

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Školní rok: 1990/91

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro Jaroslava A l i n ě e

obor strojírenská technologie

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 172/1990 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Optimalizace řezných podmínek na pile ADIGE TM 60.

Zásady pro vypracování:

1. Hospodářský úvod.
2. Rozbor životnosti stávajících pilových kotoučů.
3. Návrh geometrie ostří pilových kotoučů, eventuelně povrchové úpravy pro obrábění materiálu třídy 12 a 15.
4. Návrh optimální posuvové rychlosti.
5. Ekonomické posouzení.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5
PSČ 461 17

V 137/1918

KOM/OM

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: 40 - 50 stran textu

Seznam odborné literatury:

1. PŘÍKRYL, Z. - MUSÍLKOVÁ, R.: Teorie obrábění. SNTL Praha 1982.
2. SCHMIDT, E.: Příručka řezných nástrojů. SNTL Praha 1974.
3. Časopisecká literatura.
4. Firemní podklady.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Karel Bukač

Konzultant: Ing. Mirko Šída, opravárenská základna ČEZ

Zadání diplomové práce: 31.10.1990

Termín odevzdání diplomové práce: 31.12.1991



Vladimír Gabriel
Doc. Ing. Vladimír Gabriel, CSc.

Vedoucí katedry

Zdeněk Kovář
Prof. Ing. Zdeněk Kovář, CSc.

Děkan

V Liberci

dne 31.10. 1990.

Vysoká škola strojní a textilní Liberec

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

obor - strojírenská technologie

zaměření o b r á b ě n í a m o n t á ž

OPTIMALIZACE ŘEZNÝCH PODMÍNEK NA PILE ADIGE TM 60

KOM - OM - 703

Jaroslav Alinče

Vedoucí práce : Ing. Karel Bukač - KOM VŠST Liberec

Konzultant : Ing. Mirko Šída - Energomontáže Liberec

Počet stran : 78
Počet protokolů
a tabulek : 19 + 6
Počet obrázků
a grafů : 15 + 2

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146077007

Liberec 3.6.1991

Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci
vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci dne 1.6.1991


.....
Jaroslav Alinče

Obsah :

1.	Úvod	6
2.	Základní informace o dělení materiálu	6
2.1.	Mechanické dělení	6
2.2.	Tepelné dělení	11
3.	Materiál pilových kotoučů	15
3.1.	Rychlořezné oceli	16
3.1.1.	Vlastnosti rychlořezných ocelí	17
3.1.2.	Tepelné zpracování rychlořezných ocelí	18
3.1.3.	Vliv tepelného zpracování na vlastnosti rychlořezných ocelí	19
3.2.	Vytváření tenkých otěruvzdorných vrstev na povrchu nástroje	20
3.2.1.	Iontová nitridace	20
3.2.2.	Fyzikální depozice vrstev	21
3.2.3.	Iontová implantace	21
3.2.4.	Povlakování rychlořezných ocelí TiN	22
3.3.	Geometrie břitu pilového kotouče	24
3.3.1.	Tvar zubů	25
3.3.2.	Rozměr zubové mezery	25
3.3.3.	Geometrie zubu	28
4.	Metodika zkoušek	30
4.1.	Automatická pila ADIGE TM 60	31
4.2.	Pilové kotouče - rozbor životnosti	35
4.2.1.	Chemický rozbor	35
4.2.2.	Metalografický rozbor	37
4.2.3.	Použité pilové kotouče, geometrie, ostření	39
4.3.	Dělený materiál	46
5.	Vlastní zkoušky	47
5.1.	Návrh optimální posuvové rychlosti	47
5.2.	Optimalizace posuvové rychlosti pro materiál 12 022	49
5.3.	Optimalizace posuvové rychlosti pro materiál 15 128	49
6.	Technicko-ekonomické zhodnocení a závěr	75

