

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTKY SE ZAMĚŘENÍM NA VYUŽITÍ NEKONVENČNÍ PAPRSKOVÉ METODY (LASER)

TECHNOLOGY OF PRODUCTION PARTS WITH A VIEW TO EXPLOITATION
UNCONVENTIONAL BEAM METHOD (LASER)

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ ŠEBELA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. KAREL OSIČKA

BRNO 2008

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na řešení kompletní technologie výroby dílu v podmínkách malé firmy, úzce specializované na použití technologie LASER. Úvodní část práce obsahuje rozdělení metody LASER dle různých kategorií. Zde je zmíněno, v kterých oblastech se laser používá a převážně jaké lasery se využívají v průmyslu. Hlavní část práce je zaměřena na návrh technologie výroby dílu zaměřený na konkrétní zařízení (TRUMATIC L 4030). Další část práce obsahuje bezpečnost práce z hlediska vymezení pojmů, provozu stroje a přehledu nebezpečí. V závěru práce je provedeno technicko-ekonomické zhodnocení vyrobené součásti dle strojních časů a řezné délky.

Klíčová slova

Technologie výroby dílu, LASER, bezpečnost práce, strojní čas, řezná délka.

ABSTRACT

The diploma work is aimed to a the solution of a complete manufacturing technology of an unit in the conditions of a small company which is specialized in the LASER technology use. The introductory part of the work cantains the division of LASER method according to the different categories. There is mentioned in which fields laser is used and especially which kinds of lasers are used in the industry. The main part of the work is aimed to the scheme of the manufacturing technology of an unit which is focused on a concrete device (TRUMATIC L 4030). Further part of the work contains a safety of work from the standpoint of notions, machine operation and dangers review. In the conclusion of the work there is performed a technical and economical evaluation of the manufactured unit according to the machining times and the cutting length.

Key words

Manufacturing technology of an unit, LASER, safety of work, machining time, cutting length.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠEBELA, Jiří. *Technologie výroby součástky se zaměřením na využití nekonvenční paprskové metody (LASER): Diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 95 s., 5 příloh. Vedoucí práce: Ing. Karel Osička.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Technologie výroby součástky se zaměřením na využití nekonvenční paprskové metody (LASER) vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum: 13. 5. 2008

Podpis diplomanta

.....

Jiří Šebela

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Karlu Osičkovi za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

OBSAH

Abstrakt.....	5
Prohlášení.....	6
Poděkování.....	7
Obsah.....	8
Úvod.....	10
1 ROZBOR TECHNOLOGICKÝCH MOŽNOSTÍ METODY LASER.....	11
1.1 Rozdělení laseru.....	11
1.1.1 Rozdělení laseru dle použití.....	12
1.2 Laser v průmyslu.....	13
1.2.1 Rozdělení laseru dle aktivního prostředí.....	14
1.2.2 Nové druhy laserů.....	18
1.2.3 Použití laseru v průmyslu.....	18
1.3 Pálicí stroj Trumatic L 4030 (TC L 4030).....	22
2 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY ZAMĚŘENÝ NA KONKRÉTNÍ ZAŘÍZENÍ.....	25
2.1 Podklady pro výrobu daného dílu.....	25
2.2 Elektronické zpracování geometrie výrobku.....	29
2.3 Technologická příprava výroby (TPV).....	31
2.3.1 Modul CAD.....	31
2.3.2 Modul Laser.....	34
2.3.3 Modul NEST.....	40
2.3.4 Modul Laser.....	49
2.3.5 Rekapitulace.....	56
2.3.6 Zhodnocení technologické přípravy výroby.....	56
2.3.7 Samotná výroba.....	61
3 BEZPEČNOST PRÁCE POUŽITÍ LASERU.....	68
3.1 Vymezení pojmů.....	68
3.2 Bezpečnost provozu.....	68
3.2.1 Správné použití zařízení.....	69
3.2.2 Opatření určená pro uživatele/obsahu.....	69
3.2.2.1 Výstražné štítky a výstražné pokyny.....	69
3.2.2.2 Instruktaž personálu.....	71
3.2.2.3 Vynaložení odborné péče při zacházení se zařízením.....	71
3.2.2.4 Odstranění poruch během provozu.....	72
3.2.2.5 Použití příslušných náhradních součástí a provozních prostředků.....	72
3.2.2.6 Ochrana vodních zdrojů.....	72
3.2.2.7 Protipožární ochrana.....	73
3.2.3 Opatření výrobcem.....	74
3.3 Přehled nebezpečí.....	76
3.4 Opracování laserem.....	78
3.4.1 Laserové třídy.....	78
3.4.2 Provozní režimy laserového záření.....	78

3.4.3 Nebezpečí spojená s laserovým zářením	78
3.4.4 Ochrana proti záření	79
3.4.4.1 Opatření určená pro uživatele/provozovatele.....	79
3.4.4.2 Opatření výrobce	79
3.4.5 Nebezpečné látky	80
3.4.6 Nebezpečí z vysokého napětí	80
3.4.7 Nebezpečí z elektromagnetických střídavých polí	80
4 TECHNICKO-EKONOMICKE VYHODNOCENÍ	81
4.1 Kalkulace ceny jednoho dílu ze strojního času dle firmy Atona.....	81
4.1.1 Parametry stroje TC L 4030 pro kalkulaci strojních nákladů	81
4.1.2 Kalkulace strojních nákladů stroje TC L 4030	83
4.1.3 Kalkulace výrobní ceny dílu	84
4.1.4 Kalkulace prodejní ceny dílu	85
4.2 Kalkulace ceny jednoho dílu ze strojního času dle firmy Trumpf.....	86
4.2.1 Kalkulace výrobní ceny dílu	86
4.2.2 Kalkulace prodejní ceny dílu	87
4.3 Kalkulace ceny jednoho dílu z délky řezu	87
4.3.1 Kalkulace výrobní ceny dílu	87
4.3.2 Kalkulace prodejní ceny dílu	88
4.4 Porovnání výrobních cen dílu.....	89
ZÁVĚR	91
Seznam použitých zdrojů	93
Seznam příloh	95

ÚVOD

Při výrobě strojírenských výrobků zaujímá obrábění významné místo. Umožňuje v mnoha technologických procesech vytvořit z polotovaru výrobek požadovaného tvaru, požadované rozměrové přesnosti a jakosti obrobených ploch. Obrábění se na celkové pracnosti výroby strojírenských výrobků podílí přibližně třiceti procenty. Vzhledem k tak velkému podílu pracnosti je pro strojírenskou výrobu důležité, aby proces probíhal co nejhospodárněji.

