



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNOLOGIE VÝROBY NOŽE DEMOLIČNÍCH NŮŽEK

TECHNOLOGY PRODUCTION OF KNIFE FOR DEMOLITION SHEARS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tibor Měrka

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Karel Osička, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Tibor Měrka**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Karel Osička, Ph.D.**
Akademický rok: 2015/16

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

Technologie výroby nože demoličních nůžek

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provést obecný rozbor technologie zpracování kovového odpadu se zaměřením na nástroje pro drtiče odpadu a technologii jejich výroby v podmínkách firmy střední velikosti.

Cíle bakalářské práce:

Úvod.

Rozbor technologie zpracování kovového odpadu.

Rozbor technologičnosti konstrukce nástrojů pro drtiče odpadu.

Návrh nové technologie výroby typového představitele nože demoličních nůžek.

Technicko-ekonomické vyhodnocení.

Diskuze.

Závěr.

Seznam literatury:

AB Sandvik Coromant - Sandvik CZ, s.r.o. (1997): Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Scientia, Praha.

Kocman, K. a Prokop. J. (2001): Technologie obrábění. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno.

Forejt, M. a Píška, M. (2006): Teorie obrábění, tváření a nástroje. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., Brno.

Humár, A. (2008): Materiály pro řezné nástroje. MM Publishing, Praha.

Maslov, J. N. (1979): Teorie broušení kovů. SNTL, Praha.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Cílem této práce je analýza technologie zpracování kovového odpadu se zaměřením na stříhání. Dále se práce zabývá popisem technologického postupu výroby hrotového nože demoličních nůžek, vyráběných italskou firmou, která se specializuje na výrobu zařízení a systémů pro zpracování a recyklaci kovového odpadu.

Součástí práce je návrh nové technologie výroby nože a její technicko-ekonomické vyhodnocení.

Klíčová slova

kovový odpad, průmyslový nůž, demoliční nůžky, technologický postup

ABSTRACT

The Bachelor's thesis analyzes the scrap metal processing technology with focusing on shearing. The thesis also describes technological process in production of a tip knife, which is designed for demolition shears manufacturing in Italian company that specializes in the manufacturing of equipment and systems for the processing and recycling scrap metal.

The end of the thesis includes proposal for new production technology and its techno-economic evaluation.

Key words

metal waste, industrial knife, demolition shears, technological process

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MĚRKA, T. *Technologie výroby nože demoličních nůžek*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 57 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Karel Osíčka, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Technologie výroby nože demoličních nůžek** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

.....
Tibor Měrka

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto vedoucímu práce Ing. Karlu Osičkovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat produktovému manažerovi ve společnosti Pilana Knives a.s., Ing. Dušanu Kozmonovi, za ochotu a čas věnovaný konzultacím.

V neposlední řadě patří poděkování i mé rodině za podporu během studia.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 ROZBOR TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ KOVOVÉHO ODPADU.....	10
1.1 Kovový odpad.....	10
1.1.2 Dělení odpadu	10
1.2 Úpravnické procesy	10
1.2.1 Procesy pro úpravu ocelového a litinového odpadu	10
1.2.2 Procesy pro úpravu odpadů neželezných kovů.....	11
1.3 Rozměrová úprava kovových odpadů.....	11
1.3.1 Zdrobňování kovového odpadu	11
1.3.2 Zhutňování kovového odpadu	15
2 ROZBOR TECHNOLOGIČNOSTI KONSTRUKCE NÁSTROJŮ ZPRACOVÁVAJÍCÍCH KOVOVÝ ODPAD	16
2.1 Stříhání.....	16
2.1.1 Průběh střížného procesu.....	16
2.1.2 Tvar střížné plochy a závislost střížné síly na hloubce vniknutí střížníku	17
2.1.3 Rozdělení stříhání dle konstrukce a pohybu nožů	17
2.1.4 Střížná vůle	20
2.1.5 Životnost stříhadla	21
2.1.6 Nástrojové oceli pro výrobu střížných nástrojů.....	22
2.2 Popis demoličních nůžek Cayman.....	24
2.3 Popis hrotového nože.....	25
2.4 Technologičnost konstrukce hrotového nože	26
3 NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE VÝROBY TYPOVÉHO PŘEDSTAVITELE NOŽE DEMOLIČNÍCH NŮŽEK	28
3.1 Popis dosavadní technologie.....	28
3.1.1 Použitý materiál	28
3.1.2 Řezání polotovarů na pásové pile – operace 030.....	28
3.1.3 Obrábění na CNC obráběcím centru.....	31
3.1.4 Tepelné zpracování ve vakuu – operace 149 a 150	34
3.1.5 Broušení – operace 170.....	36
3.1.6 Dokončování na CNC obráběcím centru – operace 200.....	37

3.1.7	Kontrola – operace 500.....	39
3.2	Návrh nové technologie výroby hrotového nože demoličních nůžek.....	39
3.2.1	Rozdělení magnetických upínačů	39
3.2.2	Činitelé ovlivňující výběr magnetického upínače	42
3.2.3	Využití EPMU při operacích frézování na obráběcím centru MCFV 1260	43
4	TECHNICKO-EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ	45
4.1	Úspora upínacích časů při použití magnetického upínače.....	45
4.2	Výpočet úspory finančních prostředků	47
4.3	Výpočet návratnosti investice do elektropermanentních upínačů	49
5	DISKUZE	51
	ZÁVĚR	52
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	53
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	54
	SEZNAM PŘÍLOH.....	57

ÚVOD

Stále zvyšující se počet obyvatel naší planety, zvyšující se životní úroveň a zrychlující se oběh všech výrobků v oblasti průmyslu, dopravy a osobní potřeby lidí vede k čím dál většímu využívání všech surovin, tedy i kovů. Kovy patří mezi neobnovitelné suroviny a z tohoto důvodu se klade důraz na jejich recyklaci a opětovné využití. V současnosti dochází k vyčerpávání kvalitních surovinových zdrojů a musí se těžit a zpracovávat rudy méně kvalitní. Proto má kovový odpad stále větší význam jako část surovinové základny.

Kovovým odpadem rozumíme nepotřebné výrobky a zařízení, které obsahují části složené z kovů nebo jejich slitin. Tento odpad se dále zpracovává a upravuje se jeho chemické složení tak, aby vlastnosti nového materiálu vyhovovaly daným požadavkům. Dnes již běžně dochází k vyšší meziroční produkci neželezných kovů výrobou ze zpracovaného kovového odpadu než výrobou zpracováním rud. Výroba kovů z odpadů je také energeticky i finančně méně náročná než výroba kovů z rud.

V tomto technologickém odvětví hrají důležitou roli stroje a nástroje zpracovávající kovový odpad. Společnost Pilana Knives a. s., sídlící v Hulíně, se již dlouhá léta zabývá výrobou nožů určených pro stříhání a recyklaci kovových a nekovových materiálů, ale i výrobou průmyslových nožů, mezi které patří hoblovací nože, roztrískovací nože, sekací nože atd. Hlavní část práce je věnována technologii výroby typového představitele nože demoličních nůžek, který se v této firmě vyrábí.

1 ROZBOR TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ KOVOVÉHO ODPADU

1.1 Kovový odpad

Kovový odpad, nebo také šrot, představuje všechny druhy odpadu obsahující kov převážně ve své ryzí, metalické formě a to buď samostatně nebo ve formě slitin¹.

1.1.2 Dělení odpadu

Kovový odpad lze dělit podle spousty hledisek. Nejširší rozdělení, podle přítomnosti železa, člení kovový odpad na *ocelový a litinový odpad* a na *odpad neželezných kovů*. Podle tohoto kritéria však nelze odpad vždy jednoznačně určit, jelikož se často vyskytuje jako polykomponentní, tedy jako směs oceli, litiny a různých neželezných a drahých kovů i se zastoupením nekovových podílů¹.

Rozdělení podle původu odpadu:

Vratný (výrobní odpad) – jedná se o odpady z oceláren, kovohutí, sléváren, kováren atd., tedy o odpady vznikající v hutním cyklu výroby. Výhodou těchto odpadů je jejich přesně známé chemické složení¹.

Zpracovatelský odpad – odpad vznikající během výroby strojů, náradí a jiného kovového zboží, ve formě odřezků, třísek, okují, pilin apod. Například při kování, lisování a obrábění¹.

Amortizační odpad – jedná se o vyřazené stroje, průmyslová zařízení, autovraky, ocelové konstrukce, elektronická a elektrotechnická zařízení apod. Lze jej dále dělit podle původu na amortizační odpad *průmyslový* a *občanský*. Tento odpad musí podstoupit úpravy k oddělení užitkových složek a dosažení dané čistoty¹.

1.2 Úpravnické procesy

Kovový odpad je ve většině případů nutné podrobit úpravnickým procesům za účelem úpravy fyzikálních vlastností, látkového nebo chemického složení tak, aby vyhovovaly požadavkům hutnického průmyslu. Procesy obecně spočívají v mechanických, pyrometalurgických i hydrometalurgických postupech, přičemž volba postupu závisí na fyzikálních vlastnostech kovového odpadu, požadavcích na jeho kvalitu a na míře znečištění¹.

1.2.1 Procesy pro úpravu ocelového a litinového odpadu

Úpravou *neznečištěného zpracovatelského odpadu* se získává materiál s vhodným složením co do kusovosti, tedy i sypké hmotnosti k dalšímu metalurgickému zpracování. Úprava se provádí zdrobňovacími procesy (drcení, stříhání na hydraulických nůžkách, pálení plamenem) nebo použitím zhutňování (lisování, paketování)¹.

Ocelové třísky, spadající do zpracovatelského odpadu, se upravují v závislosti na jejich tvaru a stavu. Dlouhé, suché třísky se zdrobňují, kdežto třísky s obsahem olejů a řezných emulzí se nejprve těchto látek musí zbavit a až poté zdrobňovat. Většinu ocelových třísek je možno spolu s lehkým ocelovým odpadem zpracovat lisováním¹.

Účelem úpravy *znečištěného amortizačního odpadu* je zbavit materiál všech nečistot a získání maximální možné sypké hmotnosti. Toho lze dosáhnout zdrobňováním, tříděním a separací šrotu¹.

1.2.2 Procesy pro úpravu odpadů neželezných kovů

V obsahu odpadu neželezných kovů se běžně vyskytuje ocel a různé nekovové podíly (plastické hmoty, sklo, keramika apod.), které je nutno od neželezných kovů separovat. Toho lze dosáhnout zdrobňovacími, třídícími a separačními procesy. Z tohoto důvodu se jedná o proces, který vyžaduje složitější technologické postupy než u zpracování ocelového a litinového odpadu¹.

Zdrobňování – provádí se pomocí válcových, nožových nebo kladivových drtičů. Po zdrobňování odpadu se pomocí rozdrůžovacích procesů oddělí kovový materiál od materiálu nekovového¹.

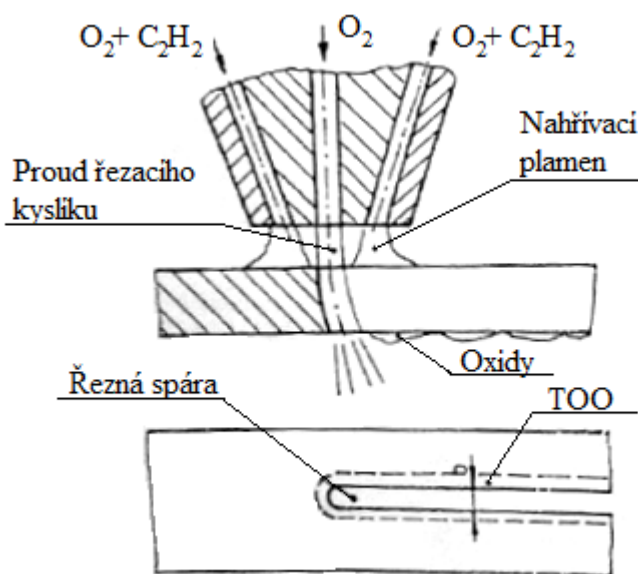
Oddělení kovových a nekovových materiálů – je realizováno pomocí rozdrůžovacích procesů. Největší zastoupení zde mají gravitační metody, pod které patří pneumatická separace a rozdrůžování v hydrocyklonech. K oddělení ocelových podílů se využívá magnetická separace a k oddělení neželezných kovů elektrodynamická separace, využívající rozdílné elektrické vodivosti kovů¹.

1.3 Rozměrová úprava kovových odpadů

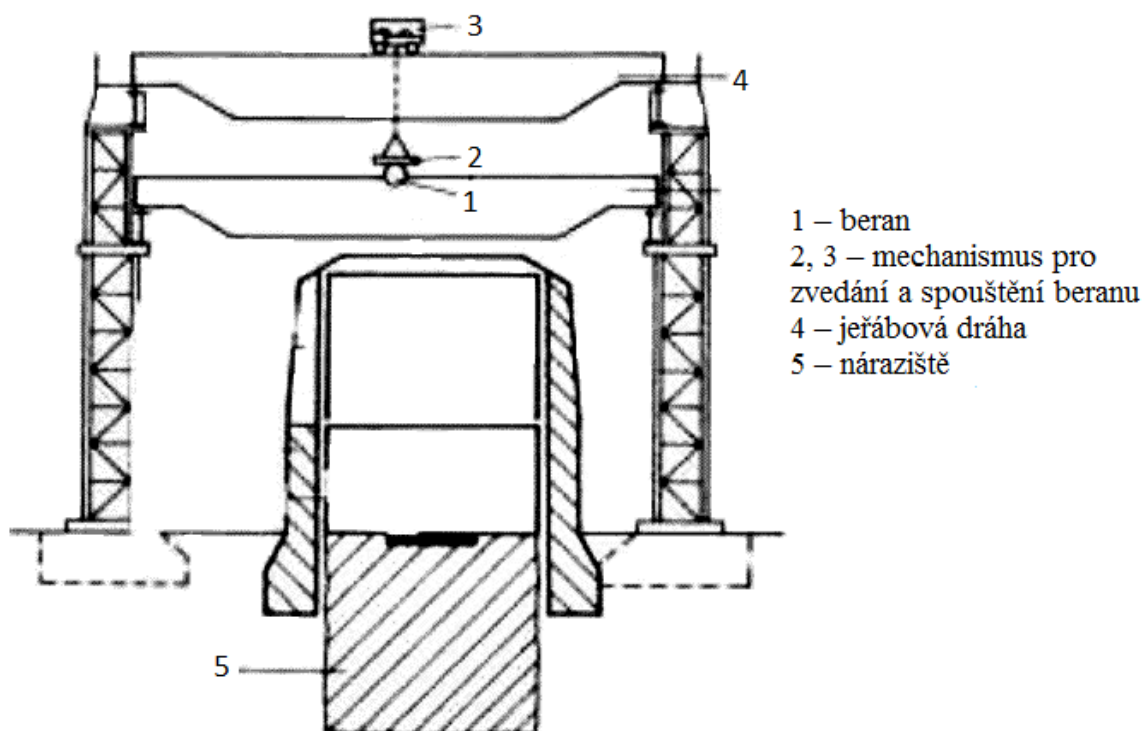
Rozměrovou úpravou kovových odpadů se rozumí zdrobňování nebo zhutňování. Cílem procesu zdrobňování je dělení materiálu na menší kusy, což vede k jeho lepší využitelnosti v hutích, ale také uvolnění jednotlivých složek materiálu pro jejich snadnější separaci. Zhutňování, kde patří paketování briketování, je opačný proces zdrobňování. Provádí se za účelem snížení nákladů za dopravu, snadnějšího sázení do hutnických agregátů a pozitivnímu vlivu na metalurgický proces¹.

1.3.1 Zdrobňování kovového odpadu

Rozřezávání plamenem – Používá se tam, kde není možné použít efektivnější způsoby zdrobňování. Základní materiál je nejprve zahřát směsí kyslíku a hořlavých plynů na zápalnou teplotu (u oceli 1 050 až 1 350 °C), při které dojde k chemické reakci, tzv. spalování. Spalování je doprovázeno vývinem tepla, které přehřívá další vrstvy materiálu a vzniká tak řezná spára. Proud kyslíku o čistotě alespoň 99,5 % je nasměrován do řezné spáry, kde způsobuje oxidaci materiálu a vyfukuje kapky roztaveného kovu z řezné spáry, čímž dochází k jejímu rozšiřování. Jako hořlavé řezací plyny se používají acetylen, jak je naznačeno na obr. 1.1, dále pak vodík, svítiplyn, metan a další. V minulosti byl nejběžněji používaným řezacím plynem acetylen, dnes je to propan-butan^{1,2}.

Obr. 1.1 Princip řezání materiálů kyslíkem ².

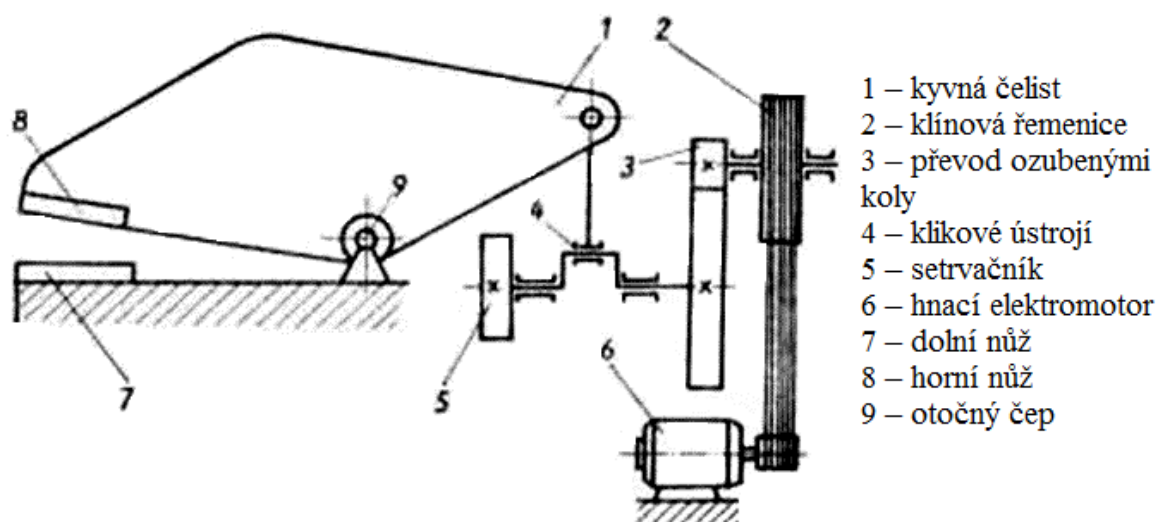
Roztloukání šrotu – metoda se používá ke zdrobňování křehkých materiálů, jako jsou litiny nebo nadeutektoidní oceli, na stroji zvaném **tlučka** (viz obr. 1.2). Oceli s nízkým obsahem uhlíku se roztloukávají obtížněji, jelikož jsou tvárné, dochází u nich k plastické deformaci, ale ne k jejich drobení ¹.

Obr. 1.2 Tlučka litiny ¹.

Stříhání šrotu – jedná se o produktivní způsob dělení téměř všech druhů ocelového odpadu na strojích zvaných **nůžky**. Materiál je namáhán na stříh, kdy nejprve dochází k elastickým deformacím materiálu, následují deformace plastické a dále iniciace a vznik trhliny, která prostupuje skrze materiál až do jeho oddělení. Nůžky mohou být mechanické, elektrické nebo hydraulické ¹.