Seznam použité literatury

- /1/ PŘIKRYL, Z. - MUSÍLKOVÁ, R. : Teorie obrábění, SNTL, Praha 1971
- /2/ SCHMIDT, E. - kolektiv : Příručka řezných nástrojů, 2. vydání, SNTL, Praha 1974
- /3/ KVAPIL, R. : Řezné nástroje, VŠST Liberec 1985
- /4/ KVAPIL, R. - PRŮŠEK, A. : Řezné nástroje, VŠST Liberec 1989
- /5/ MÁDL, J. : Optimalizace řezných podmínek v teorii obrábění, ČVUT Praha 1988
- /6/ KUNCIPÁL, J. - kolektiv : Teorie svařování, SNTL, Praha 1986
- /7/ KUNCIPÁL, J. - PILOUS, V. - DUNOVSKÝ, J. : Nové technologie ve svařování, SNTL, Praha 1984
- /8/ DOBROVOLNÝ, B. : Řezání kovů pilami, SNTL, Praha 1963
- /9/ Katalog - Automatická pila ADIGE TM 60
- /10/ Katalog řezného nářadí - Pilové listy a kotouče na kov OSAN Praha

Seznam použitých zkratek a symbolů

- α - úhel hřbetu
- δ - úhel čela
- b_t - šířka třísky
- F - rovná část hřbetu
- f_m - posuv za minutu
- f_z - posuv na 1 zub
- H - hloubka zubové mezery
- HRc - tvrdost
- HV - mikrotvrdost
- k_d - součinitel tvaru mezery
- k_q - objemový součinitel třísky
- k_v - koeficient využití pilových kotoučů
- l_h - délka hřbetu
- l_m - délka mezery pro odvod třísek
- L_p - délka styku břitů s obráběnou plochou
- p_c - počet kotoučů pro roční provoz
- $p_{\bar{r}}$ - průměrný roční počet řezů
- $p_{\bar{r}k}$ - průměrný počet řezů na 1 trvanlivost kotouče
- p_o - průměrný počet ostření za životnost kotouče
- R - poloměr zaoblení dna zubové mezery
- R_p - poloměr zaoblení úpatí hřbetu
- s_k - součinitel provozu
- t - rozteč břitů
- T - trvanlivost
- V_d - objem doplňkového prostoru mezery
- VF - opotřebení nástroje na hřbetě
- V_m - objem odebrané vrstvy materiálu
- V_p - objem pracovního prostoru mezery
- V_t - objem zaujímaný třískou
- V_z - celkový objem mezery
- z - počet zubů pilového kotouče

1. Úvod

České energetické závody, státní podnik, Energomontáže Liberec, zadavatel této diplomové práce, se téměř od začátku své existence zabýval výrobou a montáží topných zařízení pro spalování pevných paliv v drobném zrnění. Výrobní program podniku se postupně přizpůsoboval požadavkům energetiky. S výstavbou nových elektráren se zvyšovaly i požadavky na opravy stávajících energetických zařízení.

Podnik se úzce specializoval na výrobu a montáž tlakových částí parních kotlů, t.j. na výrobu potřebných náhradních dílů, jako je výroba veškerých hadovitých výhřevných ploch tlakových systémů parních kotlů, výroba varných systémů a volných ohybů, t.j. ostatních výhřevných ploch a veškerých komor parních kotlů ze všech druhů materiálu. Podnik rovněž zabezpečuje montáž výše uvedených zařízení i ostatních náhradních dílů pro parní kotle, vyrobených v kooperaci.

Z uvedeného výrobního programu vyplývá, že výroba jednotlivých částí náhradních dílů tlakových systémů vyráběných ve státním podniku Energomontáže se začíná dělením materiálu, které je v podniku jednou ze základních výrobních operací.

2. Základní informace o dělení materiálu

Existují dva základní způsoby dělení materiálu :

- mechanickým způsobem ; stříháním, sekáním, řezáním atd.
- tepelným dělením ; řezáním kyslíkem, plazmatem, laserem, elektronovým paprskem apod.

2.1. Mechanické dělení

Řežeme pilovým listem nebo pásem se zuby i bez zubů, kotoučovými pilami ozubenými i třecími, za studena i za tepla, brousícími řezacími kotouči nebo tenkými plechovými kotouči a pásy anodomechanicky.