Úkolem této technologické studie je navrhnout řešení kompletní technologie výroby dílu (ozubená vačka), při použití nekonvenční technologie LASER ve firmě ATONA s.r.o. Společnost ATONA s.r.o. sídlící v Blansku, působí na trhu od roku 2000 a prosazuje se inovativními a kvalitními výrobky a širokou škálou doprovodných služeb. Je prosperující a expandující ryze česká společnost, která nejmodernějšími technologiemi provádí obrábění a další zpracování plechu.

Slovo laser pochází z angličtiny a popisuje jeho funkci: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, což by se dalo přeložit jako zesílení světla pomocí vynucené emise záření. Česky je laser pojmenován jako kvantový generátor světla. Historie laseru se datuje od roku 1917, kdy Albert Einstein předpověděl, že za vhodných podmínek by mohlo vzniknout záření neobvyklých vlastností. Téměř po 40 letech se podařilo sestavit zdroj takového záření. Od té doby začaly lasery pronikat do nejrůznějších oblastí vědy, průmyslu a postupně i do běžného života.

Laser, jak již bylo zmíněno, je zdroj světla, které je monochromatické (jednobarevné), koherentní (uspořádané) a má nepatrnou divergenci (rozbíhavost), což žádný jiný zdroj světla nemá, a proto má tak významné postavení.

V závěru technologické studie je provedeno technicko-ekonomické zhodnocení, ve kterém jsou uvedeny výpočty ceny výrobku. Cena výrobku je počítána ze strojního času dle firmy ATONA, ze strojního času dle metodiky výpočtů firmy TRUMPF a z řezné délky dle firmy ATONA.

1 ROZBOR TECHNOLOGICKÝCH MOŽNOSTÍ METODY LASER

Laser od svého vzniku procházel neustálým vývojem. Jednotlivé typy laseru se postupem času stále zdokonalují a vylepšují se jejich parametry a to zejména díky rozvoji výpočetních technologií. Jejich základní princip je sice stejný, ale liší se výrazně svou konstrukcí a realizací jednotlivých částí. Dnes je můžeme rozdělit do různých kategorií. ^{1, 2}

1.1 Rozdělení laseru ^{1, 3, 4}

Rozdělení podle aktivního prostředí (dle materiálů, ze kterých může být získán laserový efekt):

- pevnolátkové lasery
- polovodičové lasery
- plynové lasery
- kapalinové lasery
- plazmatické lasery

Rozdělení podle vyzařování optické délky :

- infračervené lasery
- lasery viditelného pásma
- ultrafialové lasery
- rentgenové lasery

Rozdělení podle způsobu čerpání energie:

- optické lasery
- elektrické lasery
- chemické lasery
- termodynamické lasery

Rozdělení podle časového provozu laseru:

- impulsní lasery (dlouhé, krátké, velmi krátké)

- pulsní lasery
- kontinuální lasery

Rozdělení podle použití:

- vojenské lasery
- výzkumné lasery
- lékařské lasery
- měřicí lasery
- energetické lasery
- technologické lasery

Vzhled samotných laserů je velmi různorodý. Záleží hlavně na druhu laseru, na jeho konstrukci a v neposlední řadě na jeho použití. ⁴

1.1.1 Rozdělení laseru dle použití

Lasery ve vojenství

Do oblasti vojenské si laser našel velmi rychlou cestu, používá se k navádění střel a bomb, k zaměření cíle ruční zbraní, k určení vzdálenosti a ke špionážním účelům jako laserový mikrofon. ^{5, 6}

Lasery měřicí

Měřicí lasery se využívají v odvětvích jako jsou astronomie, geodézie, geofyziky, ekologie, metrologie, seismologie a spousta dalších. Pulzními lasery se měří vzdálenosti různých objektů na základě odrazu záření od nich. Laserové radary, tzv. LIDARY, se používají k měření znečištění zemského ovzduší a jeho směru pohybu, k měření výšky oblačnosti a k proudění vzduchu. Také byl použit na palubě kosmické lodi. ^{5, 6}

Lasery lékařské

Pro lékaře je zvláště cenná možnost koncentrace energie záření na nepatrné plošce, tato energie se v tkáních přeměňuje na teplo. Díky tomu laser

v lékařství výrazně napomohl k zlepšení kvality chirurgických zákroků. Pomocí optických vláken se záření může dostat i do vnitřních orgánů. Dále se využívá při očních operacích, v dermatologii k odstranění kosmetických vad, v stomatologii a dalších medicínských oborech. ^{3, 5, 7}

Lasery v energetice

V energetice se soustředěná energie laserového paprsku může využít k nastartování termonukleární reakce. Jinou aplikací energie laseru je konstrukce nepředstavitelně přesných atomových hodin, které se využívají například při satelitní navigaci nebo v astronomii. Dále se laser uplatňuje v mikroelektronice při výrobě elektronických součástek, ve spotřební elektronice, pro přenos komunikačních dat, pro zápis dat, respektive se laser vyskytuje téměř všude kolem nás. ^{5, 6}

Lasery v průmyslu

V průmyslu se začalo využívat laserového paprsku téměř ihned po sestrojení prvního laseru. Soustředěný laserový paprsek je schopen zpracovávat kovové i nekovové materiály s bezkonkurenční kvalitou a zcela novými technologickými postupy. ⁸

Dnes lasery ovlivňují všechny oblasti obchodu a lidského života. Například v oblasti telekomunikací se používají technologie laserových vláken, laserem jsou vyznačována expirační data výrobků a také skenery, tiskárny, čtečky čárových kódů, CD přehrávače, dálkové ovladače atd. využívají laserové technologie. Laserová energie potřebná pro tyto aplikace je velmi nízká. ²

1.2 Laser v průmyslu

V principu laser transformuje některé vnější formy energie na světlo o jediné vlnové délce. Nejpoužívanějším rozdělením laserů v praxi je rozdělení dle aktivního prostředí. ^{4, 9}