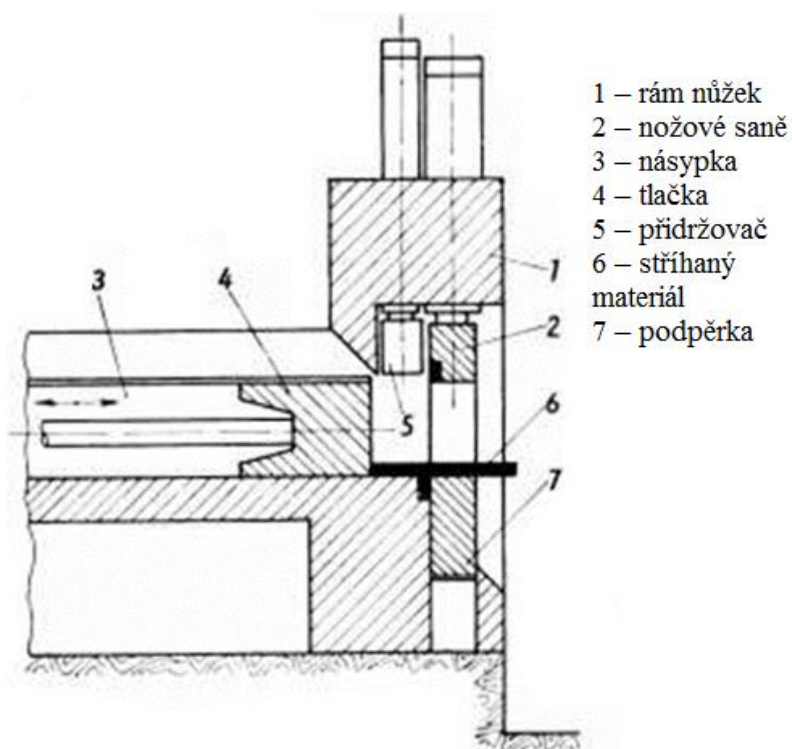
Mechanickými nůžkami se běžně stříhají dráty, kabely, tenkostěnné plechy. Mají téměř nulové provozní náklady, avšak jejich obsluha je fyzicky náročná ¹.

Elektrickými nůžkami se dá stříhat silnější materiál než u nůžek mechanických. Nůž provádí přímočarý vratný pohyb, který je zajištěn klikovým mechanismem. Na obr. 1.3 je naznačena kinematika elektrických aligátorových nůžek ¹.

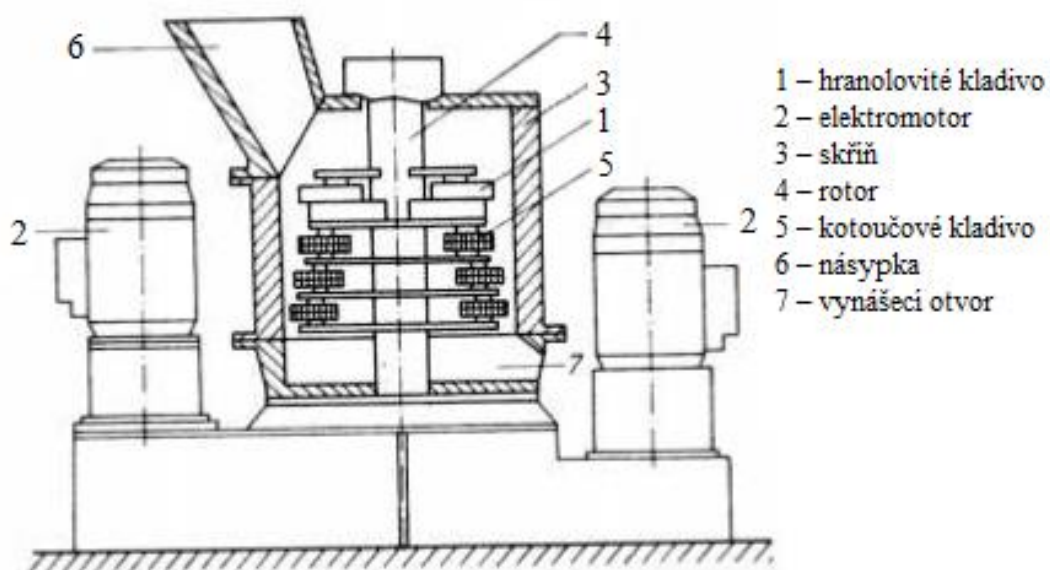


Obr. 1.3 Kinematické schéma aligátorových nůžek ¹.

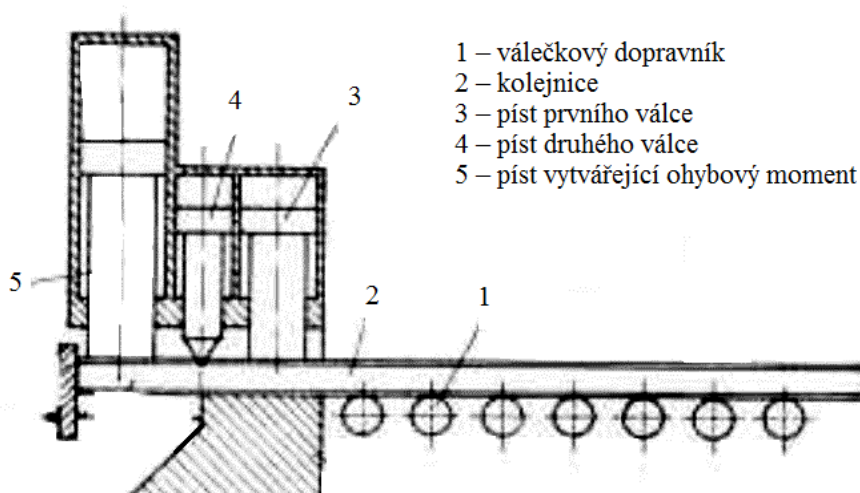
V současnosti nejčastěji používané hydraulické nůžky dokáží zpracovat i silnostěnný odpad o tloušťce stěny nad 3 mm. Jsou vyráběny v různých modifikacích velikostí a výkonů. Princip tohoto typu nůžek znázorňuje obr. 1.4 ¹.

Obr. 1.4 Schéma hydraulických nůžek s podpěrkou ¹.

Drcení – technologický proces sloužící ke zdobňování tenkostěnných kovových odpadů, např. drcení autovraků, hliníkového šrotu spojeného s ocelovými částmi a amortizačního šrotu z oblasti elektrotechniky a elektroniky. Nejčastěji používanými stroji jsou kladivové drtiče, tzv. **šrédry** (schéma naznačeno na obr. 1.5) ¹.

Obr. 1.5 Šrédr s vertikálním rotorem ¹.

Lamače kolejnic – jedná se o stroje používané především ke zdrobňování železničních kolejnic, ale také např. ke zdrobňování dlouhých tyčí. Stroj obsahuje nejčastěji 3 za sebou uspořádané válce. Obr. 1.6 naznačuje proces lámání, kdy po zasunutí kolejnice do lamače dojde k přitlačení materiálu prvním válcem. Druhý válc, opatřený nasekávacím nožem, vytvoří v materiálu vrub, v němž následně dojde k odlomení působením válce třetího ¹.



Obr. 1.6 Lamač kolejnic ¹.

1.3.2 Zhutňování kovového odpadu

Lisování – technologický proces, jehož cílem je dosažení vyšší sypké hmotnosti kovového odpadu a nižších nákladů za jeho přepravu. Dnešní moderní lisy stlačují materiál ze všech 3 stran a dokáží zpracovat až 100 tun odpadu za hodinu. Často se lze v praxi setkat se strojem kombinujícím vlastnosti hydraulických nůžek a lisu. Takový stroj se nazývá **nůžkolis** ¹.

Na obr.1.7 je zachycena práce paketovacího lisu na šrotišti.



Obr. 1.7 Paketovací lis od firmy ŽDAS, a.s. ³.

2 ROZBOR TECHNOLOGIČNOSTI KONSTRUKCE NÁSTROJŮ ZPRACOVÁVAJÍCÍCH KOVOVÝ ODPAD

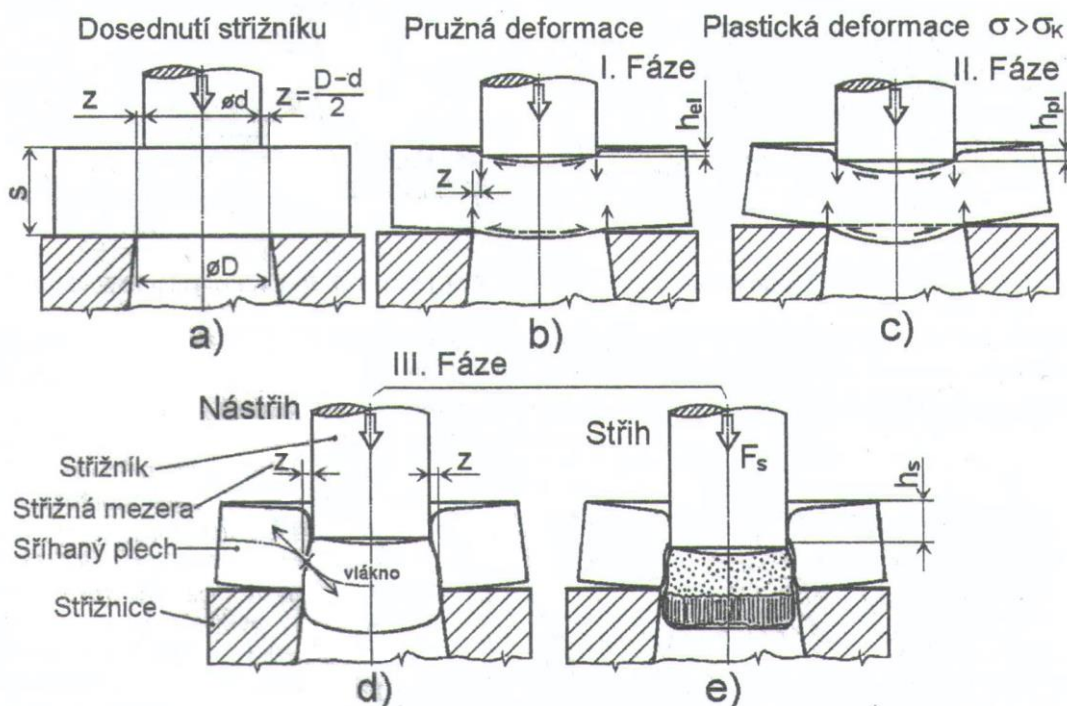
2.1 Stříhání

Stříháním rozumíme proces dělení materiálu, kdy vzájemný pohyb dvou břitů nástroje vytváří smykové napětí podél křivky stříhu. K porušení materiálu, tedy jeho lomu, dochází v místě největší koncentrace smykových napětí, které musí dosáhnout meze pevnosti ve smyku τ_s ⁵.

2.1.1 Průběh střížného procesu

1. fáze – po dosednutí střížníku na stříhaný materiál dochází k vnikání střížníku do materiálu a vzniku elastické deformace. Hloubka vniku střížníku při zachování pouze elastických deformací je ovlivněna mechanickými vlastnostmi stříhaného materiálu a zpravidla je rovna $h_{el} = (5 \text{ až } 8 \%) \cdot s$. Vlivem střížné mezery mezi střížníkem a střížnicí dochází ke vzniku nežádoucího ohybového napětí ⁵.
2. fáze – v materiálu dochází k nárůstu napětí nad mez kluzu, což je doprovázeno vznikem plastických deformací. Hloubka plastického vniknutí střížníku se opět, jako u elastické deformace, odvíjí od mechanických vlastností stříhaného materiálu. Zpravidla se však jedná o rozmezí $h_{pl} = (10 \text{ až } 25 \%) \cdot s$ ⁵.
3. fáze – napětí v materiálu dosáhne meze pevnosti ve smyku τ_s a v jeho struktuře se začnou tvořit mikroskopické trhliny, tzv. nástřih. Tyto trhliny následně rostou až do okamžiku oddělení materiálu ⁵.

Na obr. 2.1 jsou zachyceny všechny 3 fáze střížného procesu.



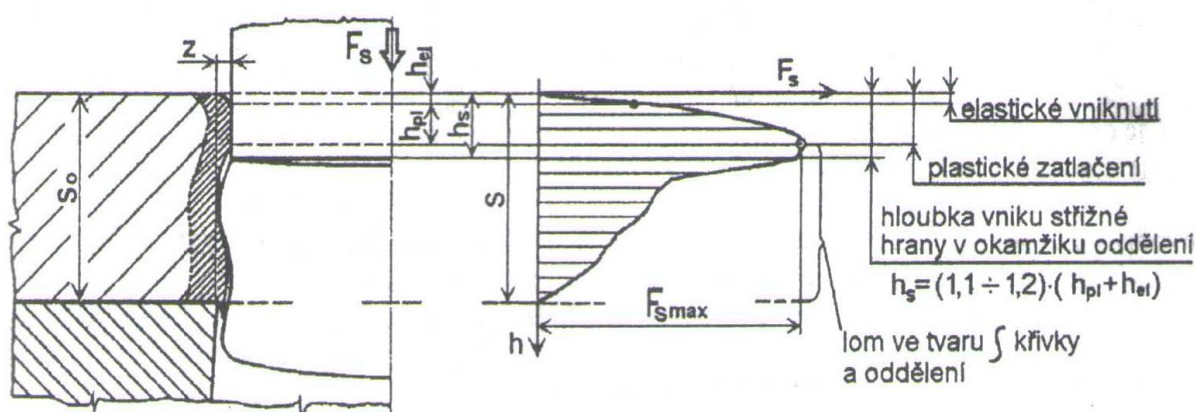
Obr. 2.1 Fáze střížného procesu ⁵.

2.1.2 Tvar střižné plochy a závislost střižné síly na hloubce vniknutí střižníku

Střižná plocha má charakteristický tvar písmene S, což je způsobeno vůlí v (respektive střižnou mezerou z) mezi střižníkem a střižnicí a šířením iniciovaných trhlin.

Velikost střižné síly F_S roste v oblasti elastické deformace vlivem pěchování materiálu pod břitem nástroje, ale i v oblasti plastické deformace vlivem deformačního zpevnění stříhaného materiálu. Následuje mírný pokles od okamžiku iniciace trhlin až po hloubku vniknutí h_s , což je hloubka vniknutí střižníku v okamžiku úplného porušení lomem⁵.

Na obr. 2.2 je znázorněn tvar střižné plochy a průběh střižné síly v závislosti na hloubce vniknutí střižníku do stříhaného materiálu.



Obr. 2.2 Střižná plocha a průběh střižné síly⁵.

2.1.3 Rozdělení stříhání dle konstrukce a pohybu nožů

Stříhání můžeme z hlediska konstrukce nožů a jejich pohybu rozdělit na stříhání:

Rovnoběžnými noži – ostří nožů jsou rovnoběžná, nevýhodou této konstrukce je velká střižná síla působící rázem, jejíž teoretická hodnota se vypočítá dle vztahu (2.1)².

$$F_{Smax} = S \cdot \tau_S \cdot n \quad (2.1)$$

- kde: F_{Smax} [N] - velikost maximální teoretické střižné síly,
 S [mm²] - plocha původního průřezu v střižné rovině,
 τ_S [MPa] - mez pevnosti ve smyku,
 n [-] - součinitel otupení (1,15 – 1,3).

Součinitel otupení zohledňuje nejen otupení břitů nožů, ale i to, že se při stříhání nejedná pouze o namáhání stříhaného materiálu na smyk, nýbrž i na ohyb. Ohybové namáhání mírně zvětší průřez materiálu v místě stříhu, což vede k vzrůstu potřebné střížné síly ².

Pro výpočet meze pevnosti ve smyku použijeme vztah (2.2).

$$\tau_s = 0,8 \cdot R_m \quad (2.2)$$

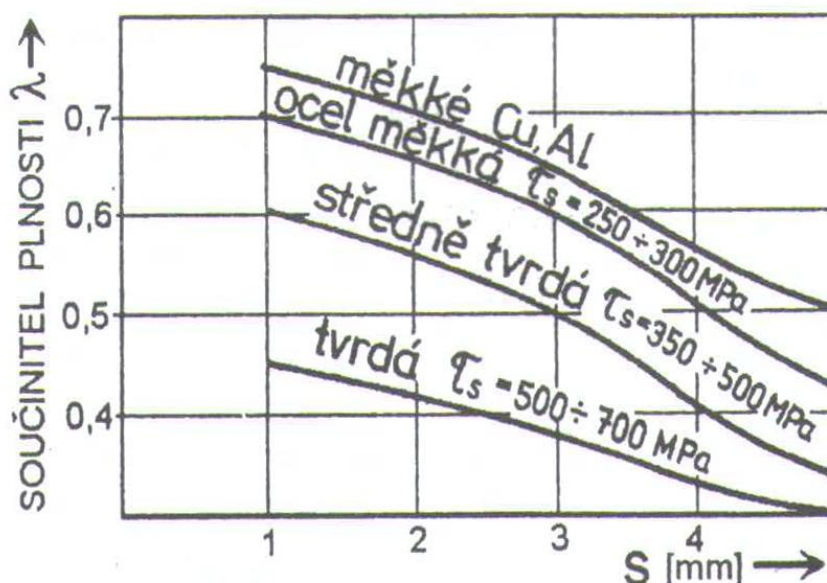
kde: τ_s [MPa] - mez pevnosti ve smyku,
 R_m [MPa] - mez pevnosti v tahu.

Střížná práce vykonaná těmito noži je dána obsahem plochy pod křivkou v grafu závislosti střížné síly na dráze střížníku (obr. 2.4) a určí se pomocí vztahu (2.3).

$$A = \lambda \cdot F_{Smax} \cdot s \quad (2.3)$$

kde: A [J] - střížná práce,
 λ [-] - součinitel plnosti,
 F_{Smax} [N] - velikost maximální teoretické střížné síly,
 s [mm] - tloušťka materiálu.

Součinitel plnosti závisí na druhu stříhaného materiálu a na jeho tloušťce – viz obr. 2.3.



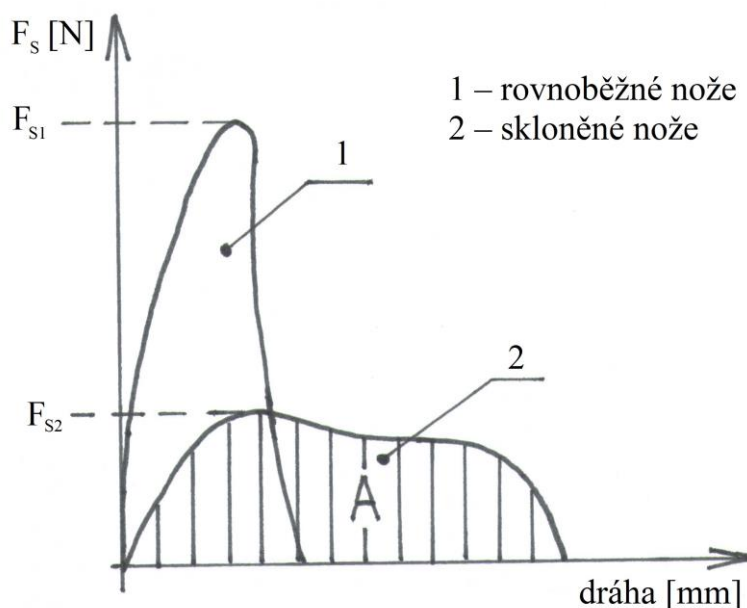
Obr. 2.3 Graf ke stanovení součinitele plnosti ⁵.

Skloněnými noži – ostří nožů jsou vzájemně skloněna pod určitým úhlem. Výhodou této konstrukce je značné snížení potřebné maximální střížné síly a eliminace rázů. Vztah (2.4) určuje maximální teoretickou střížnou sílu při stříhání skloněnými noži ².

$$F_{S_{\max}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{s^2}{\operatorname{tg}\alpha} \cdot \tau_s \quad (2.4)$$

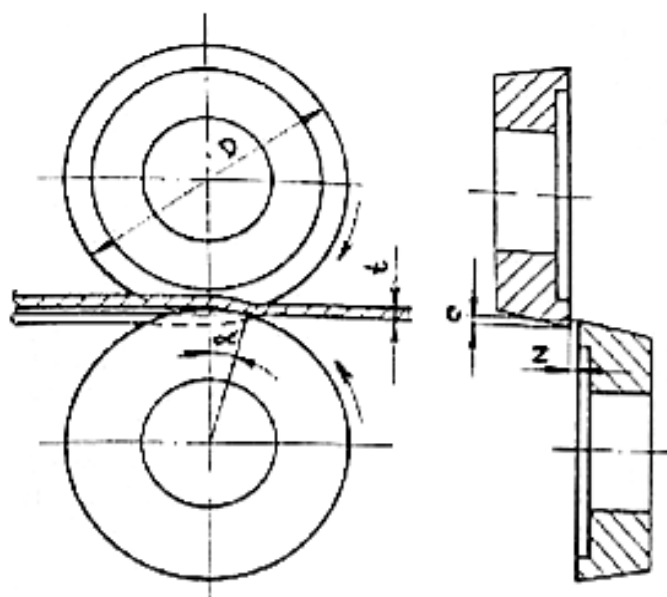
kde: $F_{S_{\max}}$ [N] - velikost maximální teoretické střížné síly,
 s [mm] - tloušťka materiálu,
 α [°] - úhel sklonu nožů,
 τ_s [MPa] - mez pevnosti ve smyku.