V porovnání s ostatními způsoby obrábění jsou typy strojních pil velmi rozmanité a různé způsoby řezání se navzájem značně liší.

Kromě jemných mikropil se stavějí i mohutné stroje např. s pilovými kotouči o průměru přes 3000 mm, třecí pily s příkonem přes 100 kW aj. Správným seřízením a vhodnou obsluhou pil dosahujeme nejen vysokého výkonu a produktivity, ale i velkých úspor materiálu. /8/

Rámové pily

Ve strojárnách i ve skladech se materiál často řeže z tyčí na kusy rámovou pilou, t.j. pilovým listem z nástrojové oceli, upnutým v rámu, který má přímočarý vratný pohyb. Rámové pily se stavějí ve velkém množství typů i velikostí a normálně je obsluhujeme ručně ; mohou však pracovat jako poloařomat i automat. Posuvy a upínací svěráky jsou potom ovládány elektricky nebo hydraulicky. /8/

Pásové pily

Podle polohy pilového pásu při práci jsou pásové pily vodorovné a svislé. U vodorovné pily se pás postupně sklání ze šikmé polohy do vodorovné mechanicky, závažím nebo hydraulicky.

Na volbu rychlosti pilového pásu a posuvu do záběru má vliv houževnatost řezané oceli, kterou zvyšuje přísada niklu, chromu a molybdenu, dále obušovací účinek oceli, obrobitelnost oceli a samokalitelnost oceli u ocelí s vyšším obsahem niklu, manganu a s malým obsahem uhlíku. /8/

Pásové třecí pily

Svislé pásové pily pro velké výkony řezou třecím ocelovým pásem. Stykem s rychle běžícím pásem se otírá změkklá žhavá vrstva, a proto se dobře řeže jen ten materiál, který

teplem částečně měkne, ale nerozruší se jeho struktura /t.j. netaví se/. Teplo se soustředí hlavně před čelo pásu a téměř neproniká do boků spáry. Ohřev pronikne asi do hloubky 0,05 mm.

Úspěch práce záleží na volbě správné rychlosti pásu. Třecí pilou řežeme zvlášť dobře tvrdou ocel /nežíhanou, kalenou aj./, pancéřové desky, nerezavějící ocel, svařované profily a materiály, které se jiným způsobem řežou špatně. U některých materiálů bývá zhoršena další obrobitelnost celé odříznuté plochy a špatně se odstraňuje ostrý natavený otřep u spáry. /8/

Kotoučové pily

Pilový kotouč se zuby na obvodě prořezává do materiálu drážku. Tím oddělí polotovar z tyče, nálitek z odlitku, hlavu z výkovku atd. Zvolíme-li pro práci vhodnou pilu a vhodný, správně naostřený kotouč, řeže rychlostí a posuvem přiměřeným řezanému materiálu a dobře se chladí řeznou kapalinou. Zuby pilových kotoučů mají různé tvary. U moderních pilových kotoučů se nejčastěji používá zaoblených /parabolických/ tvarů zubů, u nichž se také může značně zvětšit posuv.

Volba správné řezné rychlosti vyžaduje zkušenosti, neboť záleží na mnoha podmínkách, především na stavu pily a druhu řezaného materiálu. Zásadně nevolíme rychlosti zbytečně velké; hledáme nejmenší hospodárnou rychlost, protože se tím při dobrém výkonu pily šetří kotouč. Výkon pily nezáleží jen na řezných podmínkách /rychlosti a posuvu/, ale i na pomocných časech /časy na přeběh kotouče, na odsuv, na pracovní přestávky, k upnutí materiálu, k měření polotovaru, atd./. /8/

Kotoučové třecí pily

Kovy a jiné materiály se mohou také řezat tenkým ocelo-

vým kotoučem, na obvodu zdrsňeným nebo ozubeným, který se otáčí velkou rychlostí a tlačí do záběru. Třením roste teplota v místě styku kotouče s materiálem, materiál se žhaví a měkne, a tím značně klesá jeho pevnost. Ještě než se začne materiál tavit, přestane jeho povrch vzdorovat tření obvodu kotouče a žhavé částice se rychle otírají. Třecí kotouč tím proniká materiálem a vynáší ze spáry jeho částice. Kotouč se stýká se žhavým povrchem jen malou částí svého obvodu a na zbylé části obvodu se dobře chladí. Ve většině případů však chlazení kotouče o vzduch nestačí, a proto se dodatečně chladí tlakovou vodou.

