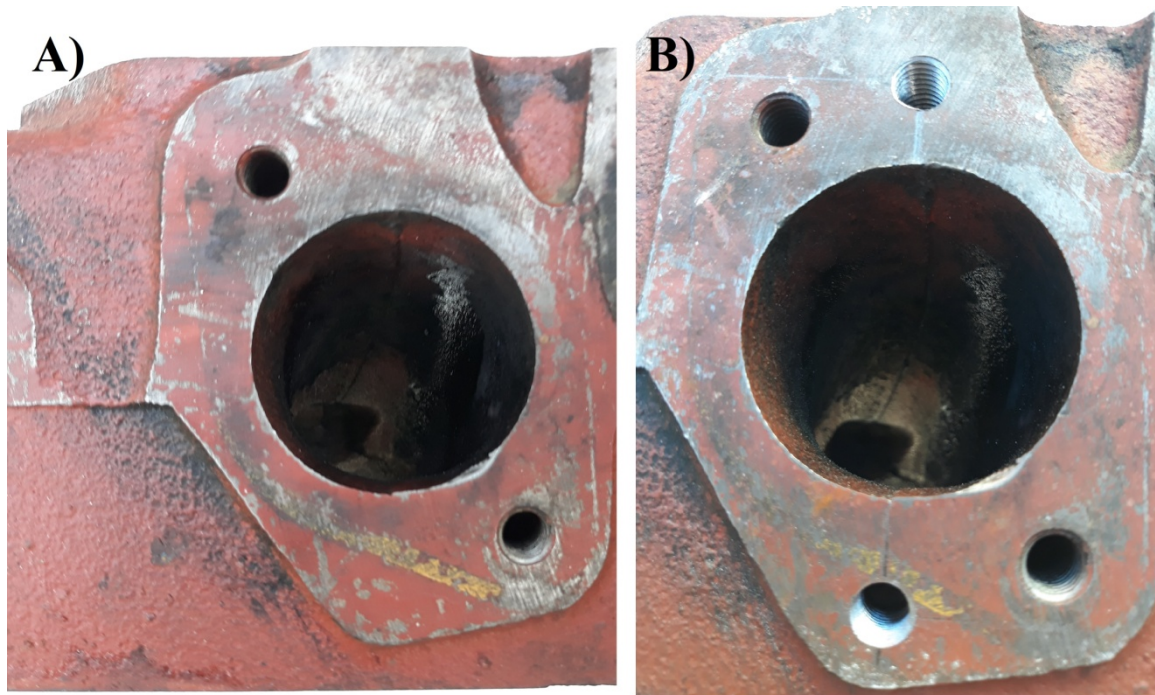
Tab. 15 Postup úpravy hlavy válce pro typ motoru 5201

Pořadí operace	Název operace	Náradí	Nástroje
01	orýsování	posuvné měřítko	rýsovací jehla, důlčík
02	předvrtání díry Ø 3 mm, hl. 21 mm	ruční elektrická vrtačka Narex EVP 13 E-2H3	stavitelný doraz, vrták HSS 3 mm
03	vrtání díry Ø 6,8 mm hl. 21 mm	ruční elektrická vrtačka Narex EVP 13 E-2H3	stavitelný doraz, vrták HSS 6,8 mm
04	řezání závitu M8	vratidlo	sada závitníků Narex pro závit M8

Přípravou před vrtáním je orýsování rýsovací jehlou a vyražení důlku pro přesnější náběh vrtáku do řezu. Poloha děr byla změřena posuvným měřítkem na starých popraskaných hlavách válců. První obráběcí operací je předvrtání díry o Ø 3 mm a hloubce 21 mm. Díra je vyvrtána vrtákem z rychlořezné oceli upnutým v ruční elektrické vrtačce Narex se stavitelným dorazem, který zaručí stejnou hloubku všech vrtaných děr. Stejný postup vrtání je opakován i při vrtání díry o Ø 6,8 mm. Tento průměr je doporučený pro předvrtání díry pro závit M8. Poslední operací je samotné řezání závitu. Závit je vyřezán pomocí závitové sady Narex. Závitníky jsou použity postupně takto:



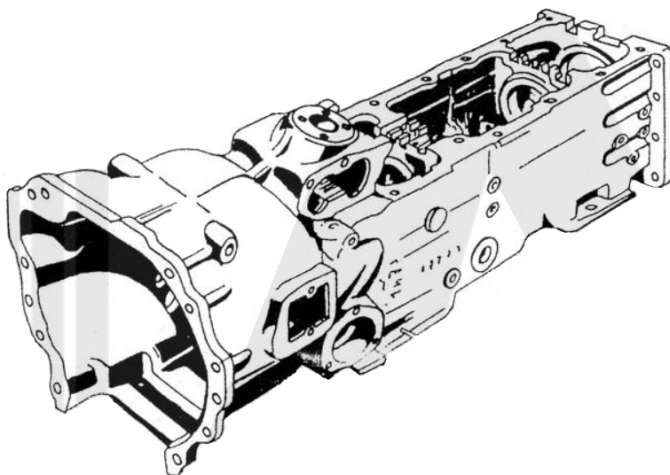
předoperační (jedna ryska), hrubovací (dvě rysky) a dokončovací (žádná ryska). Mezi jednotlivými operacemi jsou z neprůchozí díry vyfukovány třísky stlačeným vzduchem. Výchozí a konečný stav součásti je na obr. 58.



Obr. 58 Hlava válce: A) výchozí stav, B) konečný stav

### 4.3 RENOVACE SKŘÍNĚ PŘEVODOVKY

Převodovky traktorů Zetor UŘ I jsou v klasickém provedení s mechanickými převody. Přenos krouticího momentu od motoru tedy zajišťují ozubená kola. Řazení je prováděno řadicí pákou umístěnou pod volantem traktoru. Na konci řadicí tyče je



Obr. 59 Převodová skříň v katalogu ND [81]

přípevněn tzv. kámen, který se pohybuje ve vyfrézovaných drážkách převodové skříně a přesouvacích vidlic sloužících k posouvání ozubených kol na hřídeli. Schéma převodové skříně je uvedeno na obr. 59. I když jsou převodovky traktorů Zetor dostatečně dimenzovány, vzniklo značné opotřebení těchto drážek

způsobené vyčerpáním životnosti dílu. Řadicí páka tak měla značnou vůli a řazení rychlostních stupňů neprobíhalo hladce, jako je tomu u nového traktoru. V nejhorším případě pak může dojít k zauzlování převodového ústrojí, tedy k zařazení dvou rychlostních stupňů v jednom okamžiku. Rozsah opotřebení drážek je na obr. 60.



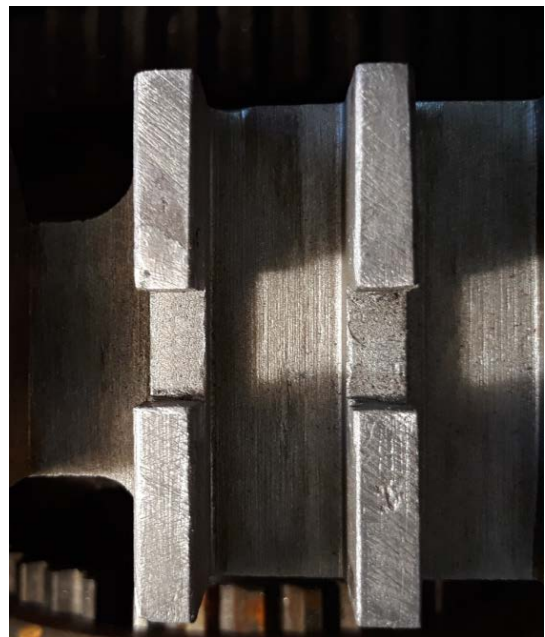
Obr. 60 Opotřebení vodicích drážek v převodové skříně

Převodové ústrojí traktoru je plně funkční a není požadována výměna žádného z dílů či ozubených kol. Výměna převodové skříně za novou je velice náročnou a zdlouhavou operací, tudíž se renovace opotřeбенé skříně ručním obráběním jeví jako výhodná. Renovace součásti po jednotlivých krocích je uvedena v tab. 16. Fotodokumentace postupu, použitých nástrojů a nářadí je v příloze 10 a příloze 11.

Tab. 16 Renovační postup převodové skříně

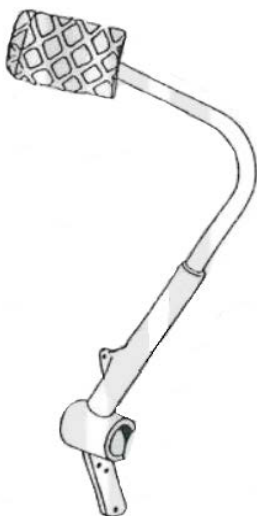
Pořadí operace	Název operace	Nářadí	Nástroje
01	navarování	svařovací inventar Kühtreiber KITin 165	elektroda CHEM-WELD 7100 2,5 mm
02	hrubovací frézování	pneumatická přímá bruska Metabo DG 700	válcová fréza zaoblená Lukas HFC 1225.06 Z7
03	dokončovací frézování	pneumatická přímá bruska Metabo DG 700	válcová fréza s čelním ozubením Lukas HFAS 1225.06 Z5
04	pilování	pilník na kov plochý	-

Renovace skříně je provedena s namontovaným převodovým ústrojím uvnitř, je pouze odkryto víko skříně a okolí drážek je dokonale utěsněno, aby se případná struska po navařování nebo tříska při frézování nedostaly do převodové skříně a neznečistily převodové ústrojí. První operací je navařování chybějících částí drážek. Stejně jako v případě renovace konzoly je použit svařovací inventar Kühtreiber a svařovací elektrody CHEM-WELD 7100, při jejichž použití není nutné dokonalé očištění povrchu před svařováním. Následující operací je hrubování zaoblenou válcovou frézou Lukas HFAS 1225.06 Z7 upnutou v pneumatické brusce Metabo. Tato tvrdokovová fréza (karbid wolframu a molybden) je svojí křížovou geometrií břitů vhodná právě k obrábění svarů pomocí ručních elektrických a pneumatických brusek. Rozměr drážky po hrubování je 13 mm. V dokončovací operaci je drážka obrobena frézou Lukas HFAS 1225.06 Z5 na požadovanou šířku 14 mm. Tvar ozubení Z5 je na rozdíl od typu Z7 vhodný pro docílení přesnějších rozměrů i pro práci v rozích. Stěny drážek jsou zarovnány a slícovány jemným plochým pilníkem. Stav součásti po renovaci je uveden na obr. 61.