Rozdíl průběhu střížné síly u stříhání rovnoběžnými a skloněnými noži vzhledem k dráze nástroje zobrazuje obr. 2.4.



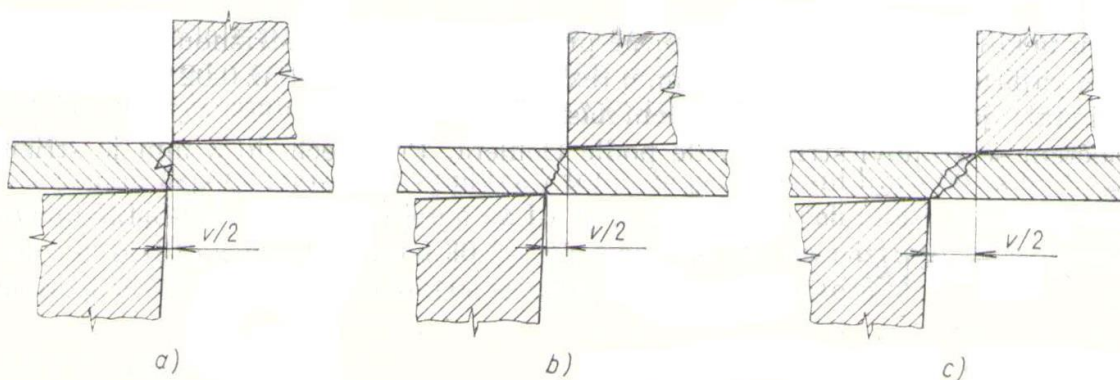
Obr. 2.4 Průběh síly a dráhy při stříhání ².

Kotoučovými noži – tvar nožů umožňuje z materiálu stříhat bez rázů různé tvarové součásti, díky téměř bodovému styku nožů. Nůžky s těmito noži se nazývají též křivkové. Princip stříhání plechu kotoučovými noži s uspořádáním pro přímočaré stříhání je znázorněn na obr. 2.5 ².

Obr. 2.5 Stříhání kotoučovými noži².

2.1.4 Střížná vůle

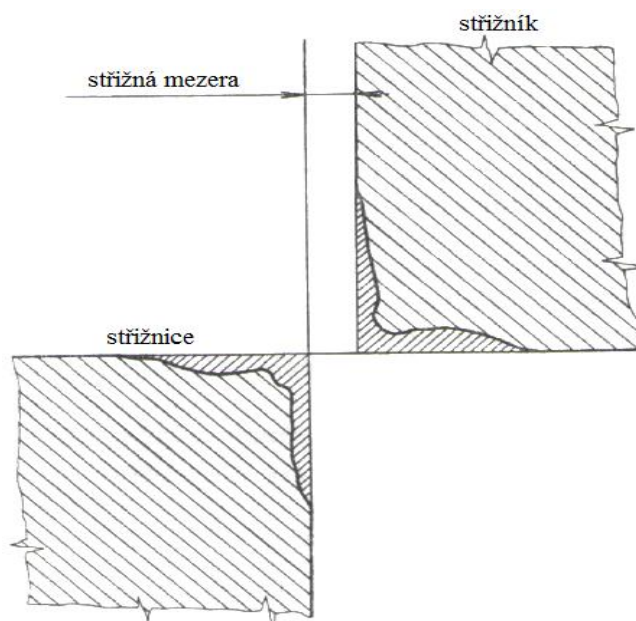
Nejčastějším způsobem stříhání materiálu je stříhání s vůlí, kdy střížník je rozměrově menší než střížnice. Pokud mluvíme o uzavřené křivce stříhu, pak je střížná vůle dána rozdílem rozměru střížníku a střížnice. V tomto případě je střížná mezera mezi břity nástrojů rovna polovině střížné vůle, jedná se tedy o jednostranný rozměrový rozdíl mezi střížníkem a střížnicí. Střížná vůle v má zásadní vliv na průběh střížné síly, trvanlivost břitů, kvalitu střížných ploch, vznik ostřin a spotřebu energie. Její velikost je dána především druhem stříhaného materiálu a jeho tloušťkou. Pokud je velikost střížné síly správně zvolena, pak se při stříhání trhlinky materiálu, způsobené jeho deformací, potkají a dojde k správnému usmyknutí stříhané plochy. Obr. 2.6 popisuje průběh trhlin a tvar střížné plochy pro různé střížné vůle⁶.

Obr. 2.6 Tvar střížné plochy pro různé střížné vůle⁶. a) malá střížná vůle, b) správná střížná vůle, c) velká střížná vůle.

2.1.5 Životnost stříhadla

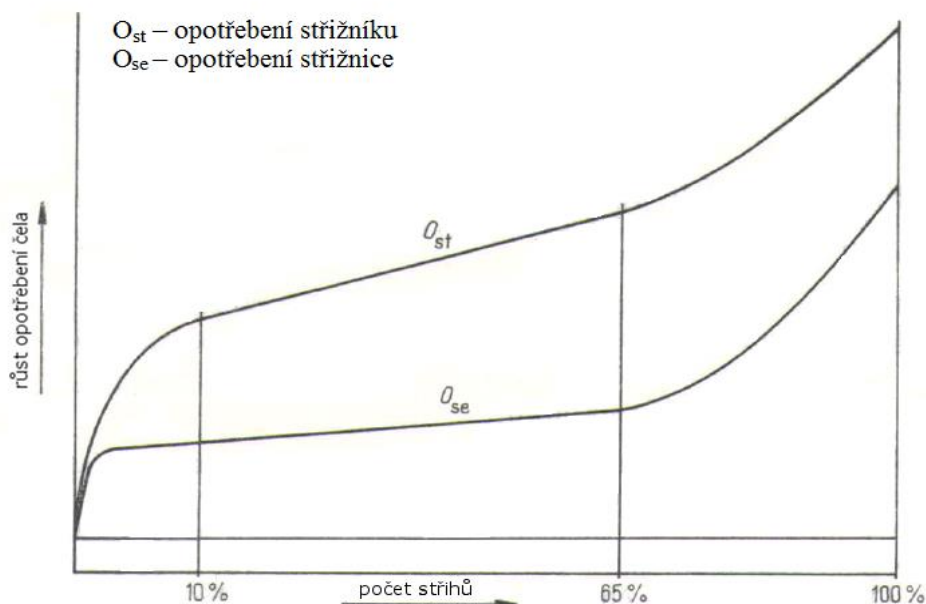
Životnost stříhadla se skládá z dílčích trvanlivostí nástroje, které představují dobu mezi dvěma přebroušeními. Životnost stříhadla je tedy doba, po které už nelze činné části nástroje přebrousit ani jinak opravit ⁶.

Množství úbytku materiálu z činných ploch nástroje charakterizuje míru jeho opotřebení. K tomuto úbytku materiálu dochází na čele a boku činných ploch. Během opotřebování nástroje na jeho čele dochází k žlábkovitému vymílání materiálu a boky činných ploch získávají charakteristickou kuželovou plochu, jak znázorňuje obr. 2.7 ⁶.



Obr. 2.7 Tvar opotřebovaných střížných ploch ⁶.

Průběh opotřebení čela nástroje v závislosti na počtu stříhů udává obr. 2.8. V oblasti 1 dochází k zrychlenému opotřebení břitů nástroje. Následuje oblast 2, kde je závislost opotřebení na počtu stříhů lineární a samotné opotřebované nástroje se zpomalí. Křivka opotřebení končí oblastí 3, kde se opět jedná o zrychlené opotřebení. Křivka opotřebení má pro různé materiály podobný tvar ⁶.

Obr. 2.8 Křivka růstu opotřebení ⁶.

2.1.6 Nástrojové oceli pro výrobu střížných nástrojů

Při výběru materiálu pro střížný nástroj je třeba dbát na jeho vhodnost k funkci nástroje, pracovním podmínkám a technologickým požadavkům. Hlavní roli ve výběru materiálu mají kovy, především oceli ⁶.

Pro značně namáhané nástroje se schopností odolávat velkým střížným silám, rázům a opotřebení se používají nástrojové oceli, jejichž vhodnost použití je obsažena v tab. 2.1. Z nástrojových ocelí se používají oceli nelegované uhlíkové, středně legované, vysoce legované a oceli k cementování. Přítomnost legujících prvků v oceli má vliv na kalitelnost a prokalitelnost materiálu, precipitaci karbidů a zjemnění zrna, což vede k lepšímu výkonu a životnosti nástroje ⁶.

Požadované vlastnosti materiálu pro střížné nástroje z NO:

- povrchová tvrdost a houževnatost,
- kalitelnost a prokalitelnost,
- stálost rozměrů během kalení,
- únavová pevnost,
- obrobitelnost,
- odolnost proti opotřebení,
- životnost řezných hran,
- malá náchylnost k trhlinám během kalení a broušení.

Další materiály pro výrobu střížných nástrojů:

- technická pryž a polyuretanové elastomery,
- slitiny hliníku, zinku a jiných kovů,
- dřevo, tvrzený papír a tkaniny.

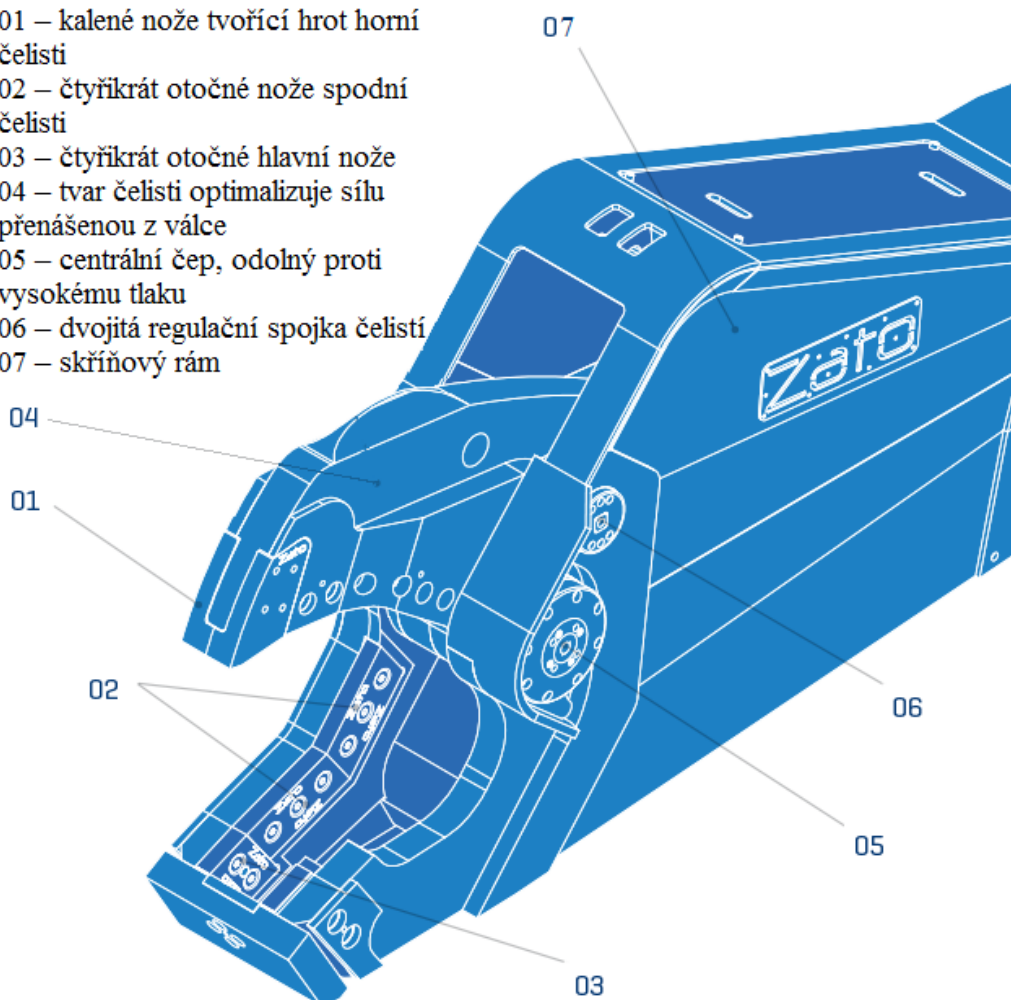
Tab. 2.1 Přehled nástrojových ocelí pro různé typy nástrojů ⁶.

Skupina	Typ oceli	Značka oceli podle ČSN	Vhodnost použití
A	ledeburitické subledeburitické	19 436 19 437 19 438 19 572 19 571 19 581	Na stříhadla s malým nárokem na houževnatost a dobrými střížnými podmínkami
B	nízkolegované	19 312 19 713 19 422 19 200	Vyznačují se dobrou rozměrovou stálostí, vhodné pro střížníky
C	pro velké tlaky	19 655 19 614 19 662	Pro stříhadla vystavená velkým střížným silám a vylamování břitů
D	odolné proti rázu	19 356 19 421	Oceli odolné proti velkým rázům
E	uhlíkové oceli	19 221 19 191 19 222 19 192 19 152 19 132	Pro málo namáhaná stříhadla a střížníky
F	odolné proti rázu	19 733 19 732 19 740 19 452	Pro stříhadla vystavená velkým rázům a namáhání v ohybu a tlaku

2.2 Popis demoličních nůžek Cayman

Řada Cayman jsou hydraulické nůžky vyráběné ve 12 provedeních lišících se rozměry, maximální střížnou silou, hmotností a rozpětím čelistí. Tvar a součásti zařízení jsou navrženy pro dosažení maximální střížné síly. Nůžky se skládají z části určené pro instalaci na rameno bagru či nakladače, rámu nůžek a dvou čelistí. Skříňový rám je svařený z oceli HARDOX a WELDOX, čímž si získává oteruvzdornost, pevnost a odolnost proti kroucení při zachování nízké hmotnosti. Je schopný odolávat vysokým napětím vyvolaným hydraulickým válcem ukrytým v rámu nůžek a také otěru při manipulaci a stříhání kovového odpadu. Čelisti jsou osazeny kalenými noži z legované nástrojové oceli a slouží k vývinu smykových napětí v materiálu a jeho následnému dělení. Nejběžnější použití nůžek Cayman je pro demolici a zdrobňování ocelových konstrukcí, vraků lodí či zdrobňování kovového odpadu na šrotišti. Obr. 2.9 zobrazuje model nůžek a popis jednotlivých částí zařízení.

- 01 – kalené nože tvořící hrot horní čelisti
- 02 – čtyřikrát otočné nože spodní čelisti
- 03 – čtyřikrát otočné hlavní nože
- 04 – tvar čelisti optimalizuje sílu přenášenou z válce
- 05 – centrální čep, odolný proti vysokému tlaku
- 06 – dvojitá regulační spojka čelistí
- 07 – skříňový rám

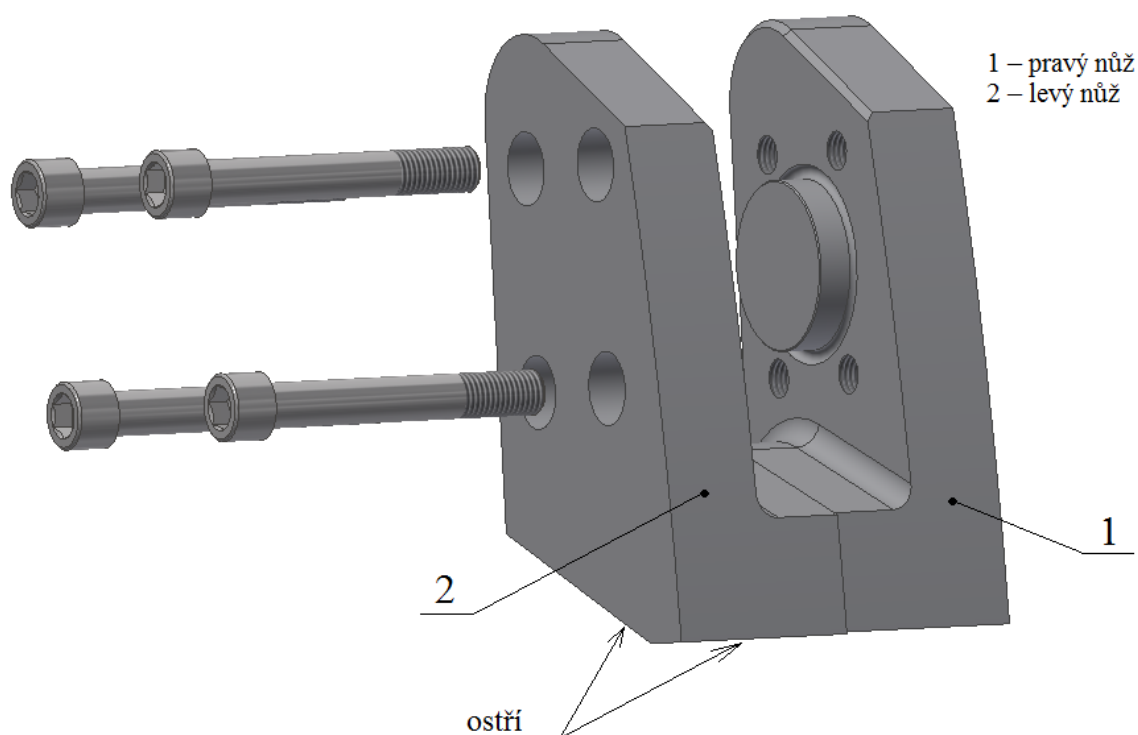


Obr. 2.9 Model demoličních nůžek Cayman ⁴.

2.3 Popis hrotového nože

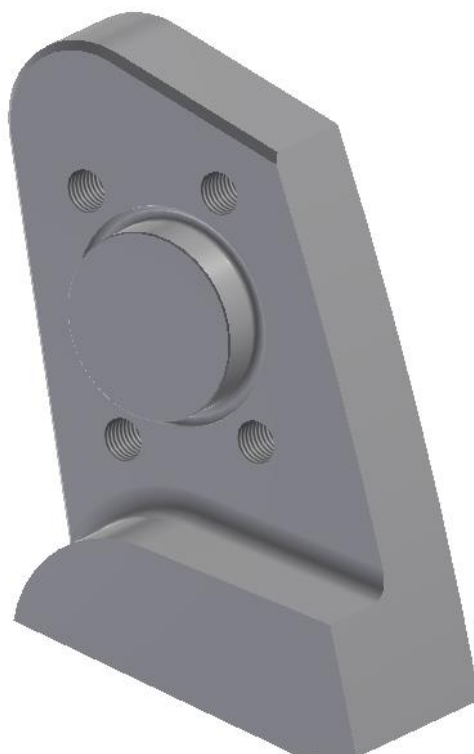
Jedná se o tepelně zpracovaný nůž z oceli 1.2746, vyráběný ve dvou provedeních – levý a pravý nůž. Oba tyto nože tvoří po montáži tzv. hrot, neboli nos horní čelisti nůžek Cayman. Při stříhání rovinných těles tento hrot jako první prostřihne materiál ve směru kolmém na směr stříhání (provede děrování) a následně je stříh dokončen bočními noži. Proto se tyto hrotové nože v anglickém jazyce nazývají piercing tips. Levý nůž se od pravého liší pouze v zahloubení pro hlavy šroubů a absenci závitů M20, jinak se jedná o identické nože, souměrné podle roviny souměrnosti horní čelisti nůžek. Konstrukce levého nože obsahuje 4 průchozí díry s válcovým zahloubením, kdežto konstrukce pravého nože obsahuje 4 průchozí díry se závitů, ale již bez zahloubení. Při montáži jsou tedy hlavy šroubů zapuštěny v zahloubeních levého nože, jejich dříčky prochází částí levého nože a horní čelistí nůžek a závitové části jsou zašroubovány do děr se závitů pravého nože. Obr. 2.10 slouží pro ujasnění představy o tvaru levého a pravého nože a jejich montáži na horní čelist nůžek.