Rozhodující pro schopnost řezání je struktura materiálu a sklon k tavení. Aby třecí kotouč vynášel z řezu materiál, musí materiál udržet i při ohřevu svou zrnitou strukturu, nesmí se tavit. Není tedy správné tvrzení, že kotouč materiál taví.

Na výstupním okraji řezné plochy vzniká ze žhavého materiálu nebezpečný otřep, který se musí odstranit dodatečným obráběním.

Zkušenost ukázala, že je možné řezat i s nepatrným otřepem, pila však musí mít dostatečný počet otáček, dobré chlazení a musíme řezat největší rychlostí. Teplo vyvolané třením kotouče proniká do velmi tenké povrchové vrstvy řezaného materiálu. Povrch řezné plochy se zakalí, je-li v oceli dost uhlíku nebo jiných přísad, aby byla kalitelná. Zakalená vrstva je však velmi tenká. /8/

Řezací brusky

Materiál lze také oddělit řezacím brousícím kotoučem, který probrousí úzkou drážku. Řezná plocha je přesná a čistá a nemusí se dále obrábět. Můžeme tak rozřezávat ocel kalenou nebo měkkou, nerezavějící ocel, slitiny hliníku, hořčíku, titanu, keramické materiály, plastické hmoty, sklo, slinuté karbidy atd. Řez je velmi rychlý. O řezání brousícími kotouči

uvažujeme v těch případech, kdy se požaduje rychlý výsledek, přesný řez a hladká řezná plocha. Ručními bruskami se také řezou např. trubky a profily na montážích a součásti v kusové i sériové výrobě. Brousíci kotouči řezeme za sucha nebo s chlazením. /8/

Anodomechanické pily

Na anodomechanických pilách řezeme materiál ocelovými, litinovými nebo měděnými kotouči. Materiál upneme do svěráku, a tím jej spojíme přes odpor s kladným pólem stejnosměrného napětí 10 - 30 V. Kotouč tlustý 0,8 - 2 mm a otáčející se obvodovou rychlostí 15 - 60 m/s se spojí se záporným pólem. Do záběru se posouvá buď mechanicky nebo ručně. Do řezu čerpáme nátrubkem vhodný elektrolyt, na jehož složení a teplotě velmi závisí produktivita práce. Průchod elektrického proudu způsobuje tzv. anodickou oxydaci. Na řezaném materiálu se vytváří povlak kysličníků. Protože tento povlak klade průchodu proudu velký odpor, proud se přeruší. Otáčející se a mírně přitlačovaný kotouč odstraňuje izolační povlak hlavně z vyvýšených míst povrchu, jimiž pak prochází proud, vytvoří se vysoké teploty, a tím se povrch hladí. S tímto postupem se např. setkáváme při anodomechanickém broušení a leštění /ostření nástrojů/.

Místo pracovního kotouče může být upraven řezací pás. Pily s pásem jsou vhodné k řezání materiálu o průměru 150 mm i větším, který už nelze řezat kotoučovými pilami.

Produktivita práce anodomechanické pily je při řezání konstrukční oceli normální jakosti několikrát menší než při normálním mechanickém řezání např. kotoučovou pilou. Při řezání houževnatých a velmi tvrdých slitin je však produktivita anodomechanických pil několikrát větší než produktivita mechanických pil. /8/

2.2. Tepelné dělení

Metodami tepelného dělení je možno při porovnání s ostatními běžně používanými mechanickými způsoby dělení materiálu dosáhnout podstatně vyšší výrobní produktivity. Z uvedené oblasti je v současné době nejpoužívanější technologií řezání kyslíkem, s danou možností výroby základních dílů libovolných tvarů a v jakémkoliv počtu kusů. Při velké četnosti tvarově stejných dílů a související vhodné volbě druhu řezacího stroje, může být touto metodou dosaženo velmi vysokého ekonomického efektu.