Obr. 61 Drážky převodové skříně po renovaci

#### 4.4 RENOVACE PEDÁLU SPOJKY



Obr. 62 Pedál spojky  
v katalogu ND [81]

Tento velice namáhaný a nejčastěji využívaný dílec (obr. 62) z celé soustavy pedálů byl značně opotřebován. Na rozdíl od ostatních dílů, které lze nakoupit v autorizovaných prodejnách, tento díl již dostupný není, tudíž je jeho renovace nezbytná. Opotřebováno bylo mosazné pouzdro nalisované uvnitř příruby pedálu, ale také hřídel, na které je pedál uchycen. Renovace hřídele je složitější a metodami ručního obrábění neproveditelná pro požadovanou přesnost. Tento dílec byl vyměněn za nový. Opotřebování hřídele pedálů a mosazného pouzdra je na obr. 63.



Obr. 63 Opatření hřídele pedálů a mosazného pouzdra

Tab. 17 Renovační postup pedálu spojky

Pořadí operace	Název operace	Nářadí	Nástroje
01	nalísování pouzdra	přípravek k nalísování	dílenský hydraulický lis
02	řezání	ruční pila	pilový list Pilana 22 2951 Cr
03	pilování	pilník plochý, pilník půlkulatý	-
04	vystružování	vratidlo	stavitelný výstružník Narex 23,75 – 26,60 mm

Postup renovace pedálu spojky je přehledně zobrazen v tab. 17. Fotodokumentace postupu, použitých nástrojů a nářadí je v příloze 12 a příloze 13. Po vyjmutí opotřebovaného pouzdra je do příruby nalísováno pouzdro, které však svými rozměry nevyhovuje a musí být upraveno dle rozměrů hřídele. Ruční pilkou je nejprve upravena délka pouzdra. Pilový list Pilana 22 2951 Cr má kalené oboustranné ozubení s vlnovitým rozchodem a je vhodný i pro řezání barevných kovů. Následující operací (pilování plochým pilníkem) je zkráceno pouzdro na



Obr. 64 Stav součásti po renovaci

požadovanou délkou 42 mm, půlkulatým pilníkem sraženy hrany a odstraněny otřepy po předchozích operacích pro lepší náběh výstružníku. Poslední úpravou pouzdra je vystružování ručním stavitelným výstružníkem Narex na Ø 25 mm. Součást po renovaci je na obr. 64.

#### 4.5 RENOVACE NÁDRŽE

Součástí kompletní renovace traktoru je i povrchová úprava plechových částí. Pro názornou ukázkou je vybrána plechová nádrž, která u Zetoru 6911 tvoří prodlouženou část kapotáže a je uložena na těle traktoru pomocí silentbloků. Jak je již zmíněno v kapitole 3.3, jednou z možností renovace je povrchové tryskání součásti. Nádrž traktoru není svojí konstrukcí a značným stářím vhodná pro technologii tryskání, a také vzhledem k nebezpečí



proděravění nádrže abrazivními částicemi. Dalším důvodem pro zvolení metody ručního obrábění je nedostupnost technologie tryskání v blízkém okolí, kdy jsou dopravou dílů neúměrně zvyšovány celkové náklady na renovaci. Výchozí stav součásti je na obr. 65 a postup pro renovaci nádrže metodami ručního obrábění je uveden v tab.18.

Obr. 65 Nádrž traktoru před renovací

Tab. 18 Renovační postup nádrže

Pořadí operace	Název operace	Nářadí	Nástroje
01	broušení	úhlová bruska Einhell TC-AG 125	hrncový kartáč Osborn D65
02	broušení	ruční vibrační bruska Bosch PSS 200 AC	broušící papír Klingspor PS31B K120

První fáze broušení je provedena hrncovým kartáčem Osborn D65 upnutým v ruční úhlové brusce Einhell. Tento kartáč je po obvodu tvořen spletenými ocelovými dráty. Je vhodný na hrubé čištění a kartáčování rozsáhlých nabarvených a lakovaných povrchů.

Povrch je v první operaci dokonale očištěn od nátěrové hmoty. Stav součásti po první operaci je zobrazen na obr. 66. Druhou operací je broušení povrchu jemným brousicím papírem Klingspor upnutým v ruční vibrační brusce Bosch. Při této operaci dochází ke snížení hodnoty Ra a v případě rovných ploch také k aktivaci povrchu před nanášením nátěrového systému. Nerovné plochy není možné identifikovat po první operaci broušení hrcovým kartáčem. Tuto výhodu mají právě brousicí papíry, které nerovnosti zviditelní (obr. 67). Nerovnosti mohou být následně odstraněny nanesením tmelícího přípravku, který je možné po vytvrzení brousit. Fotodokumentace použitých nástrojů a nářadí je v příloze 14.



Obr. 66 Broušení hrcovým kartáčem



Obr. 67 Nerovnosti na povrchu nádrže po druhé fázi broušení

## 5 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Metoda renovačního postupu svépomocí byla úspěšně provedena. V kapitole 5 jsou stanoveny náklady za práci, kterou by v případě externí renovace prováděla renomovaná firma. Jelikož je celková renovace traktoru velice komplexní, byly v práci uvedeny pouze některé renovační postupy dílů zastupující odlišné části traktoru. Pokud majitel stroje provádí renovaci svépomocí, šetří tím náklady za hodinovou sazbu dělníka renovační firmy. Některé firmy se namísto obnovení životnosti a provozuschopnosti uchylují k výměně opotřebovaných dílců za nové. Ceny nových dílců jsou uvedeny v následující tabulce. Dle dostupných zdrojů je hodinová sazba mechanika provádějícího renovaci přibližně 350 Kč/hod bez DPH. [82] Náklady na použité nástroje a materiál nejsou v celkové ceně zahrnuty, jelikož jsou pro obě varianty stejné. Jednoduchým příkladem je broušící papír. Pokud jej k broušení použije externí firma, je připočten k celkovým nákladům. Stejně tak může být jeho cena zahrnuta do nákladů při renovaci svépomocí. Přehled jednotlivých nákladů bez DPH je uveden v tab. 19.

Tab. 19 Přehled nákladů

Součást	Celkový čas renovace [min]	Náklady na mechanika externí firmy [Kč]	Cena nové součásti [Kč]
Konzola	180	1050	17 900
Hlava válce	25/100*	146/584*	1530/6120*
Skříň převodovky	120	700	32 000
Pedál	30	175	-
Nádrž	20	117	3640**
<b>Součet</b>	<b>450</b>	<b>2 626</b>	<b>59 660</b>

\* renovace jednoho kusu/ renovace čtyř kusů

\*\* cena za renovovanou nádrž

Z tab. 19 je patrné, že výměna opotřebovaných dílů za nové velice rychle a značně zvyšuje náklady na renovaci. V takovém případě je opravdu nezbytné zvážit nutnost renovace a její rentabilitu. Některé díly, jako je např. pedál spojky, ani není možné vyměnit za nové, tudíž

musejí být opraveny. Z tohoto hlediska se renovace dílů jeví jako velice výhodná a v některých případech i nezbytná. Jelikož je v tomto případě provedena renovace svépomocí, jsou ušetřeny náklady na hodinovou sazbu mechanika 2 626 Kč bez DPH. Jak je již zmíněno, náklady na použité nástroje a materiál nejsou uvedeny. Je to také z důvodu nestejnorodosti oprav. Součásti ze dvou různých traktorů stejného typu jsou téměř vždy rozdílně opotřebeny, tudíž je tato část nákladů rozdílná a její uvedení není směřodonné a využitelné při jiné renovaci.



## ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá ručním pracovním náradím a jeho využitím při renovaci konkrétního výrobku. Přestože v současné době převažuje strojní výroba nad ruční, jsou některé z metod nezastupitelnými a stále využívanými vzhledem ke svojí finanční nenáročnosti.

Pomocí ručního obrábění byla provedena renovace vybraných částí traktoru Zetor 6911 z první unifikované řady. Renovace traktoru může být provedena renomovanou pracovní firmou, svépomocí nebo svépomocí s možnými kooperacemi externí firmy. Vzhledem k dostatečnému množství zkušeností a technických znalostí v oblasti oprav traktorů Zetor byla zvolena možnost renovace traktoru svépomocí.

Tato varianta vede zejména k ušetření nákladů na hodinovou sazbu mechanika renovační firmy, které v tomto případě činí 2 626 Kč bez DPH. Pokud se ovšem renovační firma rozhodne vyměnit opotřebované části za nové, vzrostou konečné náklady na renovaci i několikanásobně.