Hrotové nože jsou neotočné, po jejich otupení není možné nože otočit a používat jiný břit jako u ostatních nožů spodní čelisti, ale musí se přebrousit, případně vyměnit za nový kus. Každý výrobce demoličních nůžek ve svém návodu k použití uvádí maximální opotřebení nožů v podobě maximálního radiusu břitu. Maximální a minimální vůle mezi břity nástrojů jsou také stanoveny výrobcem nůžek a lze je nastavovat pomocí podložek, dodávaných s nůžkami. Po použití maximálního počtu podložek a nedosažení alespoň maximální povolené vůle mezi břity je nutno celý nůž vyměnit za nový kus.



Obr. 2.10 Hrot horních čelistí, tvořený dvěma symetrickými noži.

Dále je v této práci pozornost věnována pravému noži – obr. 2.11.



Obr. 2.11 Pravý hrotový nůž demoličních nůžek.

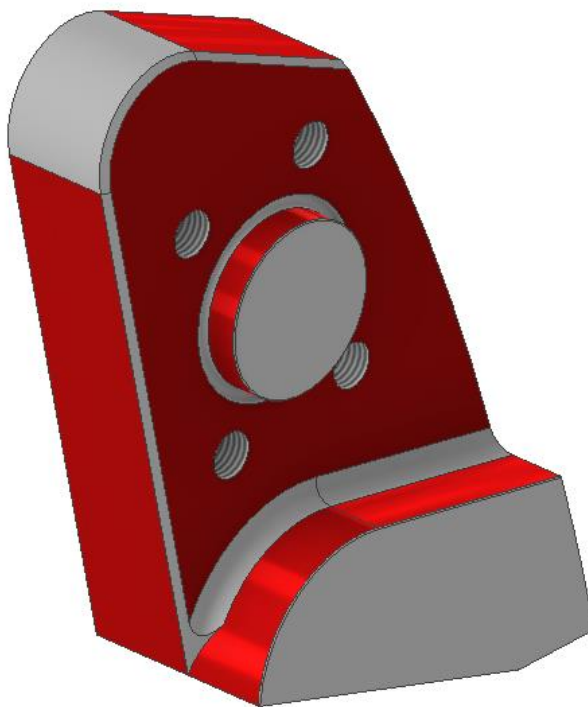
2.4 Technologičnost konstrukce hrotového nože

Konstrukce nože vychází z konstrukce horní čelisti demoličních nůžek, mechanických vlastností použitého materiálu k jeho výrobě a z požadavků na funkci nástroje.

Nůž má po svém obvodu 2 vzájemně kolmá ostří, jak je patrné z obr. 2.10. Kratší ostří slouží k děrování a delší ostří k samotnému dělení materiálu. Tělo nože je ze strany kratšího ostří zaobleno na poloměr R838,84 mm, který vychází z konstrukce nůžek tak, aby v průběhu stříhání nedošlo ke kolizi horní a spodní čelisti.

Na vnitřní straně nože se nachází kruhový výstupek, který slouží k vymezení polohy nože vzhledem k horní čelisti nůžek při montáži. V neposlední řadě se jedná o konstrukční prvek přenášející zatížení mezi horní čelistí a děleným materiálem. Po obvodu výstupku je vyfrézován zápch R2,5×2,5 mm, z důvodu dokonalého dosednutí nože na rám horní čelisti. Stejný význam má i zkosení 2,5×45° po obvodu nože. Konstrukční řešení pravého nože je obsaženo na výkrese součásti – viz příloha 1.

Na obr. 2.12 jsou červeně vyznačeny styčné plochy nože, které se dotýkají rámu horní čelisti demoličních nůžek.



Obr. 2.12 Označení styčných ploch pravého nože.

3 NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE VÝROBY TYPOVÉHO PŘEDSTAVITELE NOŽE DEMOLIČNÍCH NŮŽEK

3.1 Popis dosavadní technologie

3.1.1 Použitý materiál

Nejčastěji požadovanými materiály, ze strany zákazníka, k výrobě nástrojů pro stříhání a recyklaci kovových a nekovových materiálů jsou ve společnosti Pilana Knives, a.s. oceli 1.2746 a 1.2767 (dle ČSN EN 10027-2), dodávané rakouskou společností Böhler. Tyto oceli vynikají svou houževnatostí a byly vyvinuty pro práci za studena. Jsou tedy vhodné pro lisovadla, raznice, ohýbací nástroje, nože nůžek pro nejtlustší odštířky. V tomto případě se jedná o materiál 1.2746, který nemá ekvivalentní označení podle normy ČSN 42 0002:1976. Dle normy ČSN EN 10027-2 se jedná o nástrojovou ocel obsahující nikl, jak je patrné z chemického složení v tab. 3.1. Dle obsahu uhlíku lze říci, že se jedná o podeutektoidní ocel. Materiálové listy oceli 1.2746, s interním označením K601, jsou uvedeny v příloze 2.

Tab. 3.1 Chemické složení oceli 1.2746 ⁷.

Prvek	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Ni
Obsah v hm. %	0,41–0,49	0,15–0,35	0,60–0,80	1,40–1,60	0,73–0,85	0,45–0,55	3,80–4,20

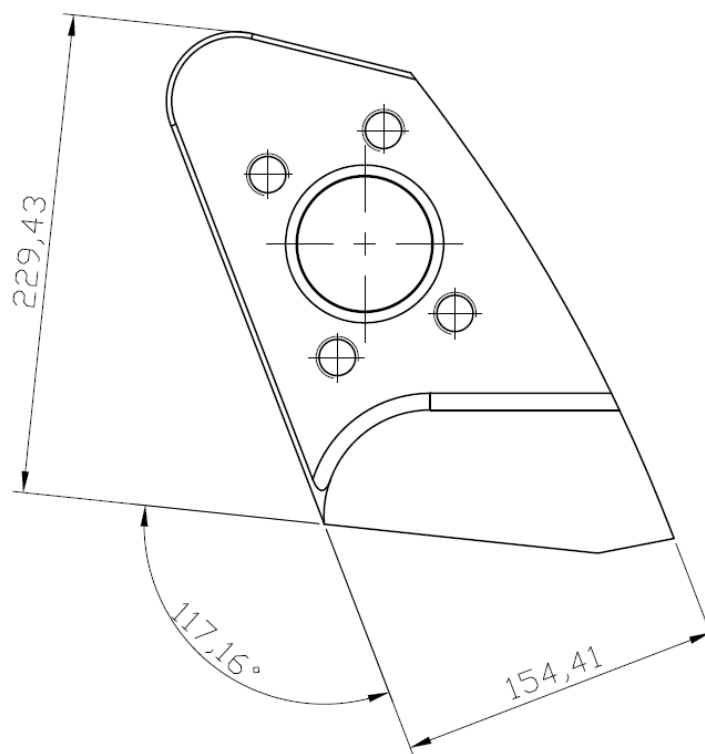
3.1.2 Řezání polotovarů na pásové pile – operace 030

Prvním krokem při výrobě hrotového nože je dělení materiálu. Výchozím polotovarem jsou ploché ocelové tyče, žíhané na měkko (tvrdost max. 295 HB). Tyče mají průřez 167x85 mm a jsou objednávány v délkách přibližně 6 m. Délka tyčí je určena zákazníkem, jakožto násobek délky polotovaru součásti. Tyče z oceli 1.2746 jsou vysokozdvížným vozíkem transportovány ze skladu materiálu na začátek výrobní haly. Odtud jsou pomocí mostového jeřábu přemístěny k pásové pile Pilous ARG 640 DC S.A.F., zobrazené na obr. 3.1. Tyče se umístí na válečkový dopravník a jejich poloha je ustavena tak, aby rozměr řezaného polotovaru odpovídal technologickým požadavkům. Poté jsou tyče upnuty hydraulickým svěrákem na stole pily a obsluhou je nastaven úhel řezu pomocí digitálního měřicího přístroje. Dále je nastavena výška výchozí pozice pilového pásu, do které se pás automaticky po provedení řezu vrátí. Z důvodu zefektivnění výroby je v jedné operaci řezáno více tyčí ležících na sobě.

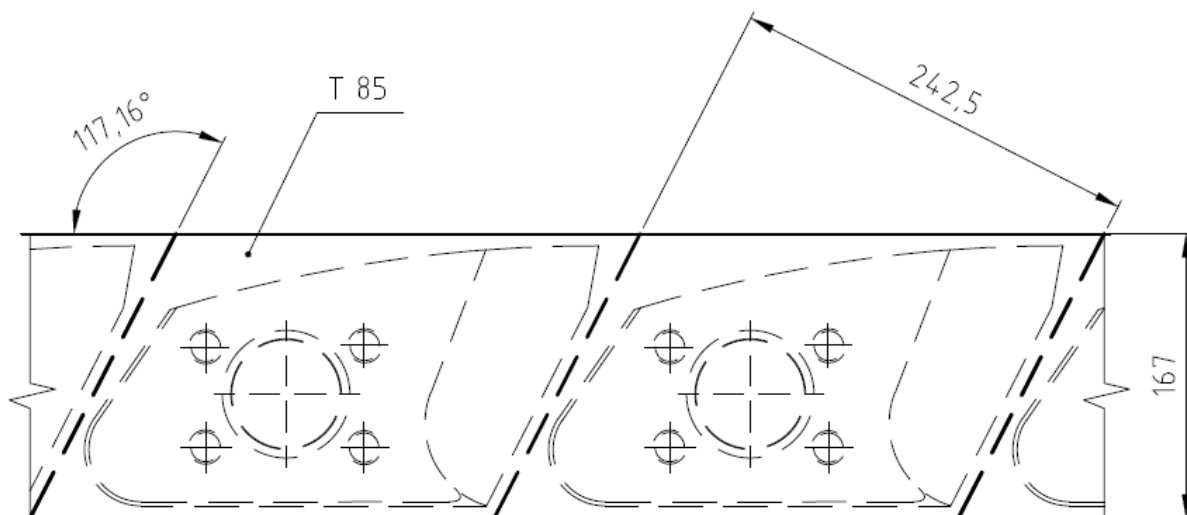


Obr. 3.1 Pásová pila na kov Pilous ARG 640 DC S.A.F. ⁸.

Pásová pila Pilous ARG 600 DC S.A.F. umožňuje nastavit úhel řezu v rovině rovnoběžné se stolem pily, tedy úhel mezi pilovým pásem a osou stolu, libovolně v rozmezí 90°–150°. Při řezání polotovarů pro výrobu hrotového nože se této možnosti využívá z důvodu úspory materiálu (obr. 3.3). Rozměry a tvar nakráčených polotovarů vychází z maximálních rozměrů výrobku a jeho geometrie – viz obr.3.2. Maximální délkový rozměr nože pod úhlem 117,16° je 229,43 mm a materiál je dělen s přídavky na obrábění po délkách 242,5 mm. Šířka nože dosahuje maximální hodnoty 154,41 mm a šířka polotovaru je dána rozměrem tyče, tedy 167 mm. Tloušťka nože je 75,5 mm, přičemž tloušťka tyče je 85 mm. Nařezané polotovary jsou skládány na paletu a poté odvezeny vysokozdvížným vozíkem do frézárny k obrobení.



Obr. 3.2 Směrodatné rozměry pro řezání polotovarů.



Obr. 3.3 Znáornění řezání polotovarů z ocelové tyče.

3.1.3 Obrábění na CNC obráběcím centru

Po nakrácení polotovarů následuje jejich hrubování na obráběcích centrech MCFV 1260 od společnosti Tajmac-ZPS, a.s. Vertikální obráběcí centrum MCFV 1260 (obr. 3.4) umožňuje obrábění ve 3 osách – X, Y, Z. Funkce stroje jsou řízeny CNC řídicím systémem Heidenhain. Obráběcí centra MCFV 1260 v Pilana Knives, a.s. jsou vybavena automatickými výměníky palet, které patří do volitelného vybavení tohoto stroje. Výměník palet má nespornou výhodu ve větší využitelnosti stroje. Zatímco je obráběn obrobek upnutý na jedné paletě, může obsluha sejmout již hotovou součást z druhé palety a upnout na ni další polotovar.



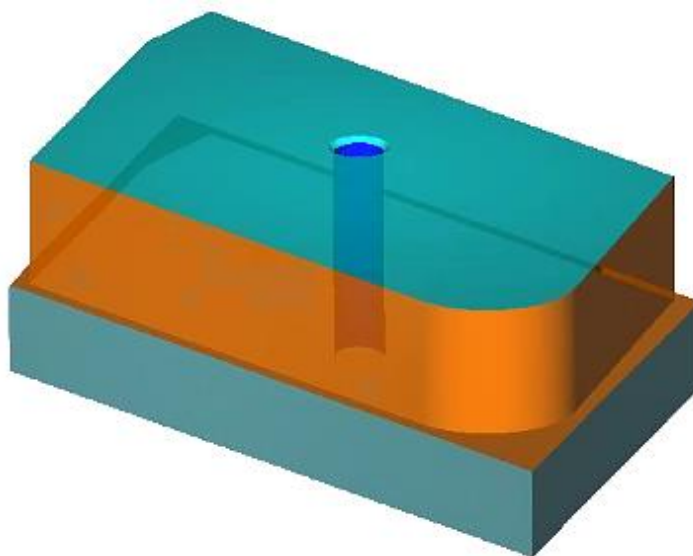
Obr. 3.4 Vertikální obráběcí centrum MCFV 1260.

Operace 080

Obsluha CNC obráběcího centra umístí pomocí sloupového jeřábu polotovar součásti na vyměnitelnou paletu stroje a upne jej do svěráku připevněného k paletě. Obrábění součásti v této operaci probíhá na jedno upnutí.

Obrobek je hrubován s přídavkem 0,5 mm na všechny plochy. Jako první je ofrézována horní plocha polotovaru frézovací hlavou s VBD. Dále je stopkovou frézou z RO hrubována kontura nože, přičemž fréza obrábí pouze horní část tloušťky obrobku (spodní část je upnuta ve svěráku). V této operaci se nefrézuje poloměr R838,84 mm, aby mohl být obrobek za rovinné plochy upnut ve svěráku během obrábění v operaci 085. Dalším krokem je navrtání a následné vyvrtání jedné ze čtyř děr o průměru 18 mm, určené pro závit M20, včetně sražení její hrany. Tato díra je průchozí skrze celou tloušťku obrobku a slouží k zaměření obrobku v operaci 085 pomocí sondy. Doporučený průměr vrtáku pro závit M20 je 17,5 mm, avšak ze zkušeností technologů je používán vrták o průměru 18 mm. Při řezání závitu do díry

o větším průměru je závitník méně namáhán, jelikož dochází k odebrání menšího objemu materiálu, a snižuje se riziko zalomení závitníku v těžko obrobitelné niklové oceli. Na druhou stranu je menší i nosná plocha závitu, to však v tomto případě nehraje zásadní roli. Stav obrobku po obrobení v operaci 080 je patrný z obr. 3.5.



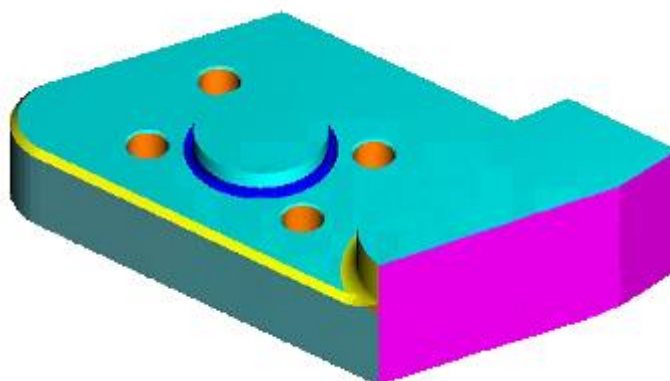
Obr. 3.5 Stav obrobku po obrobení v operaci 080.

Operace 085

Obrábění hrotového nože v této operaci probíhá ve 2 polohách upnutí.

První poloha upnutí:

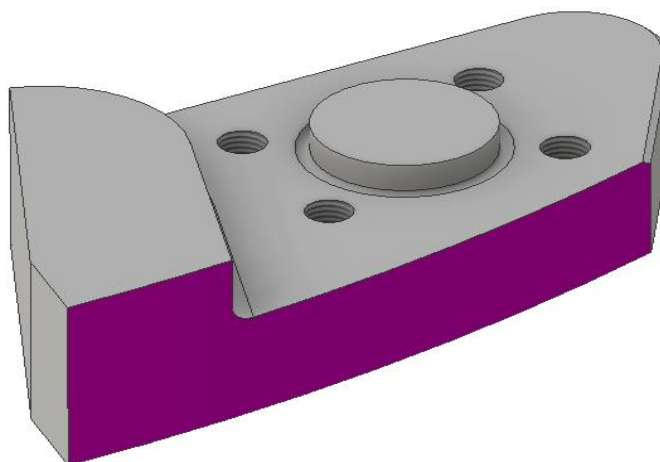
Obrobek je otočen a upnut ve svěráku za již ofrézované boční plochy. Sondou pro kontrolu rozměru obrobku je nalezen střed díry o průměru $D = 18$ mm, zhotovené v operaci 080, aby řídicí systém přesně identifikoval polohu obrobku. Tento krok je důležitý z důvodu návaznosti operací (např. kontura obrobená v operaci 080 i v operaci 085 musí na sebe navazovat). Stejně jako v operaci 080 jsou opět všechny plochy hrubovány s přídavkem 0,5 mm. Nejprve je ofrézována horní plocha obrobku a následně jeho kontura bez poloměru zaoblení R838,84 mm. Dále je hrubováno tělo nože na tloušťku 46 mm a kruhový výstupek, po jehož obvodu je vyfrézován zápich R2,5×2,5 mm. Následuje frézování zaoblení o poloměru R8 mm a sražení hrany 2,5×45° po obvodu těla nože. Jako další jsou navrtány a vyvrtány zbylé tři díry o průměru 18 mm, sraženy hrany ve všech čtyřech dírách, včetně díry zhotovené v operaci 080, a řezány závity M20 pomocí závitníku. Poslední operací je dokončování ploch, pod úhly 10,96° a 6,03°, stopkovou frézou. Výsledkem operací 080 a první polohy upnutí operace 085 je tedy obrobek ve tvaru výsledné součásti (hrotového nože), bez poloměru zaoblení R 838,84 mm, s přídavky 0,5 mm na všech plochách, kromě ploch pod úhly 10,96° a 6,03°. Tyto plochy jsou již obrobeny na hotovo. Stav obrobku po obrobení v první poloze upnutí operace 085 je zachycen na obr. 3.6.



Obr. 3.6 Stav obrobku po obrobení v první poloze upnutí.

Druhá poloha upnutí:

Obrobek je orientován stejně jako v poloze druhé, ale již není upnut ve svěráku. Obrobek je ustaven na podpěrkách a je upnut pomocí upínky a upínacího šroubu. V této poloze je stopkovou frézou nejprve hrubováno a následně dokončeno zaoblení R838,84 mm. Tato plocha je na obr. 3.7 označena fialově. Poté jsou obrobky obsluhou stroje skládány na paletu a odvezeny na kalírnu k tepelnému zpracování.