V posledních letech se soustřeďuje zájem na plazmové řezání, a to v oblasti výroby zpracovávající materiály, na kterých nelze aplikovat běžnou technologii řezání kyslíkem. Tepelné dělení plazmatem má některé přednosti proti kyslíkovému řezání, ale na druhé straně i některé nevýhody, které omezují možnosti jeho použití.

Z ostatních způsobů tepelného dělení je v omezeném rozsahu použitelné též řezání laserem a svazkem elektronů. /6/

Řezání materiálu kyslíkem

V průmyslu se velmi často používá řezání kyslíkem, zejména pro dělení materiálu a odstraňování vad odlitků a výkovků. Je založeno na hoření kovu v proudu čistého kyslíku. Při normálním průběhu řezání kyslíkem se teplota hoření získává v co nejkratším čase a je lokalizována v úzkém pásmu. Ohřevu na tuto teplotu se dosahuje pomocí nahřívacího plamene. Aby řezání kyslíkem bylo účinné, je třeba dodržovat základní zásady, zejména kontinuitu procesu řezání, malou šířku řezu, zamezení vzniku trhlin a zákalných struktur.

Tloušťka materiálu, která se dá kyslíkem řezat, není teoreticky omezená. /6/

Ne každý základní materiál používaný při výrobě svařovaných konstrukcí lze tepelně dělit kyslíkem. Řezatelnost materiálů, vznik jakostního řezu jsou podmíněny určitými fakto-

ry. Tyto podmínky splňuje dobře obyčejná, nízkouhlíková a nízkolegovaná ocel. Neželezné kovy, vysokolegované ocele a šedá litina nesplňují podmínky řezatelnosti, a proto je nelze řezat kyslíkem.

Při tepelném dělení materiálu dochází také k jeho tenzotermickému ovlivnění, což se může projevit u legovaných ocelí zakalením, zvýšením tvrdosti na řezných plochách a v jejich okolí, s možností vzniku povrchových trhlinek. V závislosti na podmínkách ohřevu a chemickém složení oceli bude rozdílná struktura vrstev, celková šířka tepelně ovlivněné oblasti a šířky jednotlivých strukturálních vrstev.

Šířka tepelně ovlivněné oblasti bývá různá podle použitých parametrů řezání, druhu a tloušťky materiálu.

Hloubka oblasti ovlivněné řezáním se zvětšuje se zvyšující se tloušťkou materiálu, obsahem legujících prvků a při vyšší intenzitě předehřívacího plamene. /7/

Plazmové řezání kovů

Jeho princip spočívá v tavení děleného materiálu extrémně vysokou teplotou, která se tvoří vznikem plazmatu, při přechodu směsi vhodných plynů elektrickým obloukem, hořícím mezi netavicí se elektrodou a řezaným materiálem.

Uvedený způsob tepelného dělení byl dosud používán pro oceli, kovy a slitiny, které nebylo možno řezat kyslíkem, zvláště pak pro případ nerezových ocelí a slitin hliníku. Jako plazmového plynu se používá směs argonu, dusíku a vodíku, popř. stlačeného vzduchu. Při vlastní operaci dochází ke vzniku velkého množství zdraví škodlivého oxidu dusíku, který musí být v každém případě odsáván.

Ve srovnání s řezáním s kyslíkem je vzrůst řezací rychlosti velký, ale kvalita řezu není při použití směsi argon-dusík vyhovující. Na spodní straně řezné spáry vzniká mnohdy těžko odstranitelný otřep.

V poslední době nalézá v zahraničí stále více oplatně-

ní ekonomicky výhodnější plazmové řezání stlačeným vzduchem, při kterém je kvalita řezu uspokojivá.