Vždy je tedy nutné posoudit, zda je renovace nefunkčního traktoru finančně výhodnější než pořízení již zrenovovaného nebo nového traktoru. V podmínkách, ve kterých autor opravu provádí, je renovace svépomocí finančně nenáročná a lze ji doporučit k renovaci traktoru stejného typu.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

- [1] 1971 Camaro: Restored by my brother Roger Walker in Nashville. In: *Pinterest* [online]. 2013 [cit. 2018-01-31]. Dostupné z: <https://www.pinterest.de/pin/288582288593946061/>
- [2] BILÍK, Oldřich. *Obrábění I*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. str. 3. ISBN 80-7078-811-9.
- [3] Mladší paleolit a mezolit: Kamenná industrie. In: *Pedagogická fakulta UJEP* [online]. 2007 [cit. 2018-02-03]. Dostupné z: [https://pf.ujep.cz/~velimskyt/pravek/02paleolit/021ml\\_paleolit.htm](https://pf.ujep.cz/~velimskyt/pravek/02paleolit/021ml_paleolit.htm)
- [4] ROLT, L. T. C. *A Short History of Machine Tools*. Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1965. ISBN-13: 978-0262180139 str. 201
- [5] Smyčkový soustruh: Soustruh se svislou osou otáčení. In: *Domáci soustružení* [online]. 2012 [cit. 2018-02-06]. Dostupné z: <http://www.domaci-soustruzeni.cz/smyccovy-soustruh/obecne.html>
- [6] Historie obrábění 2: Soustružení. In: *TOS Varnsdorf* [online]. 2003 [cit. 2018-02-06]. Dostupné z: <http://www.tosvarnsdorf.cz/cz/ospolecnosti/historie/vzpominky/clanky/vzpominky-75-historie-obrabeni-2.html>
- [7] Technical evolution of the machine tool: Evolution until the 17TH century. In: *Interempresas* [online]. 2002 [cit. 2018-02-06]. Dostupné z: <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/1435-Evolucion-tecnica-de-la-maquina-herramienta-Resena-historica.html>
- [8] Multicultural York: The Vikings. In: *My learning* [online]. [cit. 2018-02-06]. Dostupné z: <http://www.mylearning.org/multicultural-york-the-vikings/images/1-779/>
- [9] How I built Leonardo Da Vinci's lathe. In: *Stuart King* [online]. [cit. 2018-02-06]. Dostupné z: <https://www.stuartking.co.uk/index.php/how-i-built-leonardo-da-vincis-lathe/>
- [10] MORRISS, Roger. *The Foundations of British Maritime Ascendancy: Resources, Logistics and the State*. Cambridge University Press. str. 189. ISBN 1139494899.
- [11] Vzpomínky 76 - Historie obrábění 3. In: *TOS Varnsdorf* [online]. 2003 [cit. 2018-02-07]. Dostupné z: <http://www.tosvarnsdorf.cz/cz/ospolecnosti/historie/vzpominky/clanky/vzpominky-76-historie-obrabeni-3.html>
- [12] Henry Maudslay's original screw-cutting lathe. In: *Pinterest* [online]. 2011 [cit. 2018-02-07]. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/356488126727037008/>
- [13] KUMAR, Chethan. *History of Machine Tools: Evolution of Machine tools from the early humans* [online]. In: . 2017 [cit. 2018-02-07]. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/ChethanChethu26/history-od-machine-tools>
- [14] The ultimate benchmark for Turn & Mill: CTX Gamma 3000 TC 2. In: *DMG MORI* [online]. 2016 [cit. 2018-02-07]. Dostupné z: <https://en.dmgmori.com/news-and-media/technical-press-news/news/open-house-pfronten-2016-ctx-gamma-3000-tc>
- [15] Ruční řezání kovů: Základní části ruční rámové pily. In: *Coptel Internetový portál: Digitální učební materiály - Technologie ručního zpracování kovů* [online]. 2013 [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <https://coptkm.cz/portal/?action=2&doc=39879&docGroup=1&cmd=0&instance=2>

- [16] STIBOR, Karel; Zdeněk DOSEDLA a Jiří DVOŘÁČEK. *Praktikum materiálů a technologie kovů*. Brno: Masarykova univerzita, 2003, str. 9. ISBN 80-210-3077-1.
- [17] BUCHTA, Jaroslav. Dokumenty - materiály k výuce: Technologie - ruční zpracování kovů. *VOŠ a SPŠ Žďár nad Sázavou* [online]. [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <http://web.sstzr.cz/download/cat1/rucni-zpracovani-kovu-1-rocnik.pdf>
- [18] SHARPENING A HAND SAW. In: *Workshop companion* [online]. 2009 [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: [http://workshopcompanion.com/KnowHow/Tools/Sharpening/8\\_Sharpening\\_Hand\\_Saws/8\\_Sharpening\\_Hand\\_Saws.htm](http://workshopcompanion.com/KnowHow/Tools/Sharpening/8_Sharpening_Hand_Saws/8_Sharpening_Hand_Saws.htm)
- [19] Sada pilových listů pro přímočaré pily na kov: Čím se vyznačuje optimální pilový list? In: *Trotec* [online]. [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <https://cz.trotec.com/vyrobky/nastroje/prislusenstvi-k-naradi/sada-pilovych-listu-pro-primocare-pily-na-kov/>
- [20] Geometrie pilového pásu. *LEGNEX: Specialista na pilové pásy a pásové pily* [online]. 2015 [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <http://www.legnex.cz/cs/58-geometrie-piloveho-pasu>
- [21] Kmitací pily: BOSCH GST 25 M Professional přímočará pila na kov. In: *Rucni-naradi.cz* [online]. 2018 [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <https://www.rucni-naradi.cz/bosch-gst-25-m-professional>
- [22] Pily na kov: Ruční kotoučová pila na kov 185mm,1100W 4131. In: *Kámen Brno* [online]. 2018 [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <https://www.naradi-brno.cz/Rucni-kotoucova-pila-na-kov-185mm-1100W-4131/d2362>
- [23] Ruční zpracování kovů: Pilování. In: *Elektronická učebnice* [online]. 2016 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/113>
- [24] ADAMS, Jeannette. *Metalworking handbook: Principles and procedures*. New York: Arco publishing company, 1976, s. 94-98. ISBN 0-668-03857-8.
- [25] Základní pracovní operace pro ruční opracování kovů: Pilování. In: *Slideplayer* [online]. 2017 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/11406450/>
- [26] DOBROVOLNÝ, Bohumil. *Ruční zpracování a obrábění kovů: Pomůcka pro školení dorostu a dělníků v průmyslu*. 7. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1954. Řada strojírenské literatury, s. 49-58.
- [27] Vzorník hrubostí seků. In: *AJAX Pilníky a.s.* [online]. 2015 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: [https://ajaxjihlava.cz/index.php?id\\_cms=9&controller=cms&id\\_lang=1](https://ajaxjihlava.cz/index.php?id_cms=9&controller=cms&id_lang=1)
- [28] Mistr tradiční rukodělné výroby Kraje Vysočina: Drahomír Smejkal. In: *YouTube* [online]. 2016 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=hE58pPyNQs&t=238s>
- [29] HLOUŠEK, Petr. Poslední pilníkář nedá na ruční práci dopustit: Co zub, to úder kladiva. In: *Novinky* [online]. 2016 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/kariera/414680-posledni-pilnikar-neda-na-rucni-praci-dopustit.html>

- [30] High speed electric file: High-power Attack AC-32. In: Automach [online]. 2003 [cit. 2018-03-12]. Dostupné z: <http://www.automach.com/pages/frame34/prod1-e.html>
- [31] Strojírenská technologie: Přednáška 3. In: *DocPlayer.cz*[online]. 2016 [cit. 2018-03-12]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/6903658-Strojirenska-technologie.html>
- [32] BOHUMIL, Dobrovolný. Vrtání. *Ruční zpracování a obrábění kovů: Pomůcka pro školení dorostu a dělníků v průmyslu*. 7. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1954, str. 99.
- [33] SVOBODA Jaroslav a ULEJ Milan. Měření a ruční obrábění kovů: Kapitola 02 - Lekce 06 Vrtání. In: *SOŠ Čelákovice s.r.o.* [online]. [cit. 2018-03-14]. Dostupné z: [1url.cz/htcIA](http://1url.cz/htcIA)
- [34] VRTÁKY: Vrtáky do kovu [online]. In: . [cit. 2018-03-14]. Dostupné z: <https://www.falti.cz/vrtaky-do-kovu>
- [35] Vrtačky ruční. In: *BRUFUS Železářství* [online]. 2018 [cit. 2018-03-14]. Dostupné z: <https://www.brufus.cz/dilna-vrtačky-rucni-katskup97688.php>
- [36] Jak vybrat elektrickou vrtačku?. In: *Nářadionline* [online]. 2017 [cit. 2018-03-14]. Dostupné z: <https://www.naradionline.cz/jak-vybrat-elektrickou-vrtacku>
- [37] Pneumatické nářadí: Vzduchová vrtačka reverzibilní. In: *Toolsko* [online]. [cit. 2018-03-14]. Dostupné z: <http://shop.toolsko.cz/cs/002-pneumaticke-naradi/3444-vzduchova-vrtačka-reverzibilni-10-mm-5055058122254.html>
- [38] Produktivní nástroje pro letecký průmysl a kosmonautiku. *Průmyslové spektrum: Technický měsíčník pro Českou republiku a Slovensko*. 2017, (12), str. 66-67. ISSN 1212-2572.
- [39] FIALOVÁ, Dana a Vladislav GRADEK. Zámečnické práce a údržba 1. díl. Praha: Parta, 2006. ISBN 80-7320-086-4
- [40] Vyhrubování a vystružování válcových děr. In: *Coptel Internetový portál: Digitální učební materiály - Technologie ručního zpracování kovů* [online]. 2013 [cit. 2018-03-19]. Dostupné z: <https://coptkm.cz/portal/reposit.php?action=0&id=23122&revision=-1&instance=2>
- [41] Hand Tools: Hand Reamers. In: *Pearson Higher Education* [online]. 2018 [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <https://www.pearsonhighered.com/assets/samplechapter/0/1/3/5/0135015081.pdf>
- [42] Ruční zpracování kovů: Ruční vystružování. In: *Elektronická učebnice* [online]. 2016 [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1873>
- [43] ŠVAGR J., VOJTÍK J. *Technologie ručního zpracování kovů: Vystružování*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1985, s. 41-47.
- [44] Vratidlo. In: *Wikipedia: Otevřená encyklopedie* [online]. 2017 [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/23/Vratidlo.jpg/1200px-Vratidlo.jpg>
- [45] Záhlubníky. In: *BO - Import: Nářadí - nástroje* [online]. 2015 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <https://www.bo-import.cz/zahlubniky/>