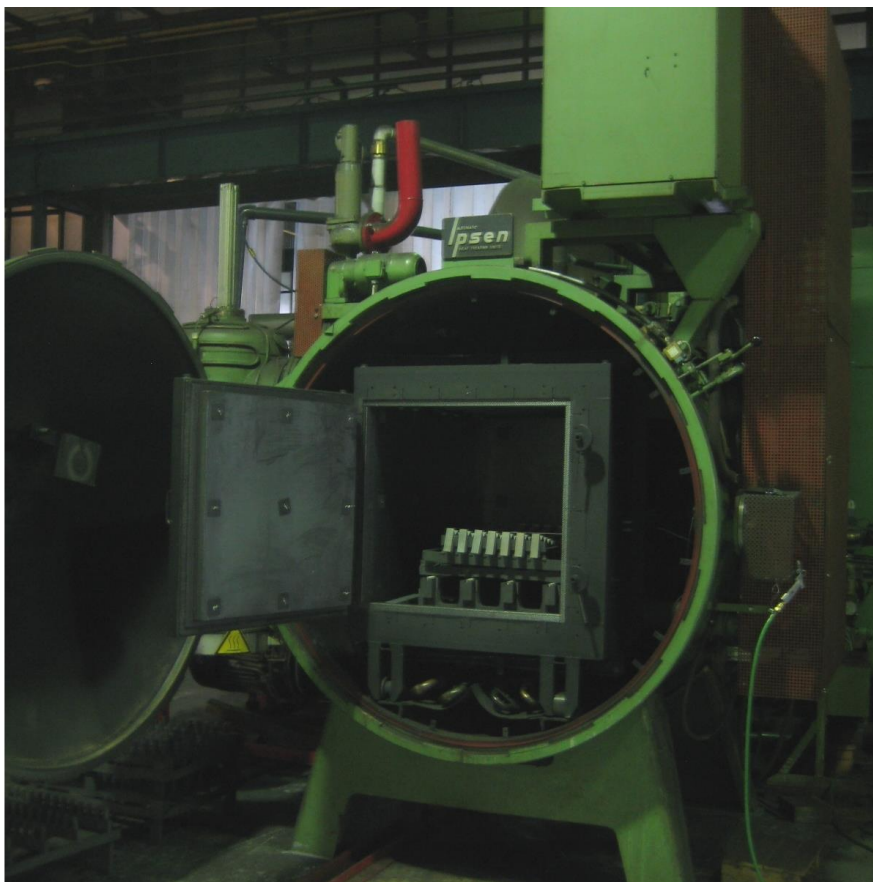
Obr. 3.7 Stav obrobku po obrobení ve druhé poloze upnutí.

3.1.4 Tepelné zpracování ve vakuu – operace 149 a 150

Kalení ve vakuové peci je progresivní metoda tepelného zpracování. Vzhledem k ekologii a čistotě pracovního prostředí se označuje jako kalení jakostní. Účelem kalení ve vakuu je zabránění oxidace povrchu součásti a tvorbě okují. Povrch součásti je tedy po kalení kovově lesklý a neoduhličený⁹.

Popis postupu tepelného zpracování:

Nože jsou naskládány do vakuové pece od německého výrobce IPSEN, zachycené na obr. 3.8. Po uzavření vakuových dveří dojde ke spuštění programu, který obsahuje informace o průběhu tepelného zpracování. Celý proces je řízen a regulován řídicí jednotkou, na niž program běží.



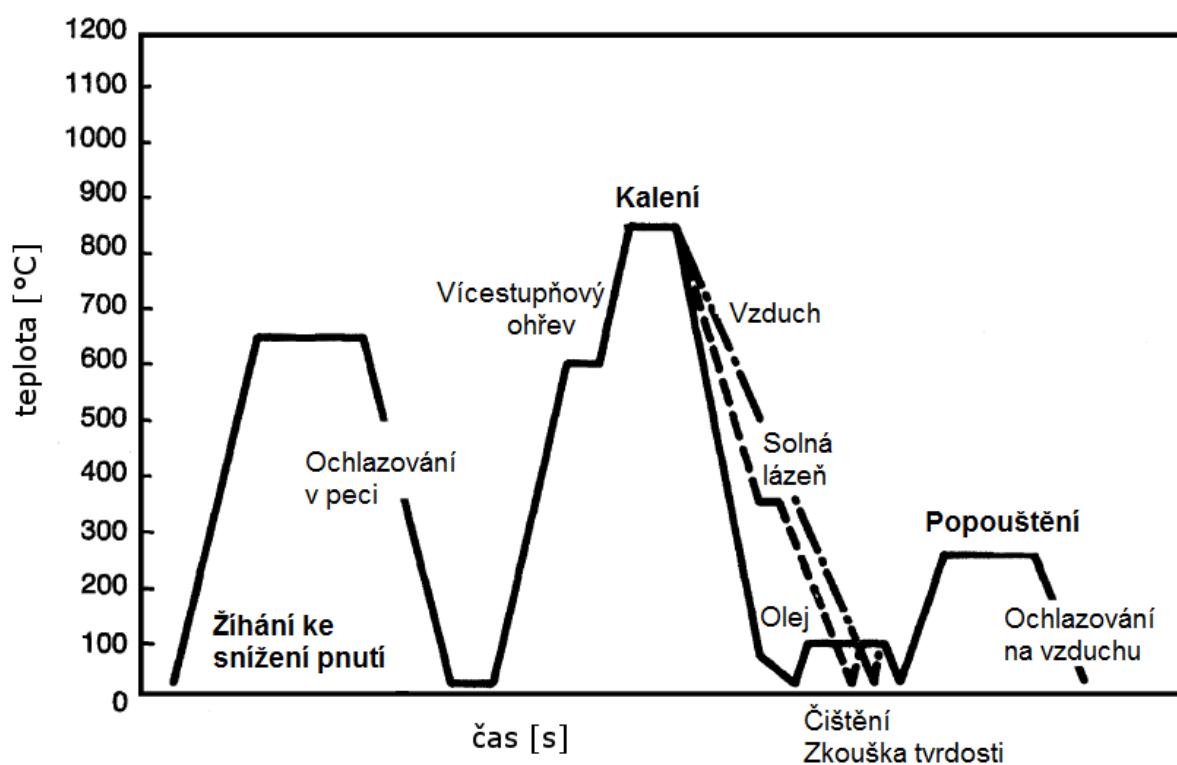
Obr. 3.8 Vakuová pec IPSEN GL-Type.

Jako první dojde k odčerpání vzduchu z prostoru uvnitř pece pomocí vývěvy. Vývěva dokáže snížit absolutní tlak uvnitř pece na hodnotu 500–200 Pa. Po dosažení požadovaného podtlaku začne procházet elektrický proud skrze grafitové tyče, umístěné na spodní a horní straně pece. Průchodem elektrického proudu dochází k jejich ohřevu. Důsledkem silného podtlaku a vyčerpaného vzduchu dochází k pomalému ohřevu vsázky, jelikož přenos tepla je v tomto případě realizován pouze zářením, kdy jsou z grafitových tyčí vyzařovány fotony s určitou energií, jenž se po dopadu na povrch vsázky mění na energii tepelnou. Přenos tepla vedením ani konvekcí se zde neuplatňuje. Ohřev probíhá ve dvou stupních, aby došlo k rovnoměrnému prohřátí materiálu v celém jeho objemu. Kalicí teplota se pohybuje v rozmezí 880–910 °C – viz obr. 3.9.

Během ohřevu vsázky (kolem teploty 400 °C) je do pece vehnán dusík v plynném stavu. Dusík brání oxidaci vsázky, protože není technicky možné dosáhnout v peci absolutního vakua a odčerpat všechny kyslík, který způsobuje korozi kovů. Dusík i urychlí ohřev vsázky, jelikož jeho částice jsou zprostředkovateli přenosu tepla vedením. Výdrž na kalicí teplotě je v rozmezí 15 až 30 minut. Poté přichází na řadu ochlazování vsázky, do pece je vehnán dusík o absolutním tlaku až 0,6 MPa a materiál je ochlazován na teplotu okolo 20 °C. Takto zakalená ocel 1.2746 dosahuje tvrdosti 56 HRC.

Bezprostředně po martenzitickém kalení začíná proces popouštění. Materiál je ohřát na popouštěcí teplotu, danou dle požadavků na mechanické vlastnosti materiálu. V případě hrotového nože demoličních nůžek je požadavek na tvrdost 52 ± 1 HRC. Z popouštěcího diagramu (obr. 3.10) tedy vyplývá, že vhodná popouštěcí teplota je 300 °C. Výdrž na této teplotě je ovlivněna tloušťkou zpracovávaného materiálu. Materiálové listy udávají výdrž na popouštěcí teplotě 1 hodinu s každými 20 mm tloušťky kalené součásti, avšak alespoň 2 hodiny. Následuje ochlazení materiálu na teplotu okolo 20 °C na vzduchu.

Průběh tepelného zpracování 1.2746

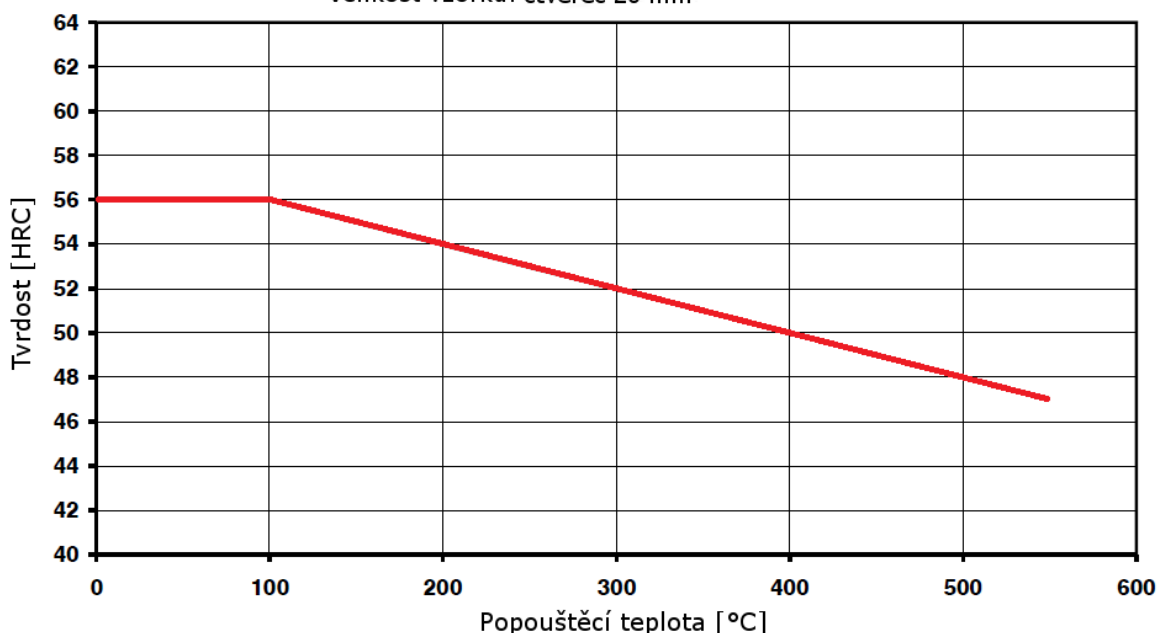


Obr. 3.9 Průběh tepelného zpracování oceli 1.2746 – závislost teploty na čase¹⁰.

Popouštěcí diagram 1.2746

Kalící teplota: 900 °C

Velikost vzorku: čtverec 20 mm

Obr. 3.10 Popouštěcí diagram ¹⁰.

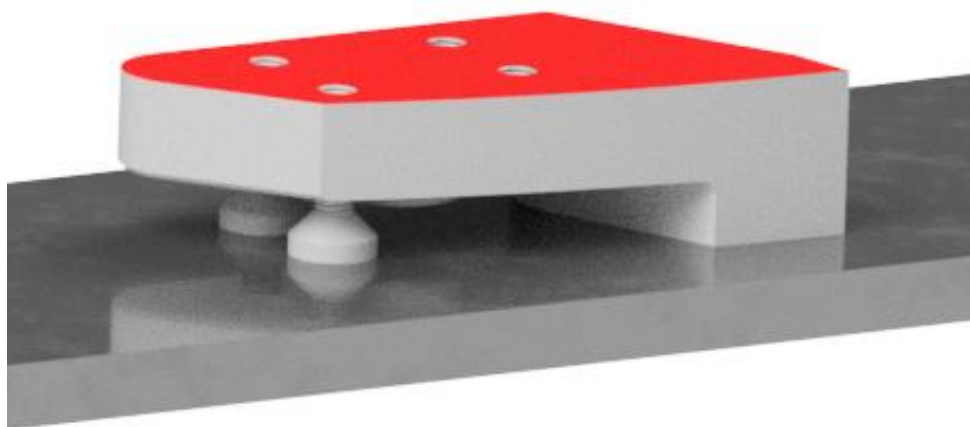
Cíle tepelného zpracování:

Martenzitické kalení: bezdifuzní přeměna austenitu na přesycený ferit, tzv. martenzit a dosažení požadovaných mechanických vlastností oceli, zejména tvrdosti a pevnosti

Popouštění: snížit vnitřní pnutí, zmenšit obsah zbytkového austenitu a stabilizovat rozměry součásti při zachování vysoké tvrdosti ¹¹

3.1.5 Broušení – operace 170

Obrobek je upnut na elektromagnetickou upínací desku rovinné brusky TOS BPH 320 A a ustaven do vodorovné polohy, přičemž orientace kruhového výstupku obrobku je směrem dolů – k elektromagnetické desce. Obr. 3.11 udává představu o pozici obrobku při broušení a je zde červeně označena broušená plocha, tzv. základna. Jedná se o rovinné broušení obvodem brousícího kotouče s přímočarým vratným pohybem stolu. Z horní plochy obrobku, tzv. základny, je odebrán přírůstek 0,5 mm. Dosažená drsnost povrchu při broušení základny je $R_a = 0,8 \mu\text{m}$.



Obr. 3.11 Pozice obrobku na elektromagnetické desce při broušení.

3.1.6 Dokončování na CNC obráběcím centru – operace 200

Dokončovací frézování hrotového nože probíhá ve 3 polohách upnutí.

První poloha upnutí:

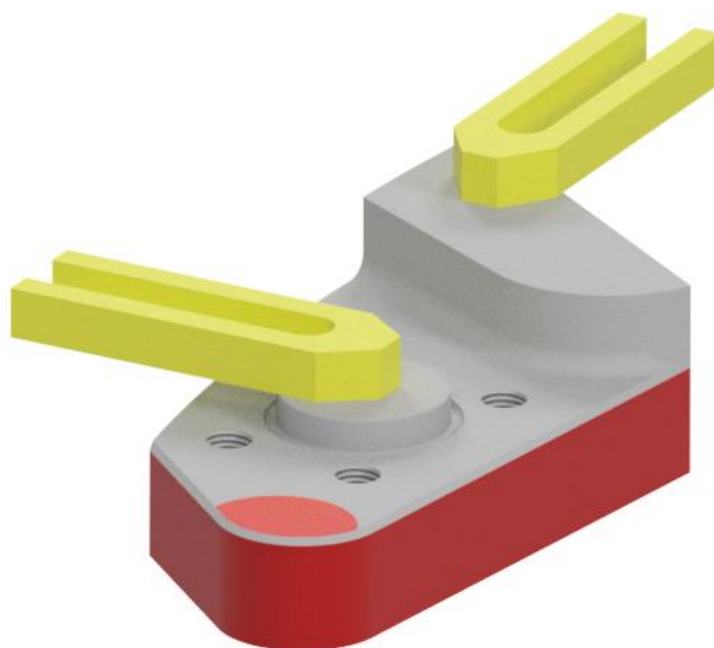
Obrobek je umístěn základnou dolů na podložky (z důvodu frézování obvodu obrobku) a upnut dvěma upínkami. V tomto upnutí je dokončena tloušťka těla nože na 45 mm, rádius R8 mm, sražení hrany výstupku 0,5x45°, rádius R50,6 mm a jeho navazující plocha. Obr. 3.12 zobrazuje upnutí obrobku a červeně jsou zde vyznačeny plochy obrobny na hotovo.



Obr. 3.12 Znázornění první polohy upnutí při dokončovacím frézování.

Druhá poloha upnutí:

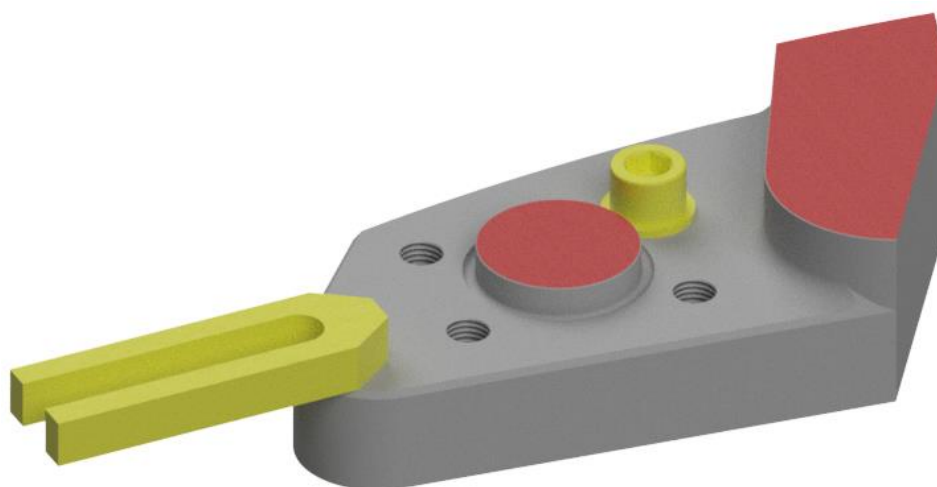
Levá upínka je přemístěna na kruhový výstupek aby nekolidovala s dráhou nástroje. Druhá poloha upnutí spočívá v dokončení plochy těla nože (šedá plocha pod levou upínkou na obr. 3.12), rádiusu R33 mm a ploch k němu navazujícím po obvodu nože. Rozmístění upínek v této poloze upnutí a označení obráběných ploch červenou barvou je vyobrazeno na obr. 3.13.



Obr. 3.13 Znázornění druhé polohy upnutí při dokončovacím frézování.

Třetí poloha upnutí:

Stopkovou frézou z RO je dokončena horní plocha kruhového výstupku a styčná plocha hrotového nože s jeho protikusem. V této poloze upnutí je obrobek upnut jednou upínkou a jedním upínacím šroubem M20 přímo ke stolu stroje – viz obr. 3.14.



Obr. 3.14 Znázornění třetí polohy upnutí při dokončovacím frézování.

3.1.7 Kontrola – operace 500

Po dokončení všech předepsaných operací musí každý hotový nůž projít závěrečnou kontrolou. Provádí se kontrola rozměrových a geometrických tolerancí a struktury povrchu. Pokud součást splní všechny náležitosti předepsané na výkrese, následuje její zakonzervování pomocí antikoroziního nátěru, zabalení a nakonec vyexpedování.

3.2 Návrh nové technologie výroby hrotového nože demoličních nůžek

Návrh nové technologie spočívá ve změně upnutí obrobku při operacích frézování.

Jelikož je obrobek během výroby nože při frézovacích operacích upínán celkem šestkrát, nabízí se zde řešení k optimalizaci vedlejších časů, v podobě náhrady dosavadního mechanického způsobu upínání obrobku ve svěráku a pomocí upínek za efektivnější upínání pomocí magnetického upínače.

Tyto upínače nekladou takové časové nároky na upínání jako např. mechanické nebo hydraulické upínače a celkově zjednodušují proces upnutí obrobku. S oblibou se využívají při obrábění (frézování, vrtání, broušení atd.), ale i při manipulaci s feromagnetickým materiálem¹².