Společným problémem plazmového řezání zůstává do značné míry hygiena pracovního prostředí /záření, teplota, hluk/. V této souvislosti bylo zavedeno řezání plazmatem s vodní sprchou. Řezaný materiál je uložen na pracovním stole tak, že povrch jeho spodní hrany se dotýká hladiny vody. Zplodiny vzniklé řezáním, t.j. nitrozní plyny, ozón, výpary kovů, prach apod., jsou zachyceny z velké části vodní sprchou. Řezaný materiál zůstává prakticky studený, což se příznivě projevuje na omezení tepelně ovlivněného pásma, na snížení vnitřních napětí, a tím i na snížení deformací řezaného materiálu.

Začíná se dokonce užívat způsobu, při kterém jsou plech i špička řezací hubice umístěny zcela úplně pod vodou, což odstraní hluk a nevzniká žádné záření do okolí. /6/

Řezání laserem

Zdrojem energie pro postupné tavení a odpařování materiálu v řezné spáře je v tomto případě fokusovaný světelný paprsek vznikající v plynové komoře laseru, naplněné směsí $\text{CO}_2 + \text{N}_2 + \text{He}$. Při kontinuálním výstupním výkonu /nejčastěji 250, 500 a 1000 W/ umožňuje světlo laseru řezání tloušťek do 1 mm. Přivádíme-li další inertní nebo aktivní plyn, je možno řezat materiály o tloušťce několika mm.

Přednosti řezání laserem jsou vysoká rychlost řezání, velká škála řezaných materiálů, velmi malé tepelné ovlivnění řezaného materiálu, výborná kvalita řezných ploch, velmi úzká řezná mezera, úspora materiálu, malá hmotnost laseru, bezhlučnost provozu, nízké provozní náklady a rozměrová přesnost výpalku. /6/

Řezání svazkem urychlených elektronů

Praktické využití tohoto způsobu řezání je z operativ-

ního hlediska omezené, protože proces je podmíněný vakováním prostředí. Z tohoto důvodu se v praxi používá pro přesnou výrobu malých otvorů libovolných tvarů.

Svazek elektronů umožňuje řezání extrémně vysokými rychlostmi, především kovových materiálů. Při děrování ocelového plechu tloušťky 4 mm je možno zhotovit 10 otvorů za sekundu, v případě plechu tloušťky 0,1 mm lze v jedné sekundě vyrobit až 3000 otvorů.

Praktické využití řezání svazkem urychlených elektronů je dále omezeno tloušťkou materiálu, která dosahuje hodnoty pouze několika mm. /6/

Tepelné dělení trubek a výroba úkosů na nich

V poslední době se začíná tepelného dělení využívat i pro trubky, včetně výroby potřebných tvarových řezů a úkosů. Podle druhu materiálu, průměru trubek, jejich tloušťky stěn a druhu řezu lze použít pro dělení různých technologií. Kyslíkem lze řezat nelegované a nízkolegované oceli, vysoko- legované a neželezné kovy plazmatem.

Laserem o výkonu 250 - 500 W mohou být řezány trubky do tloušťky stěny 3 - 6 mm. Dosáhne se vysoké přesnosti, minimálního tenzotermického ovlivnění a úzké řezné spáry. Trubky lze nejen dělit, ale je možno vyrábět na nich i potřebné úkosy, vyřezávat proniky a k tomu na odpovídající trubce uzpůsobit její konce, včetně úkosu s proměnlivým úhlem zkosení. V tomto případě jde o matematicky vyjádřitelné prostorové křivky.

Běžný pálicí stroj na trubky je ovládán většinou pákovým systémem, při vyšších nárocích na přesnost, větších průměrech a větším počtu řezů na jedné trubce by měl být použit stroj číslicově řízený.

Použitím mikroprocesorů se stalo číslicové ovládání řezacích strojů na trubky rentabilní. Prostorové křivky jsou interpolovány mikroprocesorem podle předprogramovaných vzorců.

Obsluha stroje zadává pouze průměry hlavní a vedlejší trubky, úhel spojení, výstřednost a druh řezu.