- [46] Zahlubování. In: *Coptel Internetový portál: Digitální učební materiály - Technologie ručního zpracování kovů* [online]. 2013 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <https://coptkm.cz/portal/reposit.php?action=0&id=19767&revision=-1&instance=2>
- [47] Dillinger Josef. *Moderní strojírenství pro školu a praxi*. Praha: Europa - Sobotáles cz., 2007. ISBN 978-80-86706-19-1
- [48] Řezné a broušící kotouče FLEX: Výběr správného kotouče. In: *MicronPLUS: Vše pro leštění a broušení* [online]. 2013 [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <http://www.micronplus.cz/rezne-a-brusne-kotouce-flex>
- [49] Ruční zpracování kovů: Broušení. In: *Elektronická učebnice* [online]. 2016 [cit. 2018-03-24]. Dostupné z <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1825>
- [50] LADISLAV, Holešínský. Ruční zpracování technických materiálů: Složení a značení broušících kotoučů. In: *Sšz Přerov* [online]. [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: [http://www.sszprerov.cz/dum/ov/7B\\_VY\\_32\\_INOVACE\\_OV\\_1ROC\\_11.pdf](http://www.sszprerov.cz/dum/ov/7B_VY_32_INOVACE_OV_1ROC_11.pdf)
- [51] Ruční bruska na kov. In: *Google: obrázky* [online]. 2018 [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <https://goo.gl/exJZd2>
- [52] HRUBEC, Miroslav. Vrtání děr: Nástroje pro výrobu děr. In: *Ostravská univerzita* [online]. 2009 [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <http://www.osu.cz/dokumenty/proportal/pdf/kpv/vrtani/nastroje.html>
- [53] Grinding and cutting safely: The Operator. In: *The Fabricator: A publication of the fabricators and manufacturers association* [online]. 2009 [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <https://www.thefabricator.com/article/finishing/grinding-and-cutting-safely>
- [54] WATSON, Hugh. Screw Thread Terminology Explained. In: *AFI: Assembly Fasteners, Inc.* [online]. 2015 [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <https://www.afi.cc/blog/screw-thread-terminology>
- [55] General Metal Work: Cutting Threads with Tap and Dies. In: *GIZ: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* [online]. 2000 [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <https://www.giz.de/expertise/downloads/Fachexpertise/en-metalwork-general-metal-work.pdf>
- [56] Obrábění a zpracování kovů: Výroba závitů. In: *Elektronická učebnice* [online]. 2016 [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1432>
- [57] ŠVAGR J., VOJTÍK J. *Technologie ručního zpracování kovů: Řezání závitů*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1985, s. 47-52.
- [58] Hand Tools: Identification and Use of Taps. In: *Pearson Higher Education* [online]. 2018 [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <https://www.pearsonhighered.com/assets/samplechapter/0/1/3/5/0135015081.pdf>
- [59] Ruční sadové závitníky. In: *NAREX Žďánice* [online]. [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <https://www.narexzd.cz/rucni-sadove-zavitniky/0200/>
- [60] Cost Cutter® Combined Drill & Tap. In: *North American Tool* [online]. 2018 [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: <https://www.natool.com/products/special-taps/cost-cutter-combined-drill-tap>
- [61] Závitové čelisti: DIN22568 závitová kruhová čelist. In: *MT nástroje* [online]. 2010 [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: <https://www.mt-nastroje.cz/DIN22568-zavitova-kruhova-celist-M-75x1-5-Levy-d20139.htm>

- [62] Dies, Chasers and Thread Rolls. In: *MSC: Built to make you better* [online]. 2018 [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: <https://www.mscdirect.com/browse/Threading/Dies-Chasers--Thread-Rolls?navid=12105964>
- [63] Závitořezné nože: Závitořezné nože na ocelové pancéřové trubky. In: *Nářadí Roller: Výhradní prodejce nářadí pro instalatéry a topenáře* [online]. 2018 [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: <https://www.naradi-roller.cz/zavitorezne-noze-na-ocelove-pancerove-trubky>
- [64] Ruční nářadí: Hlava náhradní pro ruční závitořez. In: *Shop - nářadí* [online]. [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: [http://www.shop-naradi.cz/hlava-nahradni-pro-rucni-zavitorez-1-yato-yt-2920/d-74062/?gclid=Cj0KCQjwtOLVBRCZARIsADPLtJ1Z93mLT0N3u9cp6mFXAkBghtGeMDYhKLY6QphkY8tnjhsjUeDm-jwaAsM4EALw\\_wcB](http://www.shop-naradi.cz/hlava-nahradni-pro-rucni-zavitorez-1-yato-yt-2920/d-74062/?gclid=Cj0KCQjwtOLVBRCZARIsADPLtJ1Z93mLT0N3u9cp6mFXAkBghtGeMDYhKLY6QphkY8tnjhsjUeDm-jwaAsM4EALw_wcB)
- [65] Hand Tools: Thread-Cutting Dies and Their Uses. In: *Pearson Higher Education* [online]. 2018 [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: <https://www.pearsonhighered.com/assets/samplechapter/0/1/3/5/0135015081.pdf>
- [66] Eclipse 96 Engineering Scrapers. In: *ToolsTop* [online]. 2018 [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: <https://www.toolstop.co.uk/eclipse-96-engineering-scrapers-set-of-3-p73679>
- [67] SVOBODA, Ondřej a Pavel BACH. Je zaškrabávání nezastupitelná metoda?. In: *Průmyslové spektrum: Technický měsíčník pro Českou republiku a Slovensko*. 2016, (12), str. 52. ISSN 1212-2572.
- [68] DOBROVOLNÝ, Bohumil. *Ruční zpracování a obrábění kovů: Pomůcka pro školení dorostu a dělníků v průmyslu*. 7. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1954. Řada strojírenské literatury, s. 49-58.
- [69] *Technologie část 2: Studijní text pro tříletý učební obor zámečnický*. Obnova a modernizace technických oborů v Olomouckém kraji. Olomouc, 2010. str. 3-7
- [70] PNEUMATICKÝ ŠKRABÁK GP-131. In: *Kovonástroje* [online]. 2018 [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: <https://www.kovonastroje.cz/Vzduchove-naradi-a-prislusenstvi/Pneumaticke-sekace/Pneumaticky-skrabak-GP-131-GISON.html>
- [71] Hand Scraping Sets the Foundation for CNC Machining Accuracy and Long-Term Stability. In: *OKUMA: The Americas* [online]. [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: <https://www.okuma.com/hand-scraping-wp>
- [72] MACMILLAN, David M. a Rollande KRANDALL. Hand Scraping: For Precision Surfaces. In: *Circuitous Root: Studies in Antiquarian Technology and Other Matters* [online]. 2012 [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: <https://www.circuitousroot.com/artifice/machine-shop/surface-finishing/hand-scraping/index.html>
- [73] Třetí modernizace traktorů. LUPOMĚCH, František. *Opravy traktorů Zetor: Praktická příručka pro modely traktorů Z 2011– Z 6945*. 4. Brno: Computer Press, 2007, str. 17. ISBN 978-80-251-2422-2.
- [74] Renovace. In: *Jan Kuchař: Prodej a servis traktorů* [online]. 2016 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <http://www.kuchar-zetor.cz/renovace.htm>
- [75] Opravy dílů motorů Zetor: Opravy klikových hřídelí. In: *AGM - Agromotor* [online]. 2018 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <http://www.agm-agromotor.cz/cs/renovace-dilu>
- [76] Fotogalerie: Datsun 240Z. In: *Auto Český Ráj* [online]. 2013 [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://autoceskyraj.cz/fotogalerie/>