1.2.1 Rozdělení laseru dle aktivního prostředí

Všechny lasery potřebují nějaké aktivní prostředí. Aktivním prostředím je myšleno skupenství materiálu, které se používá pro generování záření. Může být tvořeno plynem, monokrystalem, polovodičem anebo volnými elektrony. Do tohoto prostředí se musí dopovat energie, zpravidla elektrická (popřípadě světelná). Nejpoužívanější druhy laserů ve strojírenské výrobě jsou Nd:YAG, CO₂ a excimerové lasery.^{10, 11}

a) Plynové lasery

Aktivní prostředí plynového laseru je v plynné fázi a tyto lasery pracují v kontinuálním i pulzním režimu. Do této skupiny patří např. CO₂ lasery, excimerové lasery, helium-neonový laser a vodíkový laser. V technologii opracování materiálu se pro řezání a svařování používají především CO₂ lasery a pro popisování, obrábění diamantu, mikroobrábění keramických materiálů a vrtání děr do průměru 10 µm se používají především excimerové lasery.¹²

CO₂ lasery

CO₂ lasery poskytují výstupní výkon až přibližně 50 kW. Soustavy o výkonu až přibližně 4 kW se často používají pro řezání laserem se zaostřovací čočkou. Protože čočky nevydrží vyšší energii paprsku, používají se k řezání, svařování a povrchové úpravě zaostřovací, vodou chlazená zrcadla i čočky s vyšším výkonem laseru.

Způsob vytváření laserového paprsku, proces prováděný CO₂ laserem je založen na laserových plynech (aktivním prostředí) a těmi jsou CO₂, dusík a helium, které se nachází v rezonátoru, respektive v laserové trubici mezi dvěma zrcadly (obr. 1.1). Tyto plyny musejí být často regenerovány, protože na kvalitu plynu, respektive vysokou čistotu plynu jsou kladeny ty nejpřísnější požadavky, aby docházelo k procesům generování paprsku a navíc aby nedošlo k poškození optické části rezonátoru. Vysoce čisté plyny v lahvích však nejsou žádnou zárukou pro spolehlivý chod laseru, přírodní cestou od tlakové láhve k rezonátoru tyto plyny nesmí být kontaminovány nečistotami. Pokud tyto

plyny již nejdou regenerovat, musí se do okruhu doplnit nové plyny z tlakové láhve.

Oxid uhličitý CO_2 se dostává do tzv. nabuzeného stavu přívodem vnější energie z generátoru vysokého napětí, což je elektrický nebo vysokofrekvenční výboj, který vzniká mezi elektrodami. Tím se vygeneruje světelná částice- foton, ale je jich velice málo. Aby se zvýšil počet nabuzených molekul oxidu uhličitého, jsou zapotřebí i ostatní plyny tvořící směs laserového média, jako dusík a helium. Dusík pomocí energie dosáhne také nabuzeného stavu, ale mnohem snadněji než oxid uhličitý, a proto se dusík využívá k přenosu energie na molekuly oxidu uhličitého. Helium napomáhá molekule oxidu uhličitého k uvolnění energie odebráním tepelné energie, aby bylo možné opakované nabuzení molekuly oxidu uhličitého. Chlazení aktivního prostředí je zajišťováno chladícím médiem (nejčastěji vodou), které proudí na povrchu dvouplášťového rezonátoru. Potřebný nízký tlak plynu zaručující vznik elektrického výboje v laserové trubici je hlídán pomocnou vývěvou.

Generované světelné částice tvoří laserové světlo, které se odráží vpřed a zpět mezi zrcadly, a přitom u něj dochází k zesílení, přičemž část paprsku je vysílána částečně odrazným zrcadlem, respektive polopropustným zrcadlem. Generovaný laserový paprsek tedy vystupuje z rezonátoru polopropustným zrcadlem a systémem zrcadel je přiveden k laserové hlavě. V laserové hlavě je fokusová čočka, která je chlazená chladícím prstencem a také je zde přiváděn pomocný plyn, který laserovou hlavu opouští společně s fokusovým paprskem. Pomocný plyn chrání optiku před produkty rozkladu materiálu opracovaného laserem, může vytvářet při dopadu laserového paprsku na materiál ochrannou, oxidační anebo jinou vhodně agresivní atmosféru a v neposlední řadě odstraňuje z obráběného materiálu vznikající taveninu a páry. Díky tomu dochází k rychlejšímu a čistějšímu opracování materiálu.

CO_2 lasery se dle konstrukčního uspořádání laserového rezonátoru dělí na lasery s axiálním prouděním plynů a lasery s příčným prouděním plynů, tzn. že je to rozdělení dle toho, jak plyny proudí vzhledem k optické ose laseru.

Tento typ laseru vytváří světlo v infračervené části spektra, což znamená, že samotný laserový paprsek není viditelný.^{9, 11, 13}

Obr. 1.1 Princip CO₂ laseru ¹²**Excimerové lasery**

Jedná se o plynové pulzní lasery, jehož aktivním prostředím jsou excimery. Excimer je nestabilní molekula, která existuje pouze ve vybuzeném stavu, při návratu do základního stavu se rozpadne na jednotlivé molekuly. K vzniku excimerových molekul dochází při srážkách atomů plynů s elektrickým výbojem nebo se svazkem elektronů o vysoké energii (10x účinnější než elektrický výboj). Nejtypičtější plynovou náplní těchto laserů jsou kombinace halogenů a vzácných plynů, většina vyzařuje v ultrafialovém pásmu. ^{4, 14}

b) Pevnolátkové lasery

Aktivním prostředím v pevnolátkovém laseru je pevná opticky propustná látka – krystaly, oxidy, fluoridy, sklo, keramika a další. Do této skupiny patří Nd:YAG laser, rubínový laser, neodymový laser atd. Dnes nejvíce používaným typem pevnolátkového laseru je Nd:YAG laser. Laser pracuje jak v pulzním, tak kontinuálním režimu. Paprsek pevnolátkových laserů má vlnovou délku 1,06 μm . Je vhodný pro vrtání, svařování, řezání a popisování. V lékařství se používá kontinuální Nd:YAG laser jako skalpel v chirurgii a pulzní Nd:YAG laser v oční mikrochirurgii. Dále se používá v radarové technice a ve spektroskopii. ¹²