Ke stroji mohou být dodávány programy pro pravoúhlé nebo srdcovité řezy.

V porovnání s mechanicky ovládanými stroji na trubky je tato technologie produktivnější při správné organizaci o 50 až 100%. /7/

Popsané způsoby nepokrývají celou škálu dělení tepelného ani mechanického. Nebyly zde vůbec zmíněny ty základní způsoby dělení, jakým bezesporu jsou sekání a stříhání, ani způsoby nejmodernější, které ne vždy můžeme do jednoho nebo druhého způsobu zařadit, např. dělení materiálu pomocí vodního paprsku.

Rozhodnutí, kterým z uvedených způsobů dělení bude příprava dílů pro výrobu provedena, záleží na mnoha faktorech, jako např. požadavky na kvalitu povrchu, čistotu řezu /otřep/, tepelné ovlivnění konce materiálu, použitá technologie při dalším zpracovávání těchto dílů, a v neposlední řadě na univerzálnosti použití a investičních nákladech spojených se zajištěním a provozem daného technologického zařízení.

Z výše uvedených důvodů byla proto v roce 1988 ve státním podniku Energomontáže Liberec instalována automatická pila italské výroby ADIGE TM 60 na dělení materiálu mechanickým způsobem pomocí pilových kotoučů.

3. Materiál pilových kotoučů

Pro výrobu řezných nástrojů se používají nástrojové oceli rychlořezné a legované, v některých případech ojediněle i oceli uhlíkové. Požadujeme především vysokou tvrdost, stálost břitu, odolnost proti otěru a stálost rozměrů při tepelném zpracování.

U ocelí pro nástroje, které pracují při vysokých řezných rychlostech, je požadována i vysoká tvrdost za tepla a odol-

nost proti popouštění, u ocelí pro nástroje namáhané rázem a pracující přerušovanými řezy i dostatečnou houževnatost.

Z těchto požadavků vyplývá i fázové a chemické složení ocelí pro jednotlivé druhy rezných nástrojů a podmínky pro jejich použití.

Vysoká tvrdost je dána kalitelností oceli a lze ji zajistit dostatečně vysokým obsahem uhlíku. Proto také většina ocelí pro rezné nástroje obsahuje vysoké procento uhlíku. Tvrdost sama však nezaručuje ještě dostatečnou odolnost proti otěru. Pro dosažení této vlastnosti je třeba, aby v struktuře oceli bylo přítomno dostatečné množství karbidů. Proto se používá ocelí nadeutektoidních, nebo ledeburistických. Tvrdosti a určité odolnosti proti otěru lze sice dosáhnout u ocelí i bez přísadových prvků, např. u ocelí uhlíkových nebo u ocelí nízkolegovaných, avšak dalších důležitých vlastností, zejména odolnosti proti popouštění, hluboké prokalitelnosti a houževnatosti při velké pevnosti lze dosáhnout jen u ocelí vysokolegovaných a u ocelí rychlořezných.

Rychlořezné oceli jsou vhodné pro obrábění vyššími reznými rychlostmi, pro obrábění materiálů o vysokých pevnostech a materiálů těžko obrobitelných apod. Protože rychlořezné oceli mají vysokou tvrdost a odolnost proti opotřebení nejen za studena, ale i za tepla, jsou vhodné pro rezné nástroje, které pracují za nepříznivých rezných podmínek.

Výhoda použití rychlořezných ocelí pro tyto druhy nástrojů je v tom, že břit je velmi trvanlivý. Další předností rychlořezných ocelí v porovnání se slinutými karbidy je jejich podstatně vyšší houževnatost, takže nástroje vyrobené z rychlořezných ocelí jsou houževnatější a lépe snášejí zejména namáhání rázem.