- [77] Konzola přední nápravy. In: *Agrozet* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://www.agrozet.cz/e-shop/konzola-predni-napravy-72113321-62113304-d54698.html>
- [78] LUPOMĚCH, František. Přední náprava. *Opravy traktorů Zetor: praktická příručka pro modely traktorů Z 2011 - Z 6945*. 4., dopl. vyd. Brno: Computer Press, 2009, s. 79-83. ISBN 978-80-251-2422-2.
- [79] Hlava válce (URI) 71010501. In: *Agrozet* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://www.agrozet.cz/e-shop/hlava-valce-uri-71010501-d17950.html>
- [80] LUPOMĚCH, František. Hlava válce. *Opravy traktorů Zetor: praktická příručka pro modely traktorů Z 2011 - Z 6945*. 4., dopl. vyd. Brno: Computer Press, 2009, s. 35-39. ISBN 978-80-251-2422-2.
- [81] Katalog náhradních dílů traktorů Zetor UŘ I 4911-6945. In: *Agroservis Hlučín* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://www.agroservishlucin.cz/4911-6945/menu.html>
- [82] Servis a opravy traktorů ZETOR. In: *TZA spol. s.r.o.* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://www.tza.cz/cz/servis-opravy-nakladnich-vozidel/servis-opravy-zetor-servis-zetor>
- [83] Tabulka otáček. In: *Falti* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: [http://xn--vrtky-zqa.eu/otacky\\_cz.htm](http://xn--vrtky-zqa.eu/otacky_cz.htm)
- [84] Přehled vybraných rychlořezných ocelí a jejich charakteristika. In: *Bolzano* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [www.bolzano.cz/assets/files/TP/Nastrojove\\_oceli/Prehled\\_rychloreznych\\_NO.pdf](http://www.bolzano.cz/assets/files/TP/Nastrojove_oceli/Prehled_rychloreznych_NO.pdf)
- [85] NAREX EBD 30-8 E 00763325 Dlouhá přímá bruska s větším pracovním dosahem a regulací otáček. In: *Narex specializovaný Eshop* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://narexcz.cz/prime-brusky-narex-c5/narex-ebd-30-8-e-prima-bruska-s-vetsim-pracovnim-dosahem-a-regulaci-otacek-i355/>
- [86] Montované brusné tělísko válcové. In: *VOK Beroun s.r.o.* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://vok-beroun.cz/montovana-teliska-samostatna/11039-b-40x10-6-a99b-60-m-7-v-8590955103205.html>
- [87] KITin 165 Svařovací invertor Kuhlreiber. In: *Bata CZ: Pro hobby i profesionály* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://www.batacz.cz/dum-a-zahrada/dilna/elektricke-naradi/svarecky/KITin-165-Svarovaci-invertor-Kuhlreiber-121742.html>
- [88] Elektroda CHEM-WELD 7100 2,50 mm 1 kg. In: *CHEM-WELD: Svářeči materiály* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://eshop.chemweld.cz/http/eshop-chemweld-cz/Elektroda-na-ocel-ocelolitinu-na-rez-olej-pozink-CHEM-WELD-7100-2-50-mm-1-kg-d475-htm>
- [89] PROXXON 28720 sada stopkových fréz (3ks). In: *NAKO Pardubice* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://www.nako.cz/3915-proxxon-28720-sada-stopkovych-frez-3ks.html>
- [90] Hydraulický lis 12t 0-700mm 43kg. In: *Vercajk Pardubice* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: [https://www.vercajk-pardubice.cz/Hydraulicky-lis-12t-0-700mm-43kg-d2301.htm?gclid=Cj0KCQjwuMrXBRC\\_ARIsALWZrIhRShl2naWxNGz2OKx37XHltr6ie7xMwgekBcxIOswmRoiS0gUI8lgaAiSXEALw\\_wcB](https://www.vercajk-pardubice.cz/Hydraulicky-lis-12t-0-700mm-43kg-d2301.htm?gclid=Cj0KCQjwuMrXBRC_ARIsALWZrIhRShl2naWxNGz2OKx37XHltr6ie7xMwgekBcxIOswmRoiS0gUI8lgaAiSXEALw_wcB)
- [91] Vibrační bruska BOSCH PSS 200 AC. In: *Nářadí BOSCH* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: [https://www.naradibosch.com/bosch-pss-200-ac-professional?gclid=Cj0KCQjwuMrXBRC\\_ARIsALWZrIjKhy5WcpFeU715i9WwIZAtRx8rl1OArjHjMIOZjZNDbK6pndX3oTcaArI3EALw\\_wcB](https://www.naradibosch.com/bosch-pss-200-ac-professional?gclid=Cj0KCQjwuMrXBRC_ARIsALWZrIjKhy5WcpFeU715i9WwIZAtRx8rl1OArjHjMIOZjZNDbK6pndX3oTcaArI3EALw_wcB)

- [92] KLINGSPOR PS31B 93x230mm K120 brusný papír. In: *NAKO Pardubice* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://www.nako.cz/802-klingspor-ps31b-93x230mm-k120-brusny-papir.html>
- [93] Sada na zabrušování ventilu HOLTS VG4RA 70g. In: *Eshop-rychle.cz* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.eshop-rychle.cz/bezo/eshop/0/0/5/789-Sada-na-zabrusovani-ventilu-HOLTS-VG4RA-70g>
- [94] Nástroje při orýsování. In: *Elektronická učebnice* [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1122>
- [95] Příklepová vrtačka NAREX EVP 13 E-2H3. In: *BOUKAL* [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: [https://shop.boukal.cz/elektricke-naradi/priklepova-vrtacka-narex-evp-13-e-2h3-darek-sada-transformer/?gclid=Cj0KCQjw28\\_XBRDhARIsAEk21FiKSqM1kHWJWbrAeYRA-CG\\_aEc23u37TGqhZITMKR\\_y7Pj94dEeIHYaAhBgEALw\\_wcB](https://shop.boukal.cz/elektricke-naradi/priklepova-vrtacka-narex-evp-13-e-2h3-darek-sada-transformer/?gclid=Cj0KCQjw28_XBRDhARIsAEk21FiKSqM1kHWJWbrAeYRA-CG_aEc23u37TGqhZITMKR_y7Pj94dEeIHYaAhBgEALw_wcB)
- [96] Vrtáky do kovu. In: *PEDDY* [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://www.peddy.cz/vrtaci-nastroje-vrtaky-do-kovu>
- [97] NAREX Závitník NO M8 sada. In: *ARKOV* [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: [https://www.arkov.cz/p/zavitnik-no-m8-sada-223010-bucovice-110080-\(narex\)-zavitnik-strojni-sada-3ks-narex-20636](https://www.arkov.cz/p/zavitnik-no-m8-sada-223010-bucovice-110080-(narex)-zavitnik-strojni-sada-3ks-narex-20636)
- [98] METABO DG 700 pneumatická přímá bruska. In: *Ruční nářadí* [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.rucni-naradi.cz/metabo-dg-700-pneumaticka-prima-bruska>
- [99] KATALOG - TECHNICKÉ FRÉZY Z TVRDOKOVU. In: *LUKAS* [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.yumpu.com/xx/embed/view/svF3HdbPt6W0Rw9i>
- [100] Ruční pily na kov. In: *Pilana* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.pilana.cz/cz/rucni-pily-na-kov>
- [101] Pilníky na kov, délka 200 mm, sada 5ks. In: *Brufus železářství* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: [https://www.brufus.cz/pilniky-na-kov-delka-200mm-sada-5ks-eanV22255-skup285311.php?gclid=Cj0KCQjwxN\\_XBRCFARIsAIufy1awDPlhwwSkOjP6I6XgMMnIPeH453mhWkjKUPAuahtGXG548JHmO4saAouDEALw\\_wcB](https://www.brufus.cz/pilniky-na-kov-delka-200mm-sada-5ks-eanV22255-skup285311.php?gclid=Cj0KCQjwxN_XBRCFARIsAIufy1awDPlhwwSkOjP6I6XgMMnIPeH453mhWkjKUPAuahtGXG548JHmO4saAouDEALw_wcB)
- [102] VÝSTRUŽNÍK STAVITELNÝ. In: *NAKOL* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://www.nakol.cz/vystruznik-stavitelny-bez-vodiciho-pouzdra-221424?#detail>
- [103] Bruska úhlová TC-AG 125 Kit Einhell Classic. In: *Einhell* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://www.einhell.cz/x77596/bruska-uhlova-tc-ag-125-kit-einhell-classic>
- [104] HRNCOVÝ KARTÁČ OSBORN, D65 SE ZÁVITEM M14X2,0. In: *Micronplus - eshop* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://eshop.micronplus.cz/kartacovani/dratene-kotouce-kartace-osborn/hrncovy-kartac-osborn-d65-se-zavitem-m14x2-0-5679.html>



## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Název
<b>b</b>	mm	výška pilového listu
<b>D</b>	mm	jmenovitý průměr
$\varepsilon$	°	úhel hrotu
<b>h</b>	mm	výška zubu
<b>l</b>	mm	celková délka pracovní části
<b>l<sub>1</sub></b>	mm	délka řezné části
<b>l<sub>2</sub></b>	mm	délka kalibrační části
<b>R<sub>a</sub></b>	μm	střední aritmetická úchylka profilu
<b>s</b>	mm	tloušťka pilového listu
<b>s<sub>w</sub></b>	mm	šířka rozvodu zubů
<b>ZA</b>	mm	zubová mezera
$\alpha$	°	úhel hřbetu
$\alpha_r$	°	radiální úhel hřbetu
$\alpha_t$	°	tangenciální úhel hřbetu
$\beta$	°	úhel zubu
$\gamma$	°	úhel čela
$\kappa_r$	°	úhel nastavení hlavního ostří
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	-	oxid hlinitý
<b>B<sub>4</sub>C</b>	-	karbid bóru
<b>CFRP</b>	-	Carbon Fiber Reinforced Polymer
<b>CNC</b>	-	Computer Numerical Control
<b>DPH</b>	-	daň z přidané hodnoty
<b>NC</b>	-	Numerical Control
<b>ND</b>	-	náhradní díly
<b>SiC</b>	-	karbid křemíku
<b>UŘ I</b>	-	unifikovaná řada I

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 - Tabulka doporučených otáček pro různé průměry vrtáku od firmy Falti