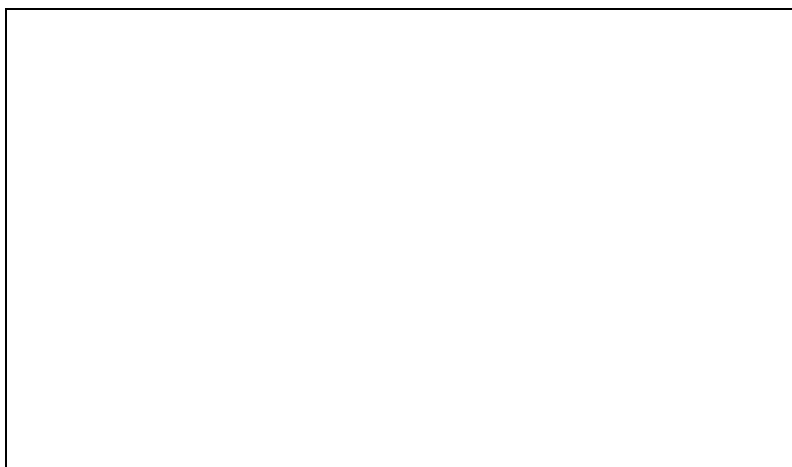
Nd:YAG lasery

Lasery Nd:YAG poskytují výstupní výkon až přibližně 5 kW pro svařování, značení, vrtání atd. Výhodou záření tohoto laseru je možnost přivádět laserový paprsek pomocí vláknové optiky, což snadno umožňuje manipulaci prováděnou robotem. Laser Nd:YAG je laser s tuhou fází, kde médiem je drát ze slitiny yttria, hliníku a granátu dopované kovem neodým. Součástí Nd:YAG laseru je laserová hlavice, zdrojová a chladicí jednotka.

Laserová hlavice obsahuje aktivní materiál (izotropní krystal yttrium aluminium granátu dopovaný neodým), budící jednotky, budící dutinu a otevřený rezonátor. Aby koncentrace světelné energie byla co největší, má budící dutina kruhový, lépe však eliptický průřez (obr. 1.2). Vnitřní stěna budící dutiny je pro zvýšení odrazivosti obráběna diamantovým nástrojem anebo dokončována leštěním a je pokovena obvykle stříbrem či zlatem. Rezonátor je obvykle tvořen kruhovými zrcadly, z nichž jedno je zpravidla totálně odrazné pro záření generované vlnové délky a druhé částečně propustné. Do jednoho ohniska v případě eliptické dutiny se umístí krystal, do druhého budící lampa (výbojka).

Zdrojová jednotka dodává dostatečné množství energie do výbojky v impulsním nebo kontinuálním režimu. K napájení výbojky slouží budící elektrický obvod.

Chladicí jednotka odebírá aktivnímu prostředí teplo, vznikající buzením podstatné částí energie. Chladicí tekutinou je protékající voda.^{4, 9, 11}



Obr. 1.2 Princip Nd:YAG laseru s dvojeliptickým rezonátorem¹²

1.2.2 Nové druhy laserů

Prudký rozvoj zaznamenávají diodami čerpané pevnolátkové lasery. Jedná se především o Nd:YAG lasery, u kterých jsou pro čerpání energie z krystalu dosud používané výbojky nahrazeny laserovými diodami, případně diodovými lasery. Výhody těchto laserů jsou vyšší účinnost, menší spotřeba elektrické energie, menší celkové rozměry, delší trvanlivost diod oproti výbojkám a menší provozní náklady.

Dalším vývojovým stádiem diodami čerpaných pevnolátkových laserů jsou kotoučové lasery. U tohoto typu laserů je krystal, tvaru válce nebo desky, nahrazen kotoučem o tloušťce 0,3 mm a průměru 7 mm. Současné výkony těchto laserů jsou 350 W, ale do budoucna mají být tyto výkony řádově kW.^{4, 12}

1.2.3 Použití laseru v průmyslu

Existují čtyři základní způsoby prosazení laseru v průmyslu. Dosažení vyšší hospodárnosti než u nahrazené technologie, dosažení vyšší kvality opracování, větší flexibilita použití, která umožňuje i kusovou výrobu a dosažení lepších vlastností výrobků.⁴

Základní předností laserových technologických operací je možnost precizního opracování bez mechanického kontaktu s výrobkem, možnost opracování obtížně přístupných částí obrobku, technologické zpracování obtížně přístupných částí obrobku, technologické zpracování těžkoobrobitelných materiálů. V technologii se laser používá pro řezání, svařování, vrtání, značení a gravírování, povrchové úpravy, povlakování, renovaci součástí, tvorbu modelů a prototypů (Rapid Prototyping) a na laserovou podporu konvenčního obrábění. Každá z těchto oblastí má svá specifika, pokud jde o typ laseru a způsoby jeho užití.^{4, 12}

Obrábění materiálu (řezání a vrtání)

Laserové obrábění se dnes používá prakticky ve všech výrobních odvětvích. Zvláště výhodné je použití laseru při přesném vyřezávání složitých tvarů. V místě dopadu laserového paprsku se materiál taví a je z řezu „odfukován“ proudem interního plynu. Přitom nevzniká téměř žádný odpad

a materiál při řezání není třeba upínat. Proto se tímto způsobem dají s vysokou přesností řezat i křehké nebo snadno se deformující materiály, například textil. Snadné vyřezávání šablon nebo fólií podle počítačové předlohy zvyšuje produktivitu práce, obzvláště práci v reklamním průmyslu.⁸

Nejpoužívanější lasery pro řezání materiálu jsou kontinuální CO₂ lasery se středním výkonem do 15 kW, kterými je možné řezat konstrukční oceli do tloušťky až 20 mm, korozivzdorné oceli do tloušťky 10 mm a slitiny hliníku do tloušťky 5 mm. Pro přesnější řezy s menší šířkou řezné spáry se používají Nd:YAG lasery o výkonu 100 až 1000W, kterými lze řezat konstrukční oceli do tloušťky 6 mm, korozivzdorné oceli do tloušťky 3 mm a slitiny hliníku do tloušťky 2 mm. Laserem lze řezat např. titan, oceli s nízkým obsahem uhlíku a korozivzdorné oceli.¹²