3.1. Rychlořezné oceli

Rychlořezné oceli tvoří samostatnou skupinu nástrojových legovaných ocelí a patří mezi nejpoužívanější materiály

pro výkonné řezné nástroje. Liší se od ostatních legovaných nástrojových ocelí druhem a množstvím přísadových prvků, i vlastnostmi a tepelným zpracováním. Jsou to bohatě legované oceli, které dostaly název podle toho, že jimi můžeme obrábět kovy vysokými řeznými rychlostmi, značně vyššími než při použití ostatních druhů ocelí. Hlavními přísadovými prvky jsou wolfram, molybden, vanad, chrom a kobalt.
/2/

Rychlořezné oceli vyrábíme dvěma odlišnými způsoby - klasickou metodou nebo metodou práškové metalurgie. Ocele vyrobené metodou práškové metalurgie mají homogennější strukturu, stejnoměrněji rozdělují karbidické částice, mají menší velikost karbidických částí, chemické složení je rovněž stejnoměrné. Tyto faktory mají pozitivní vliv na velikost austenitického zrna, houževnatost, odolnost proti otěru, rozměrovou stálost při tepelném zpracování, obrobitelnost a trvanlivost. Tyto oceli mají větší otěruvzdornost vzhledem ke klasickým rychlořezným ocelím a vyšší houževnatost vzhledem ke slinutým karbidům. Trvanlivost je podstatně vyšší oproti klasické rychlořezné oceli stejného chemického složení. /4/

3.1.1. Vlastnosti rychlořezných ocelí

Vhodně voleným obsahem jednotlivých přísadových prvků, jejich kombinací a poměrem se dosahuje různých speciálních vlastností jednotlivých typů rychlořezných ocelí.

V porovnání s uhlíkovými a legovanými nástrojovými ocelmi, které mají v zakaleném a popuštěném stavu rovněž vysokou tvrdost, zachovávají si rychlořezné oceli vysokou tvrdost i při zvýšených teplotách. U nástrojových ocelí uhlíkových a legovaných velmi klesá tvrdost již po zahřátí na teplotu nad 200°C, kdežto u rychlořezných ocelí zůstává tvrdost stejná až do teplot kolem 625°C, nebo jen velmi málo klesá. Další význačnou vlastností rychlořezných ocelí je velká odol-

nost proti opotřebení za studena i za tepla, takže se dosahuje velké trvanlivosti bříty. Touto vlastností vynikají především rychlořezné oceli se zvýšeným nebo vysokým obsahem vanadu. /2/

3.1.2. Tepelné zpracování rychlořezných ocelí

Rychlořezné oceli, které patří k ledeburitickým typům nástrojových ocelí a liší se fázovým složením od ostatních druhů nástrojových ocelí, mají z těchto důvodů i odlišné tepelné zpracování. Při ohřevu žíhané rychlořezné oceli se při překročení teploty cca 800 - 850°C přemění ferit na austenit. Při dalším zvyšování teploty následuje i rozpuštění karbidů v základní hmotě, podíl rozpuštěných karbidů se zvětšuje se stoupající teplotou kalení.

V austenitickém stavu se struktura skládá z vysokolegovaného austenitu a nerozpuštěných primárních karbidů. Podle obsahu karbidotvorných prvků /wolfram, molybden, vanad, chrom/ obsahují jednotlivé typy rychlořezných ocelí různé množství různých druhů karbidů. Při ochlazování rychlořezné oceli zůstává stabilní austenit až asi do 200°C a teprve potom vzniká nová strukturální složka martenzitu. Tvoření martenzitu se s klesající teplotou /asi od 200°C až po dosažení teploty místnosti/ zvětšuje, až konečně při této teplotě zůstává ve struktuře asi 20% austenitu, kterému se říká zbytkový austenit. U správně kalené rychlořezné oceli po ochlazení z teploty kalení se struktura skládá asi ze dvou třetin martenzitu, nerozpuštěných karbidů a zbytkového austenitu. Zakalená rychlořezná ocel je sice velmi tvrdá, ale zároveň křehká, nemluvě o vnitřním pnutí. Proto k dosažení strukturální stability a vhodnějších mechanických a technologických vlastností se musí rychlořezná ocel popouštět.

Popouští se na vysoké teploty 525 - 625°C /podle typu rychlořezné oceli, druhu nástroje a jeho namáhání/ do tzv. oblasti sekundární tvrdosti.