Příloha 2 - Přehled vybraných nástrojových rychlořezných ocelí

Příloha 3 - Schémata nejčastěji používaných závitů

Příloha 4 - Fotografie průběhu renovace konzoly

Příloha 5 - Náradí a nástroje použité při renovaci konzoly

Příloha 6 - Fotografie průběhu renovace dosedacích ploch ventilů

Příloha 7 - Náradí a nástroje použité při renovaci dosedacích ploch ventilů

Příloha 8 - Fotografie průběhu úpravy polohy děr

Příloha 9 - Náradí a nástroje použité při úpravě polohy děr

Příloha 10 - Fotografie průběhu renovace převodové skříně

Příloha 11 - Náradí a nástroje použité při renovaci převodové skříně

Příloha 12 - Fotografie průběhu renovace pedálu spojky

Příloha 13 - Náradí a nástroje použité při renovaci pedálu spojky

Příloha 14 - Náradí a nástroje použité při renovaci nádrže

**PŘÍLOHA 1 - Tabulka doporučených otáček pro různé průměry vrtáku od firmy Falti [83]**

D [mm]	Řezná rychlost [m . min <sup>-1</sup> ]									
	4	6	8	10	12	15	18	20	25	30
	Otáčky [n . min <sup>-1</sup> ]									
1	1275	1910	2550	3185	3820	4775	5730	6370	7960	9555
1,5	850	1275	1700	2125	2550	3185	3820	4245	5310	6370
2	635	995	1275	1592	1910	2390	2865	3185	3980	4775
2,5	510	765	1020	1274	1530	1910	2295	2550	3185	3820
3	425	635	850	1060	1275	1590	1910	2125	2655	3185
3,5	365	545	730	910	1090	1365	1640	1820	2275	2730
4	320	480	635	795	955	1195	1435	1590	1990	2390
4,5	285	425	565	710	850	1060	1275	1415	1770	2125
5	255	380	510	635	765	955	1145	1275	1590	1910
5,5	230	345	465	580	695	870	1040	1160	1450	1735
6	210	320	425	530	635	795	955	1060	1325	1590
6,5	195	295	390	490	590	735	880	980	1225	1470
7	180	275	365	455	545	680	820	810	1140	1365
7,5	170	255	340	425	510	635	765	850	1060	1275
8	160	240	320	400	480	595	715	795	995	1195
8,5	150	225	300	375	450	560	675	750	935	1125
9	140	210	285	355	425	530	635	710	885	1060
9,5	135	200	270	335	400	505	605	670	840	1005
10	125	190	255	320	380	480	575	635	795	955
11	115	175	230	290	345	435	520	580	725	870
12	105	160	210	265	320	400	480	530	665	795
13	100	145	195	245	295	365	440	490	610	735
14	90	135	180	230	275	340	410	455	570	680
D [mm]	Řezná rychlost [m . min <sup>-1</sup> ]									
	35	40	50	60	80	100	120	140	160	
	Otáčky [n . min <sup>-1</sup> ]									
1	11145	12740	15925	19110	25480	31855	38197	44563	50930	
1,5	7430	8495	10615	12740	16985	21230	25465	29709	33953	
2	5575	6370	7960	9555	12740	15925	19099	22282	25465	
2,5	4460	5095	6370	7645	10190	12740	15279	17825	20372	
3	3715	4245	5310	6370	8495	10651	12732	14854	16977	
3,5	3185	3640	4550	5460	7280	9100	10913	12732	14551	
4	2785	3185	3980	4775	6370	7960	9549	11141	12732	
4,5	2475	2830	3540	4245	5960	7075	8488	9903	11318	
5	2230	2550	3185	3820	5095	6370	7639	8913	10186	
5,5	2025	2315	2895	3475	4630	5790	6945	8102	9260	
6	1860	2125	2655	3185	4245	5310	6366	7427	8488	
6,5	1715	1960	2450	2940	3920	4900	5876	6856	7835	
7	1590	1820	2275	2730	3640	4550	5457	6366	7276	
7,5	1485	1700	2125	2550	3395	4245	5093	5942	6791	
8	1395	1590	1990	2385	3185	3980	4775	5570	6366	
8,5	1310	1495	1875	2250	2995	3745	4494	5243	5992	
9	1240	1415	1770	2125	2830	3540	4244	4951	5659	
9,5	1175	1340	1675	2010	2680	3350	4021	4691	5361	
10	1115	1275	1595	1910	2550	3185	3820	4456	5093	
11	1015	1160	1450	1735	2315	2895	3472	4051	4630	
12	930	1060	1325	1590	2125	2655	3183	3714	4244	
13	855	980	1225	1470	1960	2450	2938	3428	3918	
14	795	910	1135	1365	1820	2275	2728	3183	3638	

## PŘÍLOHA 2 - Přehled vybraných nástrojových rychlořezných ocelí [84]

Označení			Střední chemické složení <sup>1)</sup>							Obvyklý způsob použití
Podle EN ISO 4957	Podle EN 10027-2	Podle ČSN	C	Si	Co	Cr	Mo	W	V	
HS18-0-1	1.3355	19 824	0,78	≤ 0,45	-	4,0	-	18,0	1,10	Soustružnické nože, frézy, výstružníky. Některé nástroje pro tváření za studena (zápusky a razníky)
HS3-3-2	1.3333	19 820	0,99	≤ 0,45	-	4,0	2,70	2,85	2,35	Úsporná rychlořezná ocel pro komunální nářadí a pilové listy ručních pil.
HS6-5-2 (HS6-5-2C)	1.3339 (1.3343)	19 830	0,84 (0,90)	≤ 0,45	-	4,0	4,95	6,30	1,90	Široce používaná ocel pro veškeré druhy obráběcích nástrojů, okružní pily a některé nástroje pro tváření za studena (vločky zápusťek, čelisti na válcování závitů).
HS6-5-3	1.3344	-	1,20	≤ 0,45	-	4,0	4,95	6,30	2,95	Obráběcí nástroje se zvýšenou odolností proti opotřebením.
HS6-5-2-5	1.3243	19 852	0,91	≤ 0,45	4,75	4,0	4,95	6,30	1,90	Obráběcí nástroje (frézy, vrtáky, závitorezné nástroje) vyžaduje-li se vyšší odolnost proti popuštění.
HS10-4-3-10	1.3207	19 861	1,28	≤ 0,45	10,0	4,0	3,55	9,50	3,25	Soustružnické nože a frézy pro vysoké výkony.

Uvedeny jsou pouze nejčastěji používané značky ocelí, též dostupné ze skladových zásob. Po konzultaci s našimi techniky lze nabídnout i další varianty pro specifické případy použití.

<sup>1)</sup> obsah manganu je u všech značek ≤ 0,45%; obsah P a S je u všech značek max. 0,030%.

### Způsob výroby a vliv legujících prvků na vlastnosti.

**Výroba:** výroba hutních polotovarů z rychlořezných ocelí je technologicky náročná. Ocel se převážně vyrábí v elektrických obloukových pecích. Pro menší objemy vyráběné oceli se osvědčily i pece indukční. Jejich nevýhodou je však velmi omezená možnost rafinace oceli v průběhu tavení. Jedná se tedy o přetavení tříděného odpadu s následnou přísadou legur pro docílení požadovaného chemického složení. Tekutá ocel se odlévá do kokil, jejichž tvar je přizpůsoben podmínkám tuhnutí oceli, která má vlivem vysokého obsahu uhlíku a legur, tendenci výrazně segregovat. Výrazné rozdíly ve struktuře utuženého slitku (ingotu), nelze zcela potlačit ani v průběhu ohřevu k tváření, ani v průběhu vlastního tváření za tepla. Pro tvářenou rychlořeznou ocel je typická řádkovitá struktura. Řádky tvoří komplexní karbidy chromu, wolframu a molybdenu a karbidy vanadu různé velikosti. Rychlořezné oceli jsou hůře tvařitelné za tepla. Primární tváření ingotů válcováním se daří pouze u ocelí s nižším obsahem uhlíku a nižším obsahem legur (HS3-3-2 nebo HS6-5-2). Oceli HS18-0-1, a oceli kobaltové se kovají a pouze již předkované polotovary lze válcovat na polotovary menších průřezů (tyčová ocel popř. drát).

Po tváření za tepla, následuje vždy pozvolně chladnutí a následně žíhání. Rychlořezné oceli jsou kalitelné na vzduchu a při rychlém ochlazení z dotvářecích teplot mohou vznikat kalící trhliny.

Pro docílení rovnoměrné struktury (potlačení řádkovitosti) se rychlořezné oceli přetavují pod struskou nebo ve vakuu. Nejvýkonnější rychlořezné oceli se vyrábějí pomocí práškové metalurgie. Tato technologie umožňuje vyrábět rychlořezné oceli s velmi homogenní strukturou a dalšími vlastnostmi, které nelze docílit konvenční ocelářskou technologií.

**Vliv chemického složení:** základními přísadami (legurami) jsou chrom, molybden, wolfram a vanad. Jejich vzájemnou kombinací se docílují pro jednotlivé typy specifické vlastnosti. Některé, zvláště vysoce výkonné rychlořezné oceli obsahují též kobalt. Střední obsah chromu se u všech typů rychlořezných ocelí pohybuje kolem 4 % a zajišťuje těmto ocelím dostatečnou prokalitelnost. Podle obsahu wolframu a molybdenu lze rychlořezné oceli rozdělit do dvou skupin na wolframové a molybdenové. Obě skupiny obsahují vanad. Výkonné rychlořezné oceli obsahují vanad v množství do 2 %. Vysoce výkonné pak v množství nad 3 % vanadu. Vysoce výkonné rychlořezné oceli jsou též legovány kobaltem v množství 5 %, 8 % nebo 10 %. Obsah uhlíku se pohybuje od 0,85 do 1,3 %. Uhlíku ovlivňuje především tvrdost po kalení. Chrom, molybden, wolfram a vanad ovlivňují základní vlastnosti tj. odolnost proti popuštění (pokles tvrdosti silně zahříváním břitů nástroje často až k teplotám 600° C) a odolnost proti opotřebením.

Tyto vlastnosti jsou podobné jak u wolframových, tak i u molybdenových typů rychlořezných ocelí. Molybdenové typy však mají mírně vyšší houževnatost. Kobalt zvyšuje odolnost proti poklesu tvrdosti při vysokých rychlostech obrábění, kdy se břit nástroje ohřívá až do „červeného žáru“.