Laserové vrtání je založeno na odstraňování materiálu odpařováním. Pro vrtání laserem platí, že čím je díra delší, tím více se odchyluje tvar díry od geometrie, což je způsobeno rozdělením energie paprsku. Předností laserového vrtání je vytváření malých otvorů o průměru 10 µm až 100 µm i v místech, kde je to pomocí jiných metod obtížné nebo nemožné. Díry mohou být kruhové i tvarové. Délka vrtané díry může být až 50 mm. Vrtat lze kovy, plasty, textilie, dřevo, sklo, papír, keramika a jiné přírodní materiály. Tato technologie se používá pro vrtání kamenů do hodinek, filtrů, vstřikovacích trysek, lopatek proudových motorů apod. CO₂ lasery se používají k vyřezávání kruhových i tvarových otvorů, nejmenší průměr vrtané díry je 0,2 mm, dalším zařízením pro vrtání děr menšího průměru jsou Nd:YAG lasery, kde nejmenší průměr vrtané díry je 0,025 mm. K vrtání děr do keramiky slouží excimerové lasery. V průmyslu se pro vrtání děr používají především Nd:YAG lasery o výstupním výkonu 100 W až 500 W.^{4, 12}

Svařování kovů

Svařování laserem je v mnoha případech výhodnější než použití klasických technologií. Mezi výhody svařování laserem patří lokální tepelné působení paprsku, takže nedochází k tepelnému poškození okolí svařovaného

místa, vysoká rychlost svařování, možnost provedení svaru i při přístupu pouze z jedné strany, malé nároky na jakostní povrch svařovaných součástí a vysoká pevnost svaru. Paprsek, soustředěný do průměru menšího než 0,5 mm, dovoluje vytvářet i velmi jemné a kvalitní sváry, celý proces je možno řídit počítačem. Svařovat se dá nejen většina materiálů svařovatelných běžným způsobem. Díky soustředění energie na nepatrnou plošku lze svářet i materiály s vysokou teplotou tání. Laser je zvláště vhodný pro svařování nerezavějící oceli, hliníkové, titanových, zirkonových nebo chromniklových slitin. Ke svařování se používají Nd:YAG a CO₂ lasery a oproti dalším aplikacím spojených s laserem vyžadují větší délku laserového pulzu a menší intenzitu záření optického svazku.^{8, 12}

Gravírování, značení a popis laserem

Laserový paprsek vytváří na povrchu materiálu stálý, mechanicky odolný, velmi přesný a kontrastní popis. Jeho trvanlivost je zaručena bez použití chemických přísad, barev nebo mechanických zásahů do struktury materiálu. Označovat a gravírovat se dá prakticky jakýkoliv kovový i nekovový materiál, povrch výrobku může mít libovolný tvar a povrchovou úpravu. Laserem lze popisovat i na málo přístupných místech. Změnou parametrů laseru je možno plynule měnit hloubku popisu od několika tisícín milimetru až po gravírování do větší hloubky. Podstatou gravírování je odpařování materiálu v místě, kde působí paprsek laseru a používá se pro vytváření jednoduchých i velmi složitých reliéfů. V technických aplikacích je důležitá hlavně trvanlivost popisu, reklamní použití klade důraz především na grafickou kvalitu popisu. Především se používají Nd:YAG lasery o výstupním výkonu 50 W, dále CO₂ a excimerové lasery. Nově se pro popisování používají lasery vláknové.^{8, 12}

Tepelné zpracování

Tepelné zpracování materiálů laserem je charakterizováno krátkou dobou ohřevu, malým objemem ohřátého materiálu a prakticky bezdeformačním zpracováním. Metody tepelného zpracování jsou založeny na ohřevu materiálu (žhánání, kalení, popouštění), tavení materiálu povrchu součásti (tepelné

zpevnění s natavením a amorfizace povrchu) a odpařování materiálu (rázové zpevnění založené na mechanismu vypařování). Kalit lze vnější plochy, ale také např. drážku v díře, vnitřní dosedací plochy apod. Používají se kontinuální CO₂ lasery o výkonu několika tisíc wattů, ale výhodné je použití vysoce výkonových diodových laserů, protože mají obdélníkovou stopu paprsku na opracovaném materiálu. ^{4, 12}

Leštění povrchů

Další technologií, kterou vyvíjí Výzkumné centrum pro strojírenskou výrobní techniku a technologii, je leštění povrchů. Leštění paprskem laseru má výrobcům forem umožnit náhradu ruční práce automaticky pracujícím strojem. ¹²

Dekorace skla

Zajímavou aplikací je dekorování skleněného povrchu jeho vypalováním laserovým paprskem. V místě dopadu paprsku se částečně odpaří sklovina z povrchu předmětu, změny teploty způsobí vznik jemných povrchových prasklin. Na jejich hranách dochází k rozptylu dopadajícího světla a předmět (např. váza) má v těchto místech zářivý vzhled. Používají se lasery vyzařující infračervené světlo, které je sklem dobře pohlcováno- např. CO₂ lasery. Novinkou v dekoraci skla laserem je prostorový popis do skla pulzním laserem Nd:YAG (výkon v pulsu až 1 MW). ^{4, 12}

Využití laserů v obráběcích strojích

Integrace laseru do obráběcího centra má za cíl komplexní obrobení součásti na jedno upnutí a na jednom stroji.

Aplikace laserových technologií na obráběcích strojích se provádí tak, že se využije stávající obráběcí stroj a doplní se o laserovou technologii nebo se využije podstatná část obráběcího stroje (rám, pohony, atd.) a doplní se laserem, tímto upraveným strojem se provádí pouze laserová technologie nebo se zařízení laseru použije do výrobní linky. Trendy v laserových strojích

a technologiích směřují k získání možnosti provádět jedním laserem více technologií, např. mikrofrézování, leštění, kalení, vrtání malých děr atd.