Mezi výhody magnetických upínačů patří:

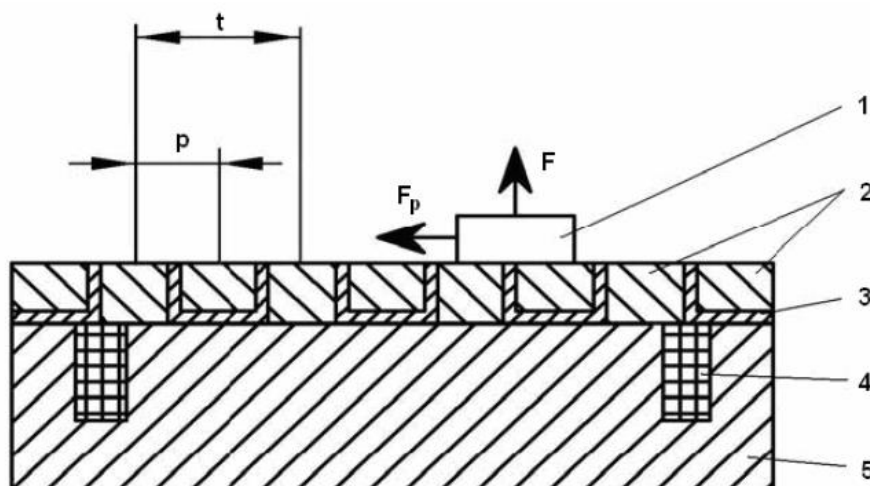
- minimalizace přípravného času,
- možnost obrábění z pěti stran,
- univerzálnost a flexibilita,
- snížení vibrací,
- na rozdíl od mechanických upínačů nevzniká v materiálu strukturální pnutí,
- absence upínacích přípravků (např. upínky),
- možnost opracování více obrobků na jedno upnutí.

3.2.1 Rozdělení magnetických upínačů

Elektromagnetické upínače (EMU)

Jedná se o nejstarší typ magnetických upínačů, avšak i dnes má značné zastoupení, hlavně na rovinných bruskách. Magnetické pole je indukováno cívkami, kterými protéká stejnosměrný proud. Schéma takového upínače je na obr. 3.15¹².

Značnou nevýhodou těchto upínačů je závislost na elektrické energii a její spotřeba. Pokud odpojíme EMU od zdroje elektrické energie, dojde k zániku magnetického pole a k vymizení magnetických siločar, což vede ve většině případů k uvolnění upnutého materiálu. Dalším negativem je zahřívání upínače vlivem průchodu elektrického proudu cívkami. Tento nepříznivý jev může způsobit teplotní dilataci materiálu a zhoršit přesnost obrábění¹².



(1 – obrobek, 2 – pólová deska, 3 – nemagnetické spáry, 4 – cívka, 5 – těleso upínače)
(t – pólová rozteč, p – pólový interval, F_p – posuvná síla, F – adhezní síla)

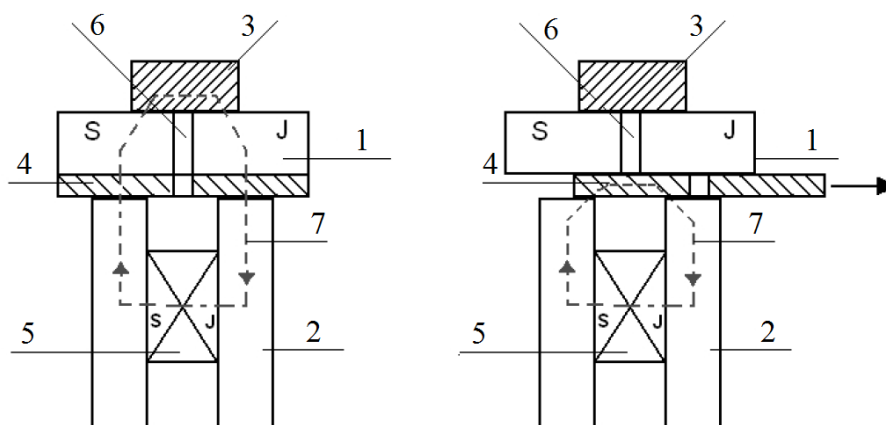
Obr. 3.15 Základní modul EMU s pólovou deskou ¹².

Permanentní magnetické upínače (PMU)

Magnetické pole je tvořeno permanentními magnety, jejichž složkami jsou nejčastěji neodym nebo samarium, železo a bor. Jelikož permanentní magnety vyvolávají trvalé magnetické pole, je nutno zajistit takové řešení konstrukce, aby se PMU dal zapnout nebo vypnout, respektive upnout nebo sejmout obrobek z upínače. Toho lze dosáhnout zařazením zkratovací planžety do PMU, která po vysunutí odkloní magnetické pole od pólové desky a uzavře magnetické indukční čáry uvnitř upínače – viz obr. 3.16. V opačném případě prochází magnetické indukční čáry skrze pólovou desku a uzavírají se v uchyceném materiálu. K vysunutí zkratovací planžety je nutno vyvodit určitou mechanickou sílu, jenž je omezujícím faktorem, a proto se PMU používají k upínání menších dílců ¹².

Mezi přednosti tohoto typu MU patří fakt, že na rozdíl od EMU nedochází k jejich zahřívání během provozu a nejsou závislé na elektrické energii. To znamená, že se jedná o bezpečnější způsob upínání než u EMU ¹².

Mezi nevýhody těchto upínačů se řadí zbytkový magnetismus, který v materiálu po jeho odepnutí zůstává. Pokud je zbytkový magnetismus nežádoucím jevem, musí se dalším zařízením demagnetizovat ¹².



(1 - pólová deska, 2 - pólové nastavce, 3 - obrobek, 4 - zkratovací planžeta, 5 - magnet, 6 - nemagnetická spára, 7 - tok magnetických indukčních čar)

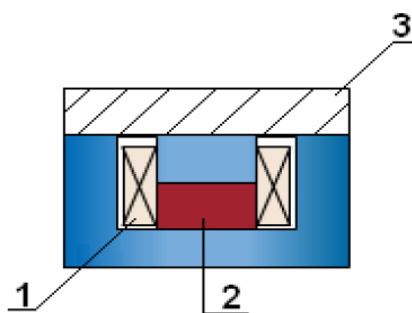
Obr. 3.16 Princip EMU (vlevo – zapnuto, vpravo – vypnuto) ¹².

Elektropermanentní magnetické upínače (EPMU)

EPMU jsou nejmodernějším řešením magnetického upínání kombinující výhod upínačů elektromagnetických a upínačů s permanentními magnety. EPMU tedy obsahuje magnetický materiál, který je obklopen cívkou, jak zobrazuje obr. 3.17. Aktivace upínače probíhá tak, že je řídicí jednotkou, připojenou kabelem k EPMU, do cívek dodán impuls v podobě elektrického proudu. Proudový impuls, protékající cívkami, má za následek vytvoření elektromagnetického pole, v němž se nachází magnetický materiál. Vlivem nasycení se magnetický materiál aktivuje a začne se chovat jako permanentní magnet. Pro deaktivaci EPMU se vyše řídicí jednotkou opačný proudový impuls. Aktivační i deaktivací proudový impuls trvá několik milisekund. Moderní řídicí jednotky umožňují po deaktivaci EPMU zároveň materiál zbavit zbytkového magnetismu, tedy demagnetizovat ¹².

Mezi výhody EPMU patří:

- velká upínací síla,
- nízká spotřeba elektrické energie – upínač je závislý na zdroji elektrické energie pouze v okamžicích aktivace nebo deaktivace upínače,
- bezpečnost – při výpadku proudu nedojde k odmagnetování upínače,
- nedochází k tepelným dilatacím vlivem zahřívání upínače,
- možnost demagnetizace odepnutého obrobku pomocí řídicí jednotky.



(1 – cívka, 2 – PM, 3 – obrobek)

Obr. 3.17 Schéma EPMU ¹².

3.2.2 Činitelé ovlivňující výběr magnetického upínače

Jak již bylo výše zmíněno, největší adhezní a posuvnou sílu zprostředkovávají EPMU. To je hlavní důvod, proč je ze strany výrobců magnetických upínačů při jejich vývoji kladen největší důraz na tento typ.

Adhezní síla je orientována kolmo na pólovou desku a představuje sílu nutnou k odtržení obrobku od pólové desky.

Posuvná síla je rovnoběžná s pólovou deskou a představuje sílu nutnou k posunutí obrobku ve směru rovnoběžném s pólovou deskou.

Při použití magnetického upínače musí být zajištěno, aby při obrábění nedošlo k působení nástroje na obrobek silou větší než je adhezní síla (v kolmém směru na pólovou desku) nebo posuvná síla (v rovnoběžném směru s pólovou deskou). Při nesplnění těchto podmínek dojde k uvolnění obrobku z upínače, což může vést k materiální, ale i zdravotní újmě.

Při výběru MU, z hlediska dosažení bezpečného upnutí obrobku, hrají důležitou roli tyto činitelé:

- druh obráběného materiálu,
- rozměr obrobku, respektive styčná plocha obrobku s pólovou deskou upínače,
- tvar obrobku,
- drsnost povrchu obrobku,
- otáčky vřetena,
- posuv nástroje,
- průřez třísky.

3.2.3 Využití EPMU při operacích frézování na obráběcím centru MCFV 1260

Pro výběr magnetického upínače a posouzení jeho vhodnosti hraje důležitou roli, mimo parametrů obrábění a vlastností obráběného materiálu, také zkušenost pracovníků zabývajících se zákaznickou podporou ve firmě, která upínače prodává. Po vytipování daného magnetického upínače je vhodné ověřit jeho správnou funkci v reálných podmínkách obrábění, ještě před samotným nasazením do výroby. V případě nesplnění požadavků na upnutí obrobku může být upínač nahrazen upínačem jiným, jelikož při široké škále vyráběných MU je velmi pravděpodobné, že pro danou operaci lze použít více jak jeden typ MU.

Elektropermanentní upínač SAV 243.77

Na základě poskytnutí výše uvedených činitelů byl po konzultaci s asistentem prodeje ze společnosti SAV CZECH spol. s r.o. pro frézování nože demoličních nůžek doporučen elektropermanentní upínač SAV 243.77. Upínač je vhodný pro frézování, vrtání a HSC obrábění. Upínací deska tohoto EPMU má rozměry 480×300 mm a jsou na ní příčně uspořádány póly s roztečí 55 mm. Upínač dokáže vyvinout nominální upínací sílu o velikosti 150 N/cm². Minimální tloušťka upínaného dílce je 20 mm a jeho minimální rozměr 95×95 mm, což obrobek nože demoličních nůžek splňuje. Více informací o upínači SAV 243.77 je obsaženo v příloze 3.

Dále je nutné k EPMU zařadit elektronický řídicí systém SAV 876.10–0-360/30/400. Tento systém slouží k monitorování a řízení elektropermanentního upínače (např. změně upínací síly) a obsahuje také různé bezpečnostní prvky. Integrovaný mikroprocesor zajišťuje dokonalé odmagnetování obrobku, díky čemuž lze obrobek snadno z upínače sejmout, odstranit třísky a není třeba obrobek separovaně demagnetizovat.

Celý upínací systém obsahuje také elektronickou řídicí jednotku SAV 876.02 SE3, sloužící jako ovladač pro obsluhu řídicího systému. Jednotka obsahuje tlačítka po ovládnutí EPMU a světelnou indikaci stavu upínače.

Nová technologie výroby nože

V operaci 080 (viz kap. 3.1.3 Obrábění na CNC obráběcím centru) lze díky EPMU zkrátit upínací časy. Na pólové nástavce navrženého EPMU je možno umístit 4 polotovary vedle sebe, tedy obrábět 4 kusy najednou. V tomto případě je vhodné použít pólové nástavce s dorazy, které umožní upnout polotovary do výchozí polohy a také brání v usmyknutí obrobku při hrubování frézovací hlavou.

Přínosem EPMU v operaci 085 (viz kap. 3.1.3 Obrábění na CNC obráběcím centru) je odstranění času potřebného k přepnutí obrobku z první polohy do druhé. Použitím pólových nástavců je kus obrobek na jedno upnutí, namísto původních dvou. V případě upnutí 4 obrobků vedle sebe, jako v operaci 080, dojde k dalšímu snížení vedlejších časů.

V dosavadní technologii výroby se během operace 200, kdy dochází k dokončování obrobku po tepelném zpracování, na paletu stroje umísťují 2 obrobky vedle sebe, a to z důvodu dosažení co nejvyšší produktivity výroby. Na jednom obrobku se provádí frézování v první a druhé poloze upnutí a na druhém obrobku se provádí frézování ve třetí poloze upnutí (viz kap. 3.1.6 Dokončování na CNC obráběcím centru – operace 200). Celá operace frézování je však doprovázena nutností zastavení stroje kvůli přepnutí prvního obrobku z první polohy upnutí do polohy druhé (přemístění upínky). Toto přepnutí obrobku má za následek prostoj stroje, tedy snížení jeho využitelnosti a navýšení spotřeby času. Použitím EPMU s pólovými

nástavci zajistíme přístup nástrojů ke všem dokončovaným plochám a umožníme obrobení součásti na jedno upnutí, bez nutnosti zastavení stroje. Dále dojde ke snížení upínacích časů, potřebných k upínání obrobků mimo stroj.

Použití EPMU také vede k úplnému odstranění operace broušení. V dosavadním technologickém postupu výroby je broušení zařazeno pouze z důvodu nemožnosti upnutí obrobku mechanickým způsobem upínání tak, aby mohla být základna nože ofrézována. Proto je obrobek upnut na elektromagnetickou desku brusky a obroben brusným kotoučem. Drsnost povrchu základny je potom $Ra = 0,8 \mu\text{m}$ místo dostačujících $Ra = 3,2 \mu\text{m}$. Zařazení EPMU do frézovacích operací zajistí upnutí obrobku stejně jako na rovinné brusce s tím rozdílem, že místo nákladného broušení základny na $Ra = 0,8 \mu\text{m}$ dojde k šetření výrobních nákladů vlivem frézování této plochy na $Ra = 3,2 \mu\text{m}$.

Na obr. 3.18 je zachycena pólová deska moderního EPMU s hexagonálními póly a pólovými nástavci.



Obr. 3.18 Upnutí obrobku na EPMU s pólovými nástavci ¹³.

4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

Výrobní čas ve společnosti Pilana Knives a.s. je dělen na kusový čas TA [min] a přípravný čas TB [min]. Kusový čas TA představuje dobu potřebnou k provedení dané operace na jednom kusu, včetně času na jeho výměnu. Přípravný čas TB určuje dobu nutnou k přípravě a ukončení výrobní dávky, např. montáž a demontáž svěráků ze stolu stroje.

4.1 Úspora upínacích časů při použití magnetického upínače

Frézovací operace 080

Dle CNC programu je jednotkový strojní čas potřebný k obrobení jednoho kusu $t_{A1} = 13,06$ min. Podle TPV je kusový čas $TA1 = 19,5$ min. Vedlejší čas určený k výměně kusů, po provedení celé operace, je tedy dán rozdílem kusového času a jednotkového strojního času. Vedlejší čas (vztažený na jeden kus) t_{B1} v dosavadní technologii výroby je tedy roven:

$$TA1 = t_{A1} + t_{B1}$$

$$t_{B1} = TA1 - t_{A1}$$

$$t_{B1} = 19,5 - 13,06 = 6,44 \text{ min/ks}$$

kde: $TA1$ [min/ks] - kusový čas v operaci,
 t_{A1} [min/ks] - jednotkový strojní čas,
 t_{B1} [min/ks] - vedlejší čas.

Experimentálně zjištěný upínací čas při použití EPMU:

$$t'_B = 2,51 \text{ min/ks}$$

Úspora vedlejšího času při použití EPMU, vztažená na jeden kus:

$$\Delta t_{B1} = t_{B1} - t'_B$$

$$\Delta t_{B1} = 6,44 - 2,51 = 3,93 \text{ min/ks}$$

Frézovací operace 085

Jednotkový strojní čas, zjištěný z CNC programu, je pro obrobení jednoho kusu $t_{A2} = 33,5$ min. Podle TPV je kusový čas $TA2 = 39,5$ min.

Vedlejší čas je roven:

$$t_{B2} = TA2 - t_{A2}$$

$$t_{B2} = 39,5 - 33,5 = 6 \text{ min/ks}$$

Úspora vedlejšího času při použití EPMU, vztaženo na jeden kus:

$$\Delta t_{B2} = t_{B2} - t'_B$$

$$\Delta t_{B2} = 6 - 2,51 = 3,49 \text{ min/ks}$$

Frézovací operace 200

Dle CNC programu je jednotkový strojní čas potřebný k dokončovacímú frézování jednoho kusu $t_{A3} = 23,04$ min. Podle TPV je kusový čas $TA3 = 29,5$ min. Vedlejší čas, ve kterém je zahrnuta doba určená pro přepnutí obrobku z 1. do 2. polohy upnutí a doba k výměně kusů po provedení celé operace, je tedy roven:

$$t_{B3} = TA3 - t_{A3}$$

$$t_{B3} = 29,5 - 23,04 = 6,46 \text{ min/ks}$$

Z tohoto času tvoří upínací čas uvnitř stroje $t_{B3in} = 2,588$ min/ks a upínací čas mimo stroj $t_{B3out} = 3,882$ min/ks.

Použitím upínání na EPMU tedy odpadá čas určený k přepnutí obrobku uvnitř stroje (prvního obrobku z první polohy upnutí do polohy druhé). Upínací čas je dán jen dobou potřebnou k upínání obrobku mimo stroj, kdy obsluha sejme hotovou součást z EPMU a umístí na něj další obrobek. Tento čas je nižší oproti mechanickému upínání, jelikož odpadá jakákoliv manipulace s upínkami a upínacími šrouby.

Úspora vedlejšího času při použití EPMU, vztaženo na jeden kus:

$$\Delta t_{B3} = t_{B3} - t'_B$$

$$\Delta t_{B3} = 6,46 - 2,51 = 3,95 \text{ min/ks}$$

Celková úspora vedlejších časů během všech tří frézovacích operací 080, 085 a 200 je rovna:

$$\Delta t_B = \Delta t_{B1} + \Delta t_{B2} + \Delta t_{B3}$$

$$\Delta t_B = 3,93 + 3,49 + 3,95 = 11,37 \text{ min/ks}$$

To představuje úsporu v podobě 12,85% z celkového kusového času frézovacích operací. Shrnutí spotřeby času v dosavadní technologii výroby a úsporu upínacích časů při zařazení EPMU do frézovacích operací Δt_B znázorňuje tab. 4.1.

Tab. 4.1 Shrnutí spotřeby času v dosavadní technologii výroby a úspory vedlejších časů.

Název operace	TA [min/ks]	t _A [min/ks]	t _B [min/ks]	Δt _B [min/ks]
Frézování 080	19,5	13,06	6,44	3,93
Frézování 085	39,5	33,5	6	3,49
Frézování 200	29,5	23,04	6,46	3,95
Σ	88,5	69,6	18,9	11,37

4.2 Výpočet úspory finančních prostředků

Ve výpočtech jsou zahrnuty úspory upínacích časů s přepočtem na náklady na práci obsluhy stroje a ušetření nákladů nahrazením operace broušení základny nože za frézovací operaci. Ve skutečnosti se dosáhne dalších úspor odstraněním prostoje obráběcího centra během přepínání obrobků v operaci 200, který činí 2,588 min/ks. Dále značnou redukcí času potřebného k přípravě a ukončení výrobní dávky, menším opotřebením nástrojů díky tlumení vibrací pomocí EPMU a možností upnutí až 4 kusů najednou.

Náklady na minutu práce obsluhy obráběcího centra:

$$N_{\text{obsluha}} = 4 \text{ Kč/min}$$

Úspora nákladů na práci obsluhy obráběcího centra (vztaženo na jeden kus):

$$\Delta N_{\text{obsluha}} = N_{\text{obsluha}} \cdot \Delta t_B$$

$$\Delta N_{\text{obsluha}} = 4 \cdot 11,37 = 45,48 \text{ Kč/ks}$$

Náklady na minutu provozu brusky TOS BPH 320 A:

$$N_{\text{bruska}} = 9,7 \text{ Kč/min}$$

Náklady na minutu provozu obráběcího centra MCFV 1260:

$$N_{\text{CNC}} = 20,3 \text{ Kč/min}$$

Nahrazením operace obroušení základny za operaci frézování dosáhneme finanční úspory:

$$\Delta N_{\text{CNC}} = N_{\text{bruska}} \cdot TA_{\text{bruska}} - N_{\text{CNC}} \cdot TA_{\text{CNC}}$$

$$\Delta N_{\text{CNC}} = 9,7 \cdot 25,2 - 20,3 \cdot 6,4$$

$$\Delta N_{\text{CNC}} = 114,52 \text{ Kč/ks}$$

- kde: ΔN_{CNC} [Kč/ks] - úspora při aplikaci frézování namísto broušení,
 N_{bruska} [Kč/min] - náklady na minutu provozu brusky TOS BPH 320 A,
 N_{CNC} [Kč/min] - náklady na minutu provozu obráběcího centra,
 TA_{bruska} [min/ks] - kusový čas operace broušení,
 TA_{CNC} [min/ks] - kusový čas operace frézování.