### Charakteristika vlastností:

Oceli wolframové: z těchto ocelí zůstala v normě EN ISO 4957 pouze rychlořezná ocel HS18-0-1 s 18% wolframu. V 60. a 70. letech 20. století byly hojně používány i další wolframové rychlořezné oceli např. výkonná 19 802 a vysoce výkonná 19 810, vedle 19 855 a 19 856 legované navíc kobaltem. Tyto oceli jsou v současné době ještě normované v USA. V Evropě se postupně přecházelo na oceli molybdenové, kde wolfram je pouze součástí celkové koncepce chemického složení.

Výhodou oceli HS18-0-1 je menší citlivost k přehřátí při tepelném zpracování. Vyžaduje však vyšší teploty kalení. Karbidy wolframu, přítomné ve struktuře této oceli jsou hrubší a nerovnoměrně rozložené. HS18-0-1 je proto méně vhodná pro jemnobřité nástroje. Vlivem v celku dobré houževnatosti dobře snáší obrábění přerušovaným řezem. Používá se na soustružnické nože a frézy pro hrubovací operace, kde se uplatňuje především její vysoká odolnost proti popuštění a proti opotřebení. Prokaluje přibližně do průřezu 75 mm. Vedle nástrojů k obrábění bývá pro její vysokou odolnost proti opotřebení, používána též na zápustky a razníky.

Oceli molybdenové: jsou komplexně legované molybdenem, wolframem a vanadem. Nejběžněji používanou ocelí z této skupiny je ocel HS6-5-2 resp. HS6-5-2C. Ve struktuře této oceli se vyskytují vedle karbidu chromu, komplexní karbidy na bázi molybdenu, wolframu a vanadu. Karbidy molybdenu jsou v porovnání s karbidy wolframu, popisované u wolframových typů rychlořezných ocelí, jemnější a rovnoměrněji rozložené ve struktuře. Tato okolnost způsobuje mírné zvýšení houževnatosti. Ocel HS6-5-2 a také další typy molybdenových rychlořezných ocelí, je citlivější na dodržování předepsaných podmínek tepelného zpracování. Při překročení horní hranice teplotního rozmezí, může dojít k přehřátí, které se v extrémním případě projeví natavením hranic zrn. V těchto případech dochází vedle poklesu tvrdosti po kalení také k výraznému poklesu houževnatosti. Kalicí teploty jsou oproti oceli HS18-0-1, nižší a pohybují se do 1230°C.

Molybdenové rychlořezné oceli jsou též náchylnější k oduhlíčení povrchu během ohřevu k tváření nebo tepelnému zpracování.

Ke zvýšení odolnosti proti opotřebení přispívá zvýšení obsahu vanadu a uhlíku. Tuto podmínku splňuje ocel HS6-5-3 resp. HS6-5-3C s obsahem uhlíku nad 1% a obsahem vanadu kolem 3%.

K molybdenovým typům patří též dvě vysoce výkonné oceli legované kobaltem. Ocel HS6-5-2-5 je kobaltovou variantou oceli HS6-5-2 pro případy, kdy se vyžaduje vyšší odolnost proti popuštění. Ocel s HS6-5-2-5 je vhodná pro výrobu fréz a závitových nástrojů.

Pro vysoce namáhané obráběcí nástroje lze použít ocel HS10-4-3-10 s obsahem kobaltu 10% a zvýšeným obsahem uhlíku a vanadu.

U těchto nástrojů pro, vysoké řezné rychlosti, se požaduje jak vysoká tvrdost, tak vysoká odolnost proti popuštění. Nutno však počítat s nižší houževnatostí. HS10-4-3-10 se používá na výrobu soustružnických nožů a výkonných fréz.

Molybdenové rychlořezné oceli se vyznačují též velkou prokalitelností.

Úsporně legované rychlořezné oceli se používají pro méně namáhané nástroje k obrábění. Patří k nim různé komunální nářadí a nářadí pro domácí dílny. Do této skupiny se řadí ocel HS3-3-2, která se též s výhodou používá pro některé speciální nástroje, jako jsou např. pilové listy pro ruční pily.

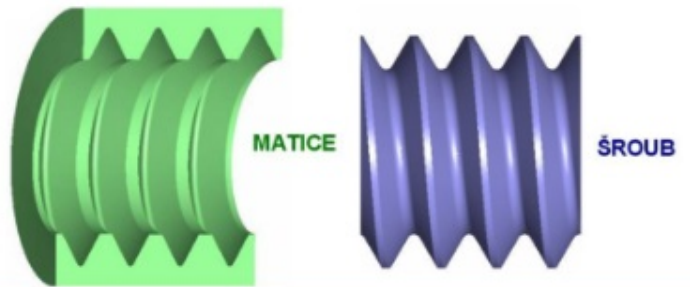
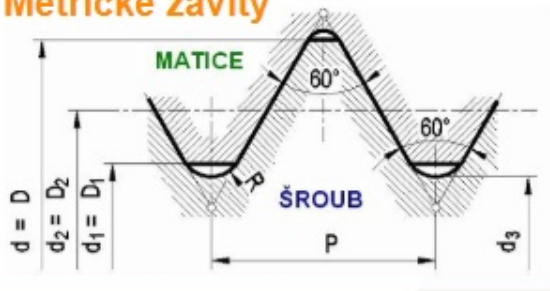
**Porovnání vlastností uvedených značek:** je provedeno formou lineárního grafu, přičemž základ (100%) představuje nejvyšší kladné hodnocení dané vlastnosti. Hodnocení vlastností je pouze orientační, poněvadž skutečné výsledky závisí do značné míry na druhu nástroje, pracovních podmínkách a dalších okolnostech.

Značka oceli	Tvrdost za tepla	Odolnost proti opotřebení	Houževnatost	Opracovatelnost broušením	Odolnost namáhání tlakem
HS18-0-1	75 %	65 %	85 %	85 %	80 %
HS3-3-2	60 %	60 %	95 %	90 %	65 %
HS6-5-2 (C)	70 %	65 %	100 %	100 %	85 %
HS6-5-3 (C)	70 %	80 %	85 %	75 %	88 %
HS6-5-2-5	80 %	70 %	90 %	85 %	95 %
HS10-4-3-10	100 %	100 %	60 %	55 %	100 %

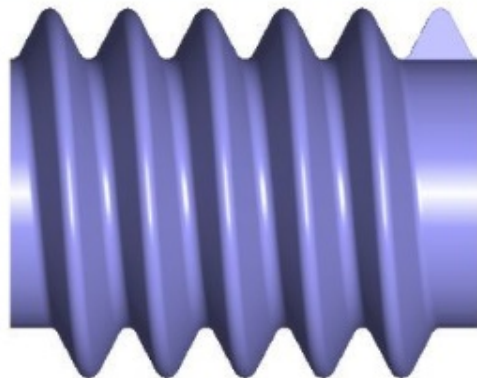
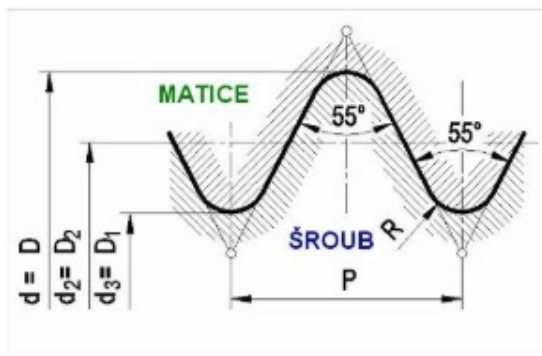
Porovnání vlastností se vztahuje na stav kalení a popuštěný a na střední hodnotu tvrdosti z rozmezí uvedeného v materiálových listech.

### PŘÍLOHA 3 - Schémata nejčastěji používaných závitů [56]

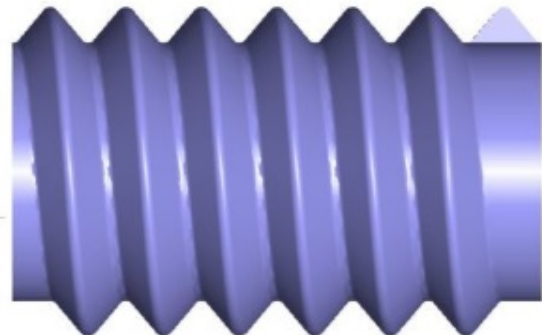
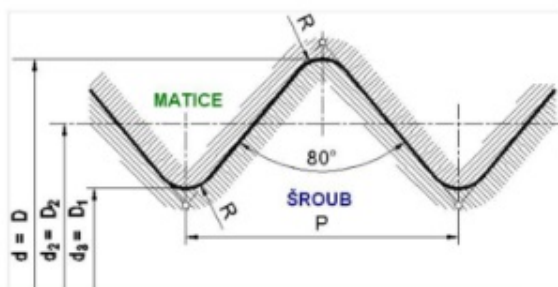
#### Metrické závit



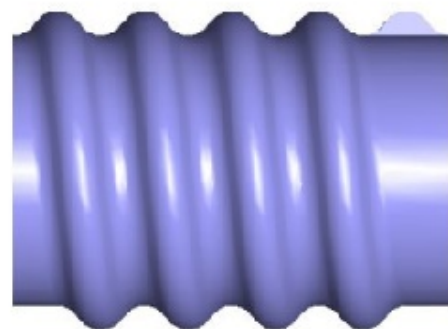
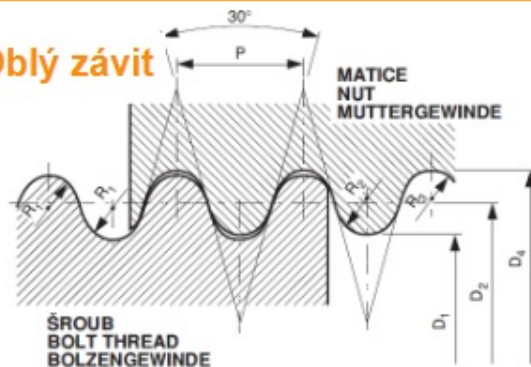
#### Whitworthův závit (Trubkový)