Použití laseru jako integrální součástí obráběcího stroje je v současné době předmětem výzkumu a vývoje v laboratořích zejména v Německu. ^{4, 12}

1.3 Pálicí stroj Trumatic L 4030 (TC L 4030)

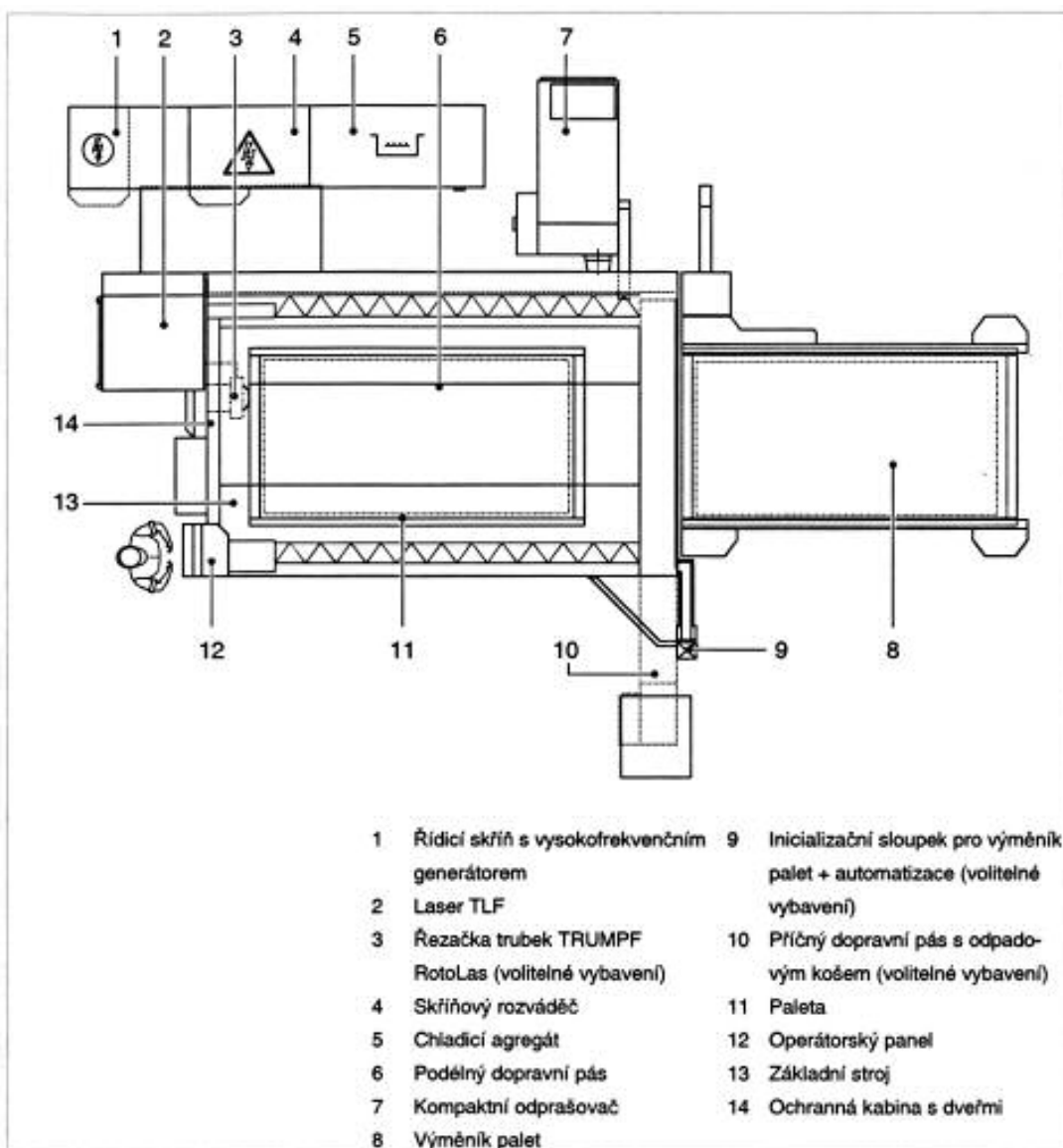
Stroj TC L 4030 je zařízení pro 2D řezání laserem (řezání rovinných součástí). Jako nástroj pro řezání se používá laserový paprsek, který se k laserové hlavě přivádí pomocí zrcátek. Zrcátka a laserová hlava (řezací hlava) jsou uspořádány na pohyblivých součástech, tzn. stroj pracuje s „plovoucí optikou“ (létající). Pomocí kapacitní výškové regulace se udržuje konstantní vzdálenost mezi hrotem řezací hlavy a obrobkem. ¹⁶

Princip „plovoucí optiky“ je založen na laserovém paprsku, který se pohybuje nad pracovním prostorem. Tím lze maximálně využít potenciál zrychlení stroje bez ohledu na hmotnost obrobku. Obrobky nemusí být uchycené pomocí upínek a opracování probíhá bez poškrábání, protože se obrobek nepohybuje. ¹⁵

Stroj je standardně vybaven systémem na výměnu palet. Systém výměny palet mění automaticky paletu se zpracovaným obrobkem za paletu s nezpracovaným obrobkem (plechem). Nakládání a vykládání palet je možno provádět paralelně s obráběním (řezáním). Tím se snižují prostoje stroje na minimální hodnotu. Nakládání palet lze kromě toho automatizovat pomocí nakládacího zařízení (volitelné vybavení, které v Atoně není k dispozici). ¹⁶

K ochraně před rozptýleným laserovým zářením je pracovní prostor stroje ohraničen ochrannou kabinou, která současně umožňuje pohodlné sledování výrobního procesu. K ochraně obsluhy a životního prostředí jsou spaliny a prach vznikající při řezání laserem účinně eliminovány vícekomorovým odsáváním a kompaktním filtračním zařízením. ¹⁵

CO₂ laserem, dle sdělení vedoucím mé diplomové práce z firmy Atona, nelze řezat např. sklo, poněvadž má podobnou vlnovou délku jako laser, zlato, stříbro a měď, poněvadž je laserový paprsek těmito materiály absorbován.

Obr. 1.3 Konstrukční části stroje ¹⁶

Tab. 1.1 Technické údaje TC L 4030 ¹⁵

Pracovní rozsah (X x Y x Z)		
X osa	4000	mm
Y osa	2000	mm
Z osa	115	mm
Výkony		
Výkon laseru	4000	W
Maximální tloušťka plechu		
Konstrukční ocel	20	mm
Nerezová ocel	15	mm
hliník	10	mm
Maximální hmotnost obrobku	1250	kg
Maximální rychlosti		
Paralelně s osou	60	m/min
simultánně	85	m/min
Přesnost		
Odchylka polohy	±0,10	mm
Střední rozptyl polohy	±0,03	mm
TRUMPF CNC- řízení	Na bázi SINUMERIK 840D	
Prostor potřebný pro instalaci (cca)	11600 x 5200	mm

2 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY ZAMĚŘENÝ NA KONKRÉTNÍ ZAŘÍZENÍ

2.1 Podklady pro výrobu daného dílu

Požadavkem pro výrobu daného dílu je výkresová dokumentace v listinné podobě (viz. Příloha 1), na které je uveden díl a je nazván jako Ozubená vačka s číslem výkresu 290200. Ozubená vačka je součástí sestavy přípravku pro výrobu plošin. Před samotnou výrobou i před samotnou přípravou výroby je nutné, abychom posoudili jednotlivé technické údaje, které jsou uvedeny na této výkresové dokumentaci v listinné podobě.

Nejdříve se pozastavíme u razítka z něhož je zřejmé, že se jedná o výrobek, který je vyroben z nerezové oceli jakosti EN 1.4301. Jedná se o austenitickou svařitelnou nestabilizovanou korozivzdornou ocel. Je vhodná pro prostředí oxidační povahy, pro silné anorganické kyseliny jen při velmi nízkých koncentracích a v oblasti kolem normálních teplot. Je vhodná pro slabé organické kyseliny do středních teplot při současném provzdušnění. Má sklon ke zpevňování při tváření za studena. Zpevnění vzniká přetvořením austenitu na deformační martenzit a může dojít k magnetovatelnosti. Používá se v potravinářském, farmaceutickém a kosmetickém průmyslu, stavební architektuře a pro čerpací stanice pitné vody. Znamená to tedy, že pro daný výrobek je uvažovaná klasická nerez, obecně označovaná jako potravinářská. V razítku není uveden žádný jiný parametr ohledně specifikace povrchu této nerezy, to znamená, že zde není žádný požadavek na broušenou, leštěnou, kartáčovanou, fóliovanou či dekorativní nerez. Z toho vyplývá, že se jedná o potravinářskou nerez jakosti EN 1.4301 bez povrchové úpravy.¹⁷

Dále je v razítku uvedeno, že ozubená vačka má být vyrobena z materiálu síly 10 mm. Je to důležitý údaj pro posouzení vyrobitelnosti na daném zařízení. Dané zařízení respektive laser Trumatic L 4030 (TC L 4030) firmy Trumf je schopen pálit nerezovou ocel do síly 15 mm. Z tohoto pohledu je daný výrobek na tomto zařízení vyrobitelný. Ostatní údaje uvedené v razítku nejsou podstatné pro samotnou výrobu pomocí laseru.¹⁸

Dalším kritériem pro posouzení vyrobiteľnosti jsou uvedené kóty na výkrese. Při prvotním zhodnocení výrobku je jasné, že tvar výrobku je složitější, jelikož se jedná o materiál síly 10 mm, z něhož se má vyrobit v určité části obvodu jemné ozubení a toto ozubení musí plnit funkci vačky ve strojním celku. Jestliže by výrobek měl být vyroben například z oceli jakosti EN S235 JR respektive z běžné konstrukční oceli za tepla válcované, nebylo by to možné, protože bychom nedocílili požadované kvality u jemného ozubení. Docházelo by k upalování tohoto ozubení, poněvadž se ocel pálí kyslíkem. Pokud by se pálilo jen pár kusů z konstrukční oceli kyslíkem, k upálení tohoto ozubení by nedošlo, protože by se výpalky stačily uchladiť, ale jestliže se má pálit více kusů na tabuli, tabule plechu se bude nadměrně zahřívat, a to je příčina nekvalitního vypálení zmiňovaného ozubení. Proto je tento výrobek vhodnější pálit z nerezové oceli. Jako řezný plyn pro pálení nerezové oceli se používá dusík. Má teplotu $-195,8^{\circ}\text{C}$ dle certifikace řezných plynů firmy Linde. Pomocí této teploty se hroty jemného ozubení uchladí. To znamená, že nedochází k jejich upalování. Při pálení jemného ozubení se dá také využít dodatečného chlazení rohů, anebo jiné specifické parametry, ale ty budou zmíněny v následujících kapitolách při osazování technologie výrobku. Chlazení rohů se využívá jen zřídka, u této součásti použito nebude, poněvadž se ze zkušeností ví, že dusík dostatečně postačuje k dosažení požadované kvality u jemného ozubení.

Jako řezný plyn pro pálení nerezové oceli se používá dusík, protože má výrazně lepší chladicí účinky oproti kyslíku. Dusík dosáhne snadno vysokého tlaku, který je zapotřebí k pálení nerezové oceli. Pokud by se měla nerez pálit kyslíkem, obrobek by se zahříval a díky vysokému tlaku plynu by docházelo k utavování nerezové oceli => hrubý řez. Tyto zákonitosti byly konzultovány se školícím referentem firmy Trumpf Praha spol. s r.o.

Okótované rozměry součásti jsou uvedeny bez přesných tolerancí, to znamená, že výrobek bude vyroben v obecné toleranci definované výrobcem laseru $\pm 0,1$ mm. V případě otvoru o $\varnothing 25$ mm je uvedena rozměrová tolerance H7, této tolerance se na laseru nedosáhne, výrobce stroje (firma Trumf)

garantuje toleranci H12 až H11. Je tedy nutné, aby při konstrukci i při technologii byla respektována skutečnost, že tento otvor musí být následně obroben klasickou technologií, a tudíž se zde musí počítat s přídávkem na obrábění. Z toho plyne, že otvor nebude vypálen přímo na Ø25 mm, ale na Ø24,5 mm (přídavek 0,5 mm) tak, aby následně bylo docíleno tolerance H7. Tento postup byl konzultován s vedoucím diplomové práce z firmy Atona.

Díru pro závit M5 a díru o Ø4 mm nelze vypálit. Platí zde obecná zásada, definovaná firmou Trumpf, která říká, že u laseru TC L 4030 lze klasickými parametry pálit otvory, které odpovídají koeficientu 1,3 násobku síly materiálu. U tohoto materiálu se může vypálit minimální průměr o velikosti 13 mm (1,3 x 10 mm), což neodpovídá požadavkům na výkrese. Specifickými parametry respektive redukováným zápalem a následným redukováným pálením lze vypálit díru menší než 1,3 násobek síly materiálu, ale i u redukováného pálení je hranice vyrobitelnosti malého rozměru. Pro nerez o síle 10 mm u redukováného pálení je možné vypálit nejmenší díru o průměru 5 mm, toto minimum vyplývá z tabulek, které slouží firmě Atona a jsou získány z praxe (viz. Příloha 2). Tyto zákonitosti byly konzultovány vedoucím diplomové práce z firmy Atona.

Redukovaný zápal se od normálního zápalu liší v tom, že tlak plynu je menší (1,5 baru oproti 3 barům) a doba zapichování je výrazně delší (5,5 s oproti 2 s), vzdálenost trysky od povrchu materiálu je stejná a to 6 mm. Tlak plynu je menší proto, aby se při zápalu nevypálila velká díra respektive velký zápich, který by mohl zasahovat díky malému otvoru až do obrobku. Delší čas zapichování je z toho důvodu, aby se při menším tlaku dosáhlo propálení materiálu paprskem skrz.

Redukované pálení probíhá tak, že po redukováném zápalu zůstane tryska ve stejné vzdálenosti (6 mm) od povrchu materiálu, při zapichování vyvře struska na povrch materiálu, a kdyby pálicí hlava s tryskou sjela až těsně k povrchu materiálu, což nastává u normálního pálení, mohlo by dojít k poškození optiky, porušení trysky, posunutí tabule plechu, zavaření obrobku apod. Rychlost pálení (0,1 m/min) je menší, než u normálního pálení a to proto, aby paprsek dokázal přepálit stěnu materiálu v celé její tloušťce a po

určité dráze pálení, která je nastavená od výrobce a je závislá na tloušťce materiálu a délce řezu, se režim přepne do normálního pálení, kde je vzdálenost trysky 1 mm a rychlost pálení se zvýší na 0,6 m/min. Hodnoty pro redukovaný zápal i pálení jsou uvedeny v pracovním předpisu (viz. Příloha 3).

Laser dokáže pálit i v pulzním režimu, který se používá k pálení malých otvorů do silného materiálu. Pulzní pálení probíhá tak, že dochází k opakovanému zapalování a zhasínání paprsku, a díky tomu se vypálí malá díra s kvalitním řezem, ale výroba tímto způsobem se mnohonásobně prodrazí. Využívá se jen zřídka, a ke všemu se tímto režimem nedá pálit nerez, protože se pálí paprskem o spínací frekvenci 10 000 Hz. Nižší spínací frekvencí by se obrobek z nerezové oceli nevypálil a pulzního pálení se dosáhne tak, že se sníží spínací frekvence paprsku. Tyto zákonitosti byly konzultovány se školícím referentem firmy Trumpf Praha spol. s r.o.

V daném případě se tedy díra pro závit M5 a díra Ø4 mm pálit nebude, ale pouze se naznačí jejich poloha pomocí gravírování, které slouží k určení středu děr pro vrtání.

Jiné údaje na výkrese není nutné blíže posuzovat. Závěrem lze říci, že dle údajů uvedených v razítku a u geometrie výrobku lze usoudit, že daný výrobek dle všech těchto požadavků je laserovou technologií strojem TC L 4030 vyrobitelný, až na požadované díry. Výrobek bude vyroben z nerezové oceli EN 1.4301, jemné ozubení nebude dodatečně chlazené, díra Ø25 mm bude vypálena na Ø24,5 mm a díry pro závit M5 a Ø4 mm budou pouze naznačeny gravírováním.

2.2 Elektronické zpracování geometrie výrobku

Pro výrobu na laseru TC L 4030 je nutné, aby listinná podoba výkresové dokumentace byla zpracována do elektronické podoby. Jelikož je jednodušší zpracovat výkresovou dokumentaci elektronické podoby v programu AutoCAD verze 2000, použije se tento program i přesto, že lze elektronickou výkresovou dokumentaci zpracovat přímo v programovacím softwaru TruTops 100, který je určen pro konstruování a technologii výrobků pro lasery firmy Trumf.

Při konstrukci v programu AutoCAD je nutné respektovat určité zásady konstruování, které mají vliv na následné zpracování i na následnou výrobu daného výrobku. Především se musí při kreslení výkresu využít základních konstrukčních prvků jako jsou přímky, úsečky, kružnice, oblouky a další prvky. Je to důležité zejména proto, aby nakreslený objekt byl uzavřen (kontury byly bez přerušení). Pokud se využívá při kreslení výkresu polyline či spline, nedochází k dotažení koncových bodů, respektive dochází k nespojení koncového bodu jedné křivky a počátečního bodu křivky druhé. Mezi těmito body může být mezera i desetitisícina milimetru. Toto nepatrné přerušení kontury řídící software laseru (Sinumerik 840D) pozná, a neustále dochází k zapalování a vypínání laserového paprsku, tudíž se obrobek nevypálí. Proto je vhodnější používat již zmíněných základních konstrukčních prvků, aby došlo ke spojitosti konstrukčních křivek.

Při překreslování obrobku se přídavek materiálu 0,5 mm pro následné strojní obrábění u díry Ø25H7 uvažovat ještě nebude. Tento přídavek se vytvoří až v programovacím softwaru TruTops 100 v modulu CAD. Pro díru pro závit M5 a díru Ø4 mm se křížek označující střed děr pro gravírování nakreslí také až v modulu CAD. V této fázi se nakreslí díra a závit tak, jak má být dle listinné podoby. Tyto úpravy se dělají až v modulu CAD proto, aby překreslený výkres sloužil jako originál, ale v elektronické formě pro případné pozdější úpravy. Překreslování se začíná od nulového bodu ($x=0$, $y=0$), aby byla zaručena správnost rozměrů překresleného obrobku.

Překreslený výrobek v elektronické podobě je okótován z důvodu kontroly jednotlivých rozměrů a také tyto kóty mohou sloužit pro informaci

k dalšímu zpracování. Je zde přeneseno i razítko s příslušnými informacemi. Takto je výkres uložen do adresáře pod číslem 290200 ve formátu dxf ve verzi AutoCAD 2000.

2.3 Technologická příprava výroby (TPV)