Sečtením úspor na práci obsluhy obráběcího centra a úspor nahrazením broušení základny za frézovací operaci získáme celkové úspory, které jsou vztaženy na jeden kus.

$$\Delta N_{\text{celk.}} = \Delta N_{\text{obsluha}} + \Delta N_{\text{CNC}}$$

$$\Delta N_{\text{celk.}} = 45,48 + 114,52 = 160 \text{ Kč/ks}$$

Pozn.: Při upnutí 4 kusů na jeden EPMU dojde k nezanedbatelnému snížení vedlejšího času, potřebného k výměně nástrojů mezi vřetenem stroje a zásobníkem nástrojů. Tato úspora není ve výpočtech zahrnuta.

Porovnání nákladů na obsluhu stroje v operacích 080, 085 a 200 je zahrnuto v tab. 4.2 a 4.3.

Tab. 4.2 Náklady na obsluhu stroje v dosavadní technologii výroby.

Název operace	Minutové náklady [Kč/min]	Součet upínacích časů v operaci 080, 085 a 200 [min/ks]	Náklady na obsluhu [Kč/ks]
Obsluha CNC	4	18,9	75,6

Tab. 4.3 Náklady na obsluhu stroje s použitím EPMU.

Název operace	Minutové náklady [Kč/min]	Součet upínacích časů v operaci 080, 085 a 200 [min/ks]	Náklady na obsluhu [Kč/ks]
Obsluha CNC	4	7,53	30,12

Přehled o finančních úsporách vzniklých nahrazením operace broušení za frézovací operaci udávají tab. 4.4 a 4.5

Tab. 4.4 Náklady na broušení základny v dosavadní technologii výroby.

Název operace	Minutové náklady [Kč/min]	t_A [min]	Kusové náklady [Kč/ks]
Broušení 170	9,7	25,2	244,44

Tab. 4.5 Náklady na frézování základny v nové technologii výroby.

Název operace	Minutové náklady [Kč/min]	t_A [min]	Kusové náklady [Kč/ks]
Frézování 170	20,3	6,4	129,92

4.3 Výpočet návratnosti investice do elektropermanentních upínačů

Výpočet vychází z předpokladu, že se na obráběcím centru obrábí pouze hrotové nože demoličních nůžek, a to v třísměnném provozu s délkou směny 7,5 hodiny.

Počet součástí obrobených na CNC obráběcím centru za jeden pracovní den:

$$n_{ks} = \frac{3 \cdot T_S}{T_A}$$

$$n_{ks} = \frac{3 \cdot 450}{88,5} = 15 \text{ Ks}$$

- kde: n_{ks} [ks] - počet součástí obrobených za jeden pracovní den,
 T_S [min] - délka jedné směny,
 T_A [min/ks] - součet kusových časů frézovacích operací 080, 085 a 200.

Finanční úspora nákladů za jeden pracovní den:

$$\Delta N_{den} = \Delta N_{celk.} \cdot n_{ks}$$

$$\Delta N_{den} = 160 \cdot 15 = 2\,400 \text{ Kč/den}$$

- kde: ΔN_{den} [Kč/den] - finanční úspora za jeden pracovní den se 3 směnami,
 $\Delta N_{celk.}$ [Kč/ks] - celková úspora nákladů vztažená na jeden kus,
 n_{ks} [ks/den] - počet součástí vyrobených za jeden pracovní den.

Finanční úspora nákladů za rok:

$$\Delta N_{\text{rok}} = d \cdot \Delta N_{\text{den}}$$

$$\Delta N_{\text{rok}} = 252 \cdot 2400 = 604\,800 \text{ Kč/rok}$$

kde: ΔN_{rok} [Kč/rok] - finanční úspora za rok,
 d [-] - počet pracovních dní v roce,
 ΔN_{den} [Kč/den] - finanční úspora za jeden pracovní den se 3 směny.

Návratnost investice do upínacího systému:

- 2 palety u jednoho obráběcího centra
- cena 2 EPMU: $2 \cdot 48\,199 = 96\,398 \text{ Kč}$
- cena řídicího systému: $55\,699 \text{ Kč}$,
- cena řídicí jednotky: $8\,699 \text{ Kč}$,
- celkem: $160\,796 \text{ Kč}$.

$$TN = \frac{C_0}{\Delta N_{\text{rok}}}$$

$$TN = \frac{160\,796}{604\,800} = 0,266 \text{ roku}$$

kde: TN [den] - návratnost investice do EPMU,
 C_0 [Kč] - náklady na pořízení upínacích systémů,
 ΔN_{rok} [Kč/rok] - finanční úspora za rok.

5 DISKUZE

Každý výrobní podnik musí klást důraz na co největší redukci svých nákladů, aby si zajistil svoji konkurenceschopnost a udržitelnost na trhu. Kvůli několikanásobně větším nákladům na minutu provozu obráběcího stroje vzhledem k minutovým nákladům na práci obsluhy stroje se hlavní pozornost věnuje redukci strojních časů. Strojní časy lze snížit např. vhodnou změnou konstrukce součásti nebo použitím vhodnějších nástrojů k obrábění. Po zefektivnění strojních časů je vhodné se zaměřit na časy vedlejší, především časy potřebné k upínání obrobků.

Trendem vedoucím ke snížení výrobních nákladů se v posledních letech stává užití magnetických upínačů při obrábění. Z minulých let jsou známy především elektromagnetické upínače, které našly velké uplatnění v upínání obrobků při operacích broušení. V současnosti jsou k dispozici moderní elektropermanentní upínače, které je možno s výhodou implementovat do většiny obráběcích operací.

Součástí této práce je návrh nové technologie výroby nože demoličních nůžek, který spočívá v zařazení elektropermanentního upínače do frézovacích operací. V nové technologii výroby jsou zkráceny upínací časy při frézování a také nahrazena operace broušení za levnější frézovací operaci. Vypočtené úspory vzniklé zkrácením upínacích časů se zdají být vůči celkovým nákladům na výrobu jedné součásti zanedbatelné. Jak je patrné z technicko-ekonomického vyhodnocení, tvoří 12,85% z celkového kusového času při frézovacích operacích. Avšak po přepočtu na finanční úspory lze říci, že i při obrábění s využitím výměníku palet má investice do této progresivní metody upínání obrobků smysl. Úspory vzniklé redukcí upínacích časů a úspory vytvořené nahrazením operace broušení za frézovací operaci tvoří celkové snížení nákladů 160 Kč/ks. Při ceně jednoho elektropermanentního upínače 48 199 Kč, přičemž osadíme obě výměnné palety, tvoří náklady na nový způsob upínání 160 796 Kč (včetně řídicí jednotky a řídicího systému). I přes vysokou pořizovací cenu se návratnost investice pohybuje okolo 0,266 roku, tedy 67 pracovních dní.

Nutno podotknout, že při výpočtech jsou úspory vedlejších časů přepočítány pouze na minutové náklady obsluhy stroje a v návratnosti investice nejsou zahrnuty tyto aspekty, které přispívají k jejímu značnému snížení:

- úspora přípravných časů TB,
- možnost upnutí až 4 kusů na desku EPMU vedle sebe,
- navýšení produktivity obráběcího centra vlivem odstranění jeho prostoje v operaci 200,
- snížení opotřebení nástrojů vlivem tlumení vibrací EPMU.

V technologii výroby nože demoličních nůžek se nabízejí i další problémy, které stojí za pozornost a prostudování. Jedním z nich je vrtání děr pro závity M20. Namísto doporučeného průměru díry 17,5 mm se vrtá průměr 18 mm, a to z důvodu častého zalamování závitníků.

ZÁVĚR

V úvodní části bakalářské práce je proveden rozbor technologie zpracování kovového odpadu. Pozornost je zde věnována především rozměrové úpravě odpadu, na kterou navazuje technologie dělení materiálu pomocí stříhání. Dále je v práci vysvětlena funkce demoličních nůžek, sloužících k demolici a zdobňování ocelových konstrukcí, vraků lodí či zdobňování kovového odpadu na šrotišti, včetně funkce hrotového nože, kterým se práce z velké části zaobírá. Následuje detailní popis dosavadní technologie výroby hrotového nože, a to každé operace, kterou součást během výroby podstupuje.

Hlavní část práce se zabývá návrhem nové technologie výroby hrotového nože demoličních nůžek, přičemž je kladen důraz na zefektivnění výroby a s tím spojenou úsporu výrobních nákladů. Nová technologie výroby je zaměřena na zařazení elektropermanentních magnetických upínačů do frézovacích operací na CNC obráběcím centru, což vede k redukci vedlejších časů, potřebných k upínání obrobků, a možnosti nahrazení operace broušení za méně nákladnou frézovací operaci. Tato část obsahuje i technicko-ekonomické vyhodnocení a výpočet návratnosti investice do nové technologie upínání obrobků.

Shrnutí dosažených výsledků:

- úspora výrobních nákladů 160 Kč/ks,
- předpokládaná návratnost investice do dvou elektropermanentních upínačů, včetně řídicího systému a řídicí jednotky – 0,266 roku.

Investice do elektropermanentních magnetických upínačů se vyplatí, což plyne ze samotného výpočtu návratnosti investice. Dá se předpokládat, že kvůli požadavkům na co nejnižší výrobní náklady se tyto způsoby upínání obrobků budou ve výrobních podnicích stále častěji využívat.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. BOTULA, Jiří. *Recyklace odpadů kovových a kovonosných*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2003, 86 s. ISBN 80-248-0495-6.
2. DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. Vyd. 3., dopl., v Akademickém nakl. CERM 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 238 s. ISBN 80-214-2683-7.
3. ŽĎAS a.s. - Paketovací lisy CPS 630, 1000, 1250. *ŽĎAS a.s.* [online]. [cit. 2016-01-29]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/cs/content.aspx?id=40>
4. Cutting and Demolition Shears. *Equipment and Plants for Scrap Metal Processing*. [online]. [cit. 2016-01-29]. Dostupné z: <http://www.zatoshredder.com/shears/cayman-classic/>
5. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
6. BOBČÍK, Ladislav. *Střížné nástroje pro malosériovou výrobu*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1983, 213 s.
7. Chemical composition, Mechanical, physical and environmental properties of 1.2746, Steel Grades, Tool Steel And Hard Alloy. *Steel grades, Properties and Global Standards*. [online]. © 2011 [cit. 2016-02-24]. Dostupné z: <http://www.steel-grades.com/Steel-grades/Tool-steel-Hard-alloy/1-2746.html>
8. ARG 640 DC S.A.F.. *Pásová pila, pásové pily, na kov, na dřevo, pilové pásy, kmenová pila – Pilous..* [online]. [cit. 2016-02-24]. Dostupné z: <http://pilous.cz/metal/pasove-pily-na-kov/dvousloupove-poloautomaty/arg-640-dc-saf/>
9. VAKUOVÉ KALENÍ | BÖHLER UDDEHOLM – KALÍRNA. *BÖHLER UDDEHOLM*. [online]. © 2014 [cit. 2016-02-26]. Dostupné z: <http://www.kalirna-vyskov.cz/technologie/vakuove-kaleni>
10. BÖHLER K601. *BÖHLER EDELSTAHL*. [online]. 26.4.2016 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.bohler-edelstahl.com/media/productdb/downloads/K601DE.pdf>
11. PTÁČEK, Luděk, Jaroslav CIHLÁŘ, Eduard DORAZIL, Rudolf FORET, Bohumil PACAL, Josef STEIDL, Jaroslav ŠENBERGER a Jiří ŠVEJCAR. *Nauka o materiálu II*. Brno: CERM, 1999. ISBN 80-7204-130-4.
12. VOLNÝ, Pavel. *VÝVOJOVÉ TRENDY MAGNETICKÝCH UPÍNAČŮ PRO UPÍNÁNÍ FEROMAGNETICKÝCH PŘEDMĚTŮ* [online]. [cit. 2016-03-09]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/14-volny.pdf>
13. Katalogy ke stažení. *SAV Workholding*. [online]. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: http://www.sav-workholding.cz/files/Broura-frzovn_CZ.zip

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
CNC	[-]	Computer Numerical Control
EMU	[-]	elektromagnetický upínač
EPMU	[-]	elektropermanentní magnetický upínač
HB	[-]	tvrdost dle Brinella
HRC	[-]	tvrdost dle Rockwella
HSC	[-]	High Speed Cutting
MU	[-]	magnetický upínač
NO	[-]	nástrojová ocel
PMU	[-]	permanentní magnetický upínač
RO	[-]	rychlořezná ocel
TOO	[-]	tepelně ovlivněná oblast
TPV	[-]	technická příprava výroby
VBD	[-]	vyměnitelná břitová destička
Vd	[-]	výrobní dávka

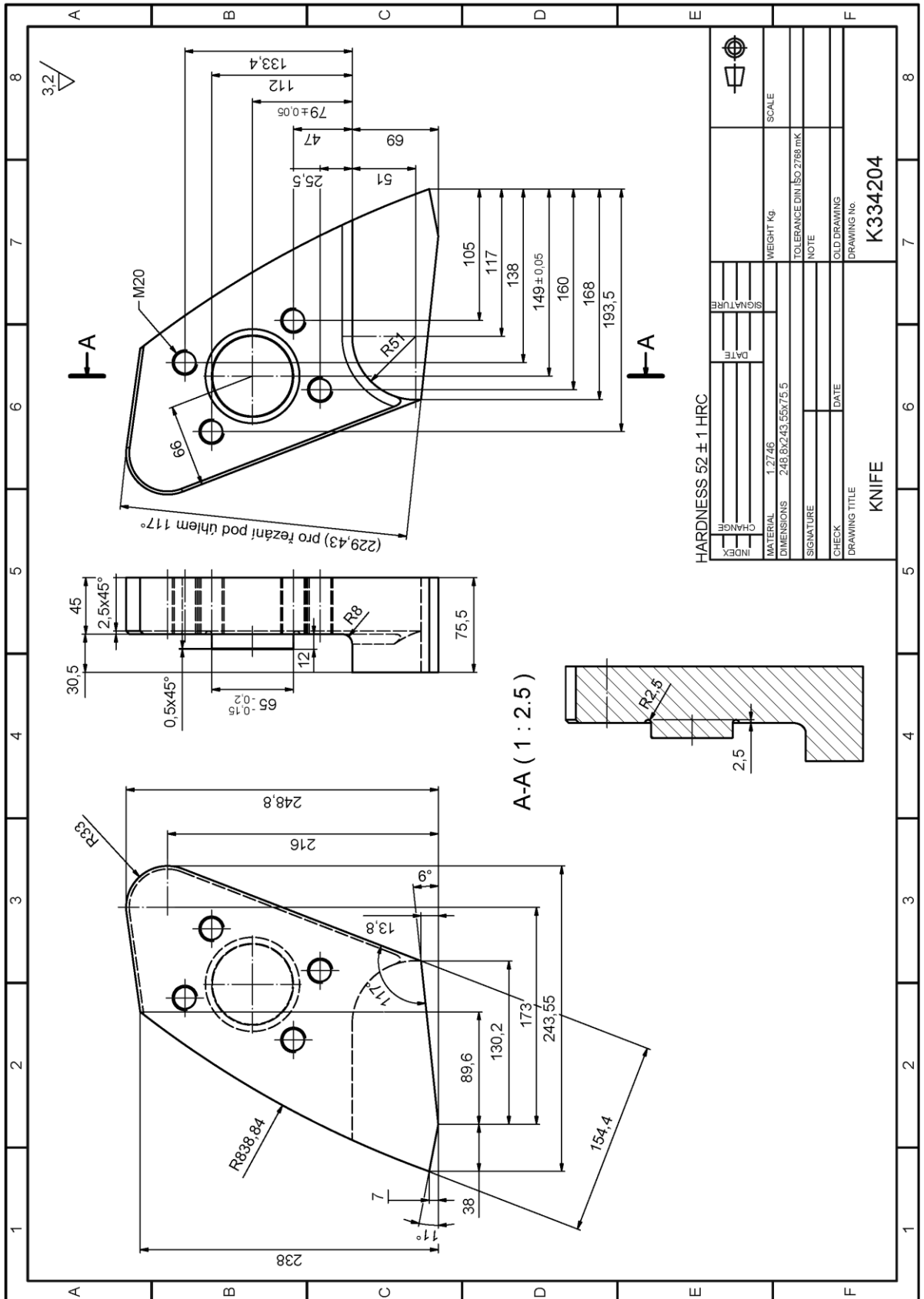
Symbol	Jednotka	Popis
A	[J]	střížná práce
C₀	[Kč]	náklady na pořízení upínacích systémů
F_S	[N]	střížná síla
F_{Smax}	[N]	maximální teoretická střížná síla
N_{bruska}	[Kč/min]	náklady na minutu provozu brusky
N_{CNC}	[Kč/min]	náklady na minutu provozu obráběcího centra
N_{obsluha}	[Kč/min]	náklady na minutu práce obsluhy obráběcího centra
R_a	[μm]	střední aritmetická hodnota drsnosti
R_m	[MPa]	mez pevnosti v tahu
S	[mm ²]	plocha původního průřezu v střížné rovině
TA	[min/ks]	celkový kusový čas
TA₁	[min/ks]	kusový čas v operaci 080
TA₂	[min/ks]	kusový čas v operaci 085
TA₃	[min/ks]	kusový čas v operaci 200
TA_{bruska}	[min/ks]	kusový čas operace broušení základny
TA_{CNC}	[min/ks]	kusový čas operace frézování základny
TB	[min]	přípravný čas
TN	[den]	návratnost investice do EPMU
T_S	[min]	délka jedné směny
d	[-]	počet pracovních dní v roce
h_{el}	[mm]	hloubka elastického vniknutí střížníku
h_{pl}	[mm]	hloubka plastického vniknutí střížníku
h_s	[mm]	hloubka vniknutí střížníku v okamžiku úplného porušení lomem
n	[-]	součinitel otupění
n_{ks}	[ks]	počet součástí obrobených za jeden pracovní den
s	[mm]	tloušťka stříhaného materiálu
t_{A1}	[min/ks]	jednotkový strojní čas v operaci 080
t_{A2}	[min/ks]	jednotkový strojní čas v operaci 085
t_{A3}	[min/ks]	jednotkový strojní čas v operaci 200
t'_B	[min]	experimentálně zjištěný upínací čas při použití EPMU
t_{B1}	[min]	vedlejší čas v operaci 080

t_{B2}	[min]	vedlejší čas v operaci 085
t_{B3}	[min]	vedlejší čas v operaci 200
t_{B3in}	[min]	upínací čas uvnitř stroje
t_{B3out}	[min]	upínací čas mimo stroj
v	[mm]	střížná vůle
z	[mm]	střížná mezera
ΔN_{CNC}	[Kč/ks]	úspora nákladů nahrazením broušení operací frézování
$\Delta N_{celk.}$	[Kč/ks]	celková úspora nákladů vztažená na jeden kus
ΔN_{den}	[Kč/den]	úspora nákladů za jeden pracovní den
$\Delta N_{obsluha}$	[Kč/ks]	úspora nákladů na práci obsluhy obráběcího centra
ΔN_{rok}	[Kč/rok]	finanční úspora nákladů za jeden rok
Δt_B	[min/ks]	celková úspora vedlejších časů
Δt_{B1}	[min/ks]	úspora vedlejšího času v operaci 080
Δt_{B2}	[min/ks]	úspora vedlejšího času v operaci 085
Δt_{B3}	[min/ks]	úspora vedlejšího času v operaci 200
τ_S	[MPa]	mez pevnosti ve smyku
α	[°]	úhel sklonu nožů
λ	[-]	součinitel plnosti

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Výkres hrotového nože – bez důležitých tolerancí délkových rozměrů
Příloha 2 Materiálové listy oceli 1.2746 – Böhler K601
Příloha 3 Katalogové informace elektropermanentního upínače SAV 243.77 od společnosti SAV–Workholding and Automation

PŘÍLOHA 1



PŘÍLOHA 2



K601



BÖHLER K601

**KALTARBEITSSTAHL
COLD WORK TOOL STEEL**

BÖHLER K601

Eigenschaften

Kaltarbeitsstahl mit hoher Zähigkeit.
Öl- und lufthärtbar.

Properties

Cold work tool steel with high toughness.
For oil and air hardening.

Verwendung

Kaltscherenmesser insbesondere zum
Schneiden von Schrott, Ziehbacken, Prä-
ge- und Biegewerkzeuge.

Application

Cold shear blades especially for cutting
scrap metal, drawing tools, engraving
tools, bending tools.

Chemische Zusammensetzung

(Anhaltswerte in %)

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V
0,45	0,30	0,80	1,50	0,80	4,00	0,50

Chemical composition

(average %)

Normen

EN / DIN
~1.2746
~45NiCrMoV16-6

Standards

BÖHLER K601

Warmformgebung

Schmieden:

1050 bis 850°C
Langsame Abkühlung im Ofen oder in wärmeisolierendem Material.

Hot forming

Forging:

1050 to 850°C
Slow cooling in furnace or thermoinsulating material.

Wärmebehandlung

Weichglühen:

610 bis 650°C
Geregelte langsame Ofenabkühlung mit 10 bis 20°C/h bis ca. 600°C, weitere Abkühlung in Luft.
Härte nach dem Weichglühen:
max. 295 HB.

Annealing:

610 to 650°C
Slow controlled cooling in furnace at a rate of 10 to 20°C/hr down to approx. 600°C, further cooling in air.
Hardness after annealing:
max. 295 HB.

Spannungsarmglühen:

ca. 650°C
Langsame Ofenabkühlung. Zum Spannungsabbau nach umfangreicher Zerspaltung oder bei komplizierten Werkzeugen. Haltezeit nach vollständiger Durchwärmung 1-2 Stunden in neutraler Atmosphäre.

Stress relieving:

approx. 650°C
Slow cooling in furnace; intended to relieve stresses set up by extensive machining, or in complex shapes. After through heating, hold in neutral atmosphere for 1-2 hours.

Härten:

880 bis 910°C
Öl, Warmbad (300 bis 400°C), Luft
Haltezeit nach vollständigem Durchwärmen 15 bis 30 Minuten.
Erzielbare Härte: ca. 56 HRC

Hardening:

880 to 910°C
Oil, salt bath (300 to 400°C), air.
Holding time after temperature equalization: 15 to 30 minutes.
Obtainable hardness: approx. 56 HRC

Anlassen:

Langsames Erwärmen auf Anlasstemperatur unmittelbar nach dem Härten/Verweildauer im Ofen 1 Stunde je 20 mm Werkstückdicke, jedoch mindestens 2 Stunden/Luftabkühlung.
Richtwerte für die erreichbare Härte nach dem Anlassen bitten wir dem Anlassschaubild zu entnehmen. In bestimmten Fällen ist es zweckmäßig mit gesenkter Anlasstemperatur und verlängerter Haltezeit vorzugehen.

Tempering:

Slow heating to tempering temperature immediately after hardening / time in furnace 1 hour for each 20 mm of workpiece thickness but at least 2 hours/cooling in air. For average hardness figures to be obtained please refer to the tempering chart. For certain cases we recommend to reduce tempering temperature and increase holding time.

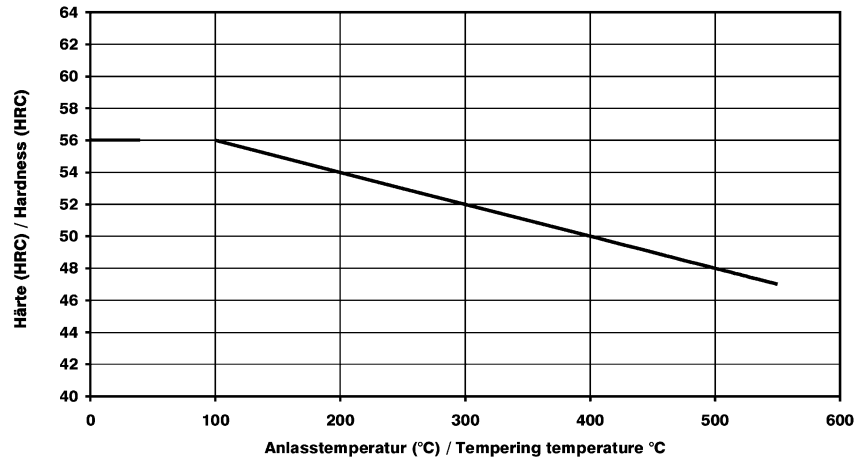
BÖHLER K601

Anlassschaubild

Härtetemperatur: 900°C
 Probenquerschnitt: Vkt. 20 mm

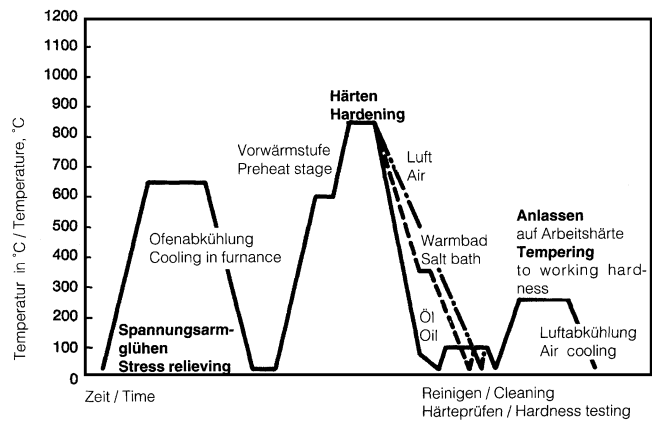
Tempering chart

Hardening temperature: 900°C
 Specimen size: square 20 mm



Wärmebehandlungsschema

Heat treatment sequence



Reparaturschweißen

Die Gefahr von Rissen bei Schweißarbeiten ist, wie allgemein bei Werkzeugstählen, vorhanden. Sollte ein Schweißen unbedingt erforderlich sein, bitten wir Sie, die Richtlinien Ihres Schweißzusatzwerkstoffherstellers zu beachten.

Repair welding

There is a general tendency for tool steels to develop cracks after welding. If welding cannot be avoided, the instructions of the appropriate welding electrode manufacturer should be sought and followed.

BÖHLER K601

Bearbeitungshinweise

(Wärmebehandlungszustand weichgeglüht, Richtwerte)

Drehen mit Hartmetall

Schnitttiefe mm	0,5 bis 1	1 bis 4	4 bis 8	über 8
Vorschub mm/U	0,1 bis 0,3	0,2 bis 0,4	0,3 bis 0,6	0,5 bis 1,5
BÖHLERIT- Hartmetallsorte	SB10,SB20	SB10,SB20,EB10	SB30,EB20	SB30,SB40
ISO - Sorte	P10,P20	P10,P20,M10	P30,M20	P30,P40

Schnittgeschwindigkeit, m/min

Wendeschnidplatten Standzeit 15 min	210 bis 150	160 bis 110	110 bis 80	70 bis 45
--	-------------	-------------	------------	-----------

Gelötete Hartmetallwerkzeuge Standzeit 30 min	150 bis 110	135 bis 85	90 bis 60	70 bis 35
--	-------------	------------	-----------	-----------

Beschichtete Wendeschneidplatten

Standzeit 15 min				
BÖHLERIT ROYAL 121/ISO P20	bis 210	bis 180	bis 130	bis 80
BÖHLERIT ROYAL 131/ISO P35	bis 140	bis 140	bis 100	bis 60

Schneidwinkel für gelötete

Hartmetallwerkzeuge				
Freiwinkel	6 bis 8°	6 bis 8°	6 bis 8°	6 bis 8°
Spanwinkel	6 bis 12°	6 bis 12°	6 bis 12°	6 bis 12°
Neigungswinkel	0°	- 4°	- 4°	- 4°

Drehen mit Schnellarbeitsstahl

Schnitttiefe mm	0,5	3	6
Vorschub mm/U	0,1	0,4	0,8
BÖHLER/DIN-Sorte	S700 / DIN S10-4-3-10		

Schnittgeschwindigkeit, m/min

Standzeit 60 min	30 bis 20	20 bis 15	18 bis 10
------------------	-----------	-----------	-----------

Spanwinkel	14°	14°	14°
Freiwinkel	8°	8°	8°
Neigungswinkel	- 4°	- 4°	- 4°

Fräsen mit Messerköpfen

Vorschub mm/Zahn	bis 0,2	0,2 bis 0,4
------------------	---------	-------------

Schnittgeschwindigkeit, m/min

BÖHLERIT SBF / ISO P25	150 bis 100	110 bis 60
BÖHLERIT SB40 / ISO P40	100 bis 60	70 bis 40
BÖHLERIT ROYAL 131/ISO P35	130 bis 85	- -

Bohren mit Hartmetall

Bohrerdurchmesser mm	3 bis 8	8 bis 20	20 bis 40
Vorschub mm/U	0,02 bis 0,05	0,05 bis 0,12	0,12 bis 0,18
BÖHLERIT / ISO-Hartmetallsorte	HB10/K10	HB10/K10	HB10/K10

Schnittgeschwindigkeit, m/min

Spitzenwinkel	115 bis 120°	115 bis 120°	115 bis 120°
Freiwinkel	5°	5°	5°

BÖHLER K601

Recommendation for machining

(Condition annealed, average values)

Turning with carbide tipped tools

depth of cut mm	0,5 to 1	1 to 4	4 to 8	over 8
feed, mm/rev.	0,1 to 0,3	0,2 to 0,4	0,3 to 0,6	0,5 to 1,5
BÖHLERIT grade	SB10,SB20	SB10,SB20,EB10	SB30,EB20	SB30,SB40
ISO grade	P10,P20	P10,P20,M10	P30,M20	P30,P40
<i>cutting speed, m/min</i>				
indexable carbide inserts				
edge life 15 min.	210 to 150	160 to 110	110 to 80	70 to 45
brazed carbide tipped tools				
edge life 30 min.	150 to 110	135 to 85	90 to 60	70 to 35
hardfaced indexable carbide inserts				
edge life 15 min.				
BÖHLERIT ROYAL 121/ISO P20	to 210	to 180	to 130	to 80
BÖHLERIT ROYAL 131/ISO P35	to 140	to 140	to 100	to 60
cutting angles for brazed carbide tipped tools				
clearance angle	6 to 8°	6 to 8°	6 to 8°	6 to 8°
rake angle	6 to 12°	6 to 12°	6 to 12°	6 to 12°
angle of inclination	0°	- 4°	- 4°	- 4°

Turning with HSS tools

depth of cut, mm	0,5	3	6
feed, mm/rev.	0,1	0,4	0,8
HSS-grade BOHLER/DIN	S700 /S10-4-3-10		
<i>cutting speed, m/min</i>			
edge life 60 min.	30 to 20	20 to 15	18 to 10
rake angle	14°	14°	14°
clearance angle	8°	8°	8°
angle of inclination	- 4°	- 4°	- 4°

Milling with carbide tipped cutters

feed, mm/tooth	to 0,2	0,2 to 0,4
<i>cutting speed, m/min</i>		
BÖHLERIT SBF / ISO P25	150 to 100	110 to 60
BÖHLERIT SB40 / ISO P40	100 to 60	70 to 40
BÖHLERIT ROYAL 131/ISO P35	130 to 85	- -

Drilling with carbide tipped tools

drill diameter, mm	3 to 8	8 to 20	20 to 40
feed, mm/rev.	0,02 to 0,05	0,05 to 0,12	0,12 to 0,18
BÖHLERIT / ISO-grade	HB10/K10	HB10/K10	HB10/K10
<i>cutting speed, m/min</i>			
	50 to 35	50 to 35	50 to 35
top angle	115 to 120°	115 to 120°	115 to 120°
clearance angle	5°	5°	5°

BÖHLER K601

Physikalische Eigenschaften

Physical properties

Dichte bei / Density at	20°C	7,85	kg/dm ³
Wärmeleitfähigkeit bei / Thermal conductivity at	20°C	28,0	W/(m.K)
Spezifische Wärme bei / Specific heat at	20°C	460	J/(kg.K)
Spez. elektr. Widerstand bei / Electrical resistivity at	20°C	0,30	Ohm.mm ² /m
Elastizitätsmodul bei / Modulus of elasticity at	20°C	210 x 10 ³	N/mm ²

Wärmeausdehnung zwischen 20°C und ...°C, 10 ⁻⁶ m/(m.K) bei	Temperatur / Temperature	10 ⁻⁶ m/(m.K)
	Thermal Expansion between 20°C and ...°C, 10 ⁻⁶ m/(m.K) at	100°C
200°C		12,5
300°C		13,0
400°C		13,5
500°C		14,0

Für Anwendungen und Verarbeitungsschritte, die in der Produktbeschreibung nicht ausdrücklich erwähnt sind, ist in jedem Einzelfall Rücksprache zu halten.

As regards applications and processing steps that are not expressly mentioned in this product description/data sheet, the customer shall in each individual case be required to consult us.

PŘÍLOHA 3

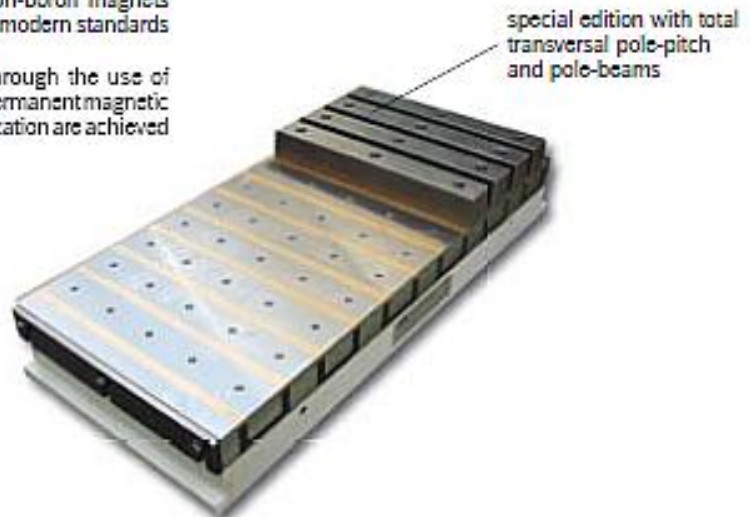
Electro Permanent Magnetic Chuck

SAV 243.77

With transverse pole arrangement, suitable for milling work
Pole pitch $P = 27.5, 55$ and 85 mm

This clamping system with neodymium-iron-boron magnets was developed in accordance with the most modern standards in magnet technology.

Exceptionally high holding forces arise through the use of AlNiCo/Neodymium magnets in an electro-permanent magnetic configuration. Magnetization and demagnetization are achieved through short electric current pulses.



Use:

For heavy milling work with coarse chip removal.

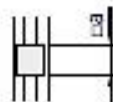
Ideal for use on indexing palette systems

- for workpiece with min. thickness = x :
 - 8.0 mm at $P = 27.5$ mm
 - 20.0 mm at $P = 55.0$ mm
 - 35.0 mm at $P = 85.0$ mm



- for flat workpieces with min. dimensions a :

- 45 x 45 mm² at $P = 27.5$ mm
- 95 x 95 mm² at $P = 55.0$ mm
- 150 x 150 mm² at $P = 85.0$ mm



Nominal holding force:

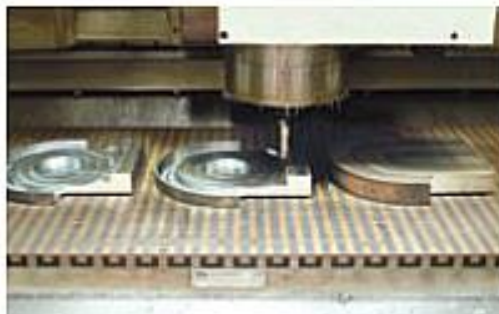
195 N/cm² on full inducible steel load

- 110 N/cm² at $P = 27.5$ mm
- 150 N/cm² at $P = 55.0$ mm
- 170 N/cm² at $P = 85.0$ mm

adjustable with control unit with encoded switch

Nominal operating voltage:

360 V DC



Features:

- optimized high energy magnetic system
- holding forces in physically maximum range
- due to transverse pole arrangement high flux concentration to the workpiece
- due to deep magnetic field bigger air gaps can be bridged
- total chuck surface active, no "dead" zones
- solid mono-block construction
- real magnetic (N/S) poles
- electro-permanent system, guaranteeing safe operation during power failure
- pole separation with brass for optimal wear behaviour
- pole plate wearing limit 8 mm
- tapped holes grid for fixed or flexible pole raisers on request (M)
- T-slots possible on pole pitch $P = 85$ mm according DIN 650-10H10 (T)
- mounting slots in both short faces
- through holes for mounting in sizes over 1000 mm length on specification
- robust and waterproof
- sealed to IP 65
- for use with control unit type SAV 876.10 (see chapter 04)

Auxiliary equipment:

- connecting cable, 3 m, on the right-hand, short face
- with industrial watertight plug-in type connector on request
- lifting bolts on larger models

Electro Permanent Magnetic Chuck

SAV 243.77

Suitable for milling work

SAV 243.77 - 55

Middle transverse pole arrangement

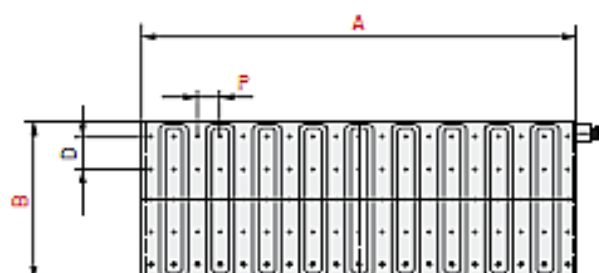
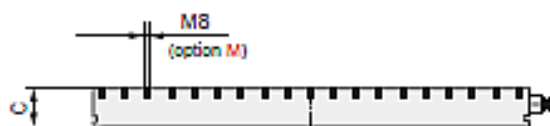
Use:

For universal machining and heavy milling.

- min. thickness of workpiece: 20 mm

- min. size of workpiece: 95 x 95 mm²

- nominal holding force: 150 N/cm²



Dimensions in mm					Optional number of threads per pole (M)	Number of poles (M)	Number of threads total (M)	Weight in kg	Control unit max. current in A	Suitable control unit
A	B	C	D	P						
480	300	97	60	55	4	9	36	94.0	30	876.10
590	300	97	60	55	4	11	44	116.0	30	876.10
810	300	97	60	55	4	15	60	159.0	30	876.10
1030	300	97	60	55	4	19	76	202.0	30	876.10
1140	300	97	60	55	4	23	92	224.0	30 x 2	876.10
810	400	97	80	55	5	15	75	212.0	30	876.10
1030	400	97	80	55	5	19	95	270.0	30 x 2	876.10
1140	400	97	80	55	5	23	115	299.0	30 x 2	876.10
1580	400	97	80	55	5	29	145	414.0	30 x 2	876.10
2020	400	97	80	55	5	37	185	529.0	30 x 3	876.10
1030	500	97	70	55	7	19	133	337.0	30 x 2	876.10
1140	500	97	70	55	7	23	161	373.0	30 x 3	876.10
1580	500	97	70	55	7	29	203	517.0	30 x 3	876.10
2020	500	97	70	55	7	37	259	661.0	30 x 3	876.10

Ordering example: Electro Permanent Magnetic Chuck SAV 243.77 - 1580 x 500 - 55 - 360 V

Ordering key: Name SAV - No. - A x B - P - Chuck voltage