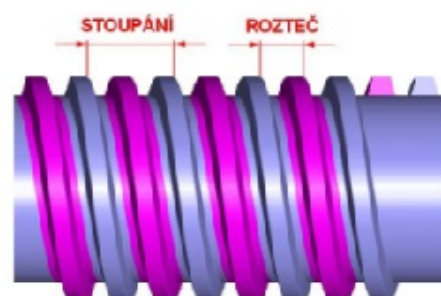
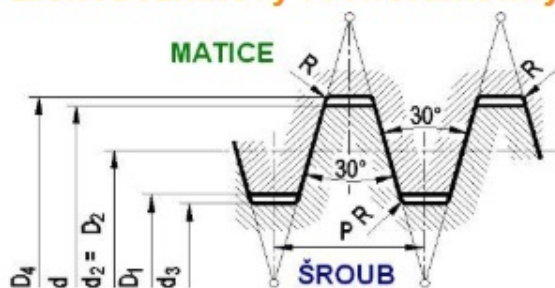
#### Pancéřový závit



#### Oblý závit



#### Lichoběžníkový rovnoramenný závit



**PŘÍLOHA 4 - Fotografie průběhu renovace konzoly**



výchozí stav - konzola je demontována a připravena k renovaci



příprava otvoru před navařením



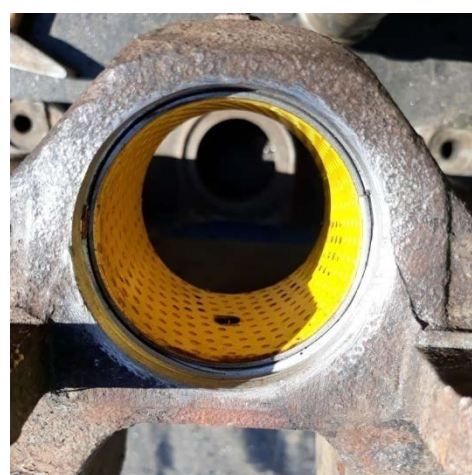
navarování otvoru



vybroušení otvoru



frézování mazací drážky



nalisování pouzdra

**PŘÍLOHA 5 - Nářadí a nástroje použité při renovaci konzoly**

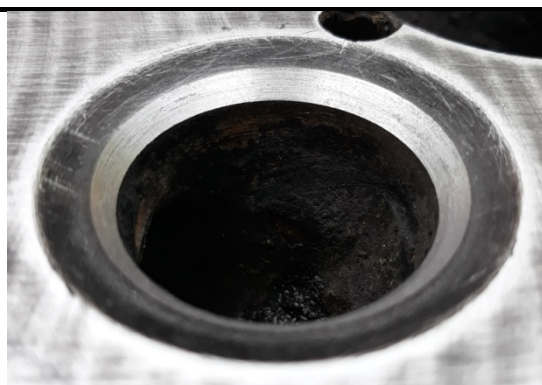
	
<p>přímá bruska Narex EBD 30-8 E [85]</p>	<p>broušící tělísko 50x10-6 99BA 60 M 7 V [86]</p>
	
<p>svařovací inventar KÜHNTREIBER KITin 165 [87]</p>	<p>elektrody CHEM-WELD 7100 2,5 mm [88]</p>
	
<p>Proxxon 28720 drážkovací fréza 10 mm [89]</p>	<p>dílnský hydraulický lis [90]</p>



**PŘÍLOHA 6-** Fotografie průběhu renovace dosedacích ploch ventilů



výchozí stav - hlava je demontována a připravena k renovaci



frézování kuželové části dosedací plochy



zmenšení výšky kuželové plochy



zabrušování dosedací plochy

**PŘÍLOHA 7 - Nářadí a nástroje použité při renovaci dosedacích ploch ventilů**



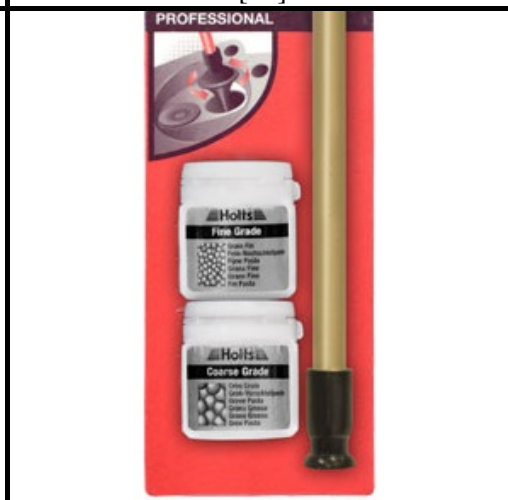
ruční vibrační bruska Bosch PSS 200 AC [91]



brousící papír Klingspor PS31B K120 [92]







sada na frézování ventilů



sada na zabrušování ventilů  
Holts VG4RA [93]





**PŘÍLOHA 8** - Fotografie průběhu úpravy polohy děr

	
<p>orýsování a vyražení důlku</p>	<p>předvrtání otvoru <math>\varnothing</math> 3 mm</p>
	
<p>vyvrtání otvoru <math>\varnothing</math> 6,8 mm</p>	<p>vyřezání závitu M8</p>





**PŘÍLOHA 9 - Nářadí a nástroje použité při úpravě polohy děr**

 A drawing needle and punch tool. The top part is a long, thin metal needle. The bottom part is a punch with a textured, knurled grip and a hexagonal base.	 A blue and black cordless drill with a silver chuck and a black handle. The brand name 'narex' and model 'EVP 13 E-2H3' are visible on the side.
<p>rýsovací jehla a důlčík [94]</p>	<p>vrtačka Narex EVP 13 E-2H3 se stavitelným dorazem [95]</p>
 Two HSS drill bits of different diameters. The top one is smaller and the bottom one is larger. Both have a double-flute design.	 Three M8 thread inserts of different lengths. They have a threaded outer surface and a smooth inner surface. The brand name 'narex' is visible on each.
<p>vrtačky HSS (<math>\varnothing</math> 3 mm a <math>\varnothing</math> 6,8 mm) [96]</p>	<p>sada závitníků M8 Narex [97]</p>





**PŘÍLOHA 10** - Fotografie průběhu renovace převodové skříně

 A photograph showing several metal components, likely gears or shafts, that appear heavily worn and discolored with a dark, possibly oxidized surface. They are arranged on a workbench.	 A photograph showing metal parts with several welds applied to their surfaces. The welds are dark and somewhat irregular, indicating a repair or reinforcement process. The parts are resting on a textured surface.
<p>stav součásti před renovací</p>	<p>navaření chybějícího materiálu</p>
 A photograph showing a grinding operation. A metal part is being held in a fixture and is being ground against a rotating wheel. Sparks are visible, indicating the removal of material.	 A photograph showing a metal part that has been finished. It has a smooth, polished surface and a clean, precise shape. The part is held in a fixture.
<p>hrubovací operace</p>	<p>dokončovací operace</p>



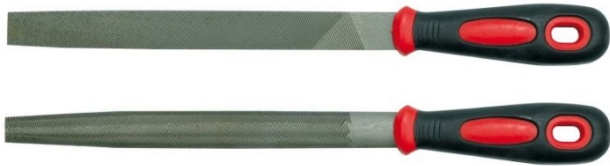

**PŘÍLOHA 11** - Nářadí a nástroje použité při renovaci převodové skříně

 A blue and black industrial welding power source with a control panel on the front featuring a dial and several buttons. The brand name 'KÜHNTREIBER' is visible on the side.	 A box of welding electrodes. The box is blue and white with red accents. It contains a bundle of electrodes. The label on the box reads 'CHEM-WELD 7100 STAHL / STEELS STAL / ACEROS' and '2,5 mm'. The manufacturer logo 'CHEM-SCHWEISS' is also visible.
<p>svařovací inventar Kühntreiber KITin 165 [87]</p>	<p>elektrody CHEM-WELD 7100 2,5 mm [88]</p>
 A green and silver pneumatic angle grinder. The brand name 'metabo' and model 'DG 700' are printed on the side. It has a black handle and a grinding disc attached to the front.	 Two different types of metal grinding wheels. One is a cylindrical wheel with a diamond-shaped pattern, and the other is a cylindrical wheel with a radial pattern. They are shown against a white background.
<p>pneumatická přímá bruska Metabo DG 700 [98]</p>	<p>fréza Lukas HFC 1225.06 Z7 a Lukas HFAS 1225.06 Z5 [99]</p>

**PŘÍLOHA 12 - Fotografie průběhu renovace pedálu spojky**

	
<p>nalisování pouzdra</p>	<p>řezání</p>
	
<p>pilování</p>	<p>vystružování otvoru</p>

**PŘÍLOHA 13** - Nářadí a nástroje použité při renovaci pedálu spojky

	
<p>dřelenský hydraulický lis [90]</p>	<p>ruční pila na kov a pilový pás Pilana 22 2951 Cr [100]</p>
	
<p>pilník na kov plochý a půlkulatý [101]</p>	<p>vratidlo a stavitelný výstružník Narex [102]</p>



**PŘÍLOHA 14** - Nářadí a nástroje použité při renovaci nádrže

 An angle grinder with a red and black handle and a silver body, featuring a black grinding disc.	 A green cup brush with a metal base and a dense layer of metal bristles.
<p>úhlová bruska Einhell TC-AG 125 [103]</p>	<p>hrncový kartáč Osborn D65 [104]</p>
 A green hand sander with a black handle and a red sanding pad.	 A stack of orange sandpaper sheets.
<p>ruční vibrační bruska Bosch PSS 200 AC [91]</p>	<p>brousící papír Klingspor PS31B K120 [92]</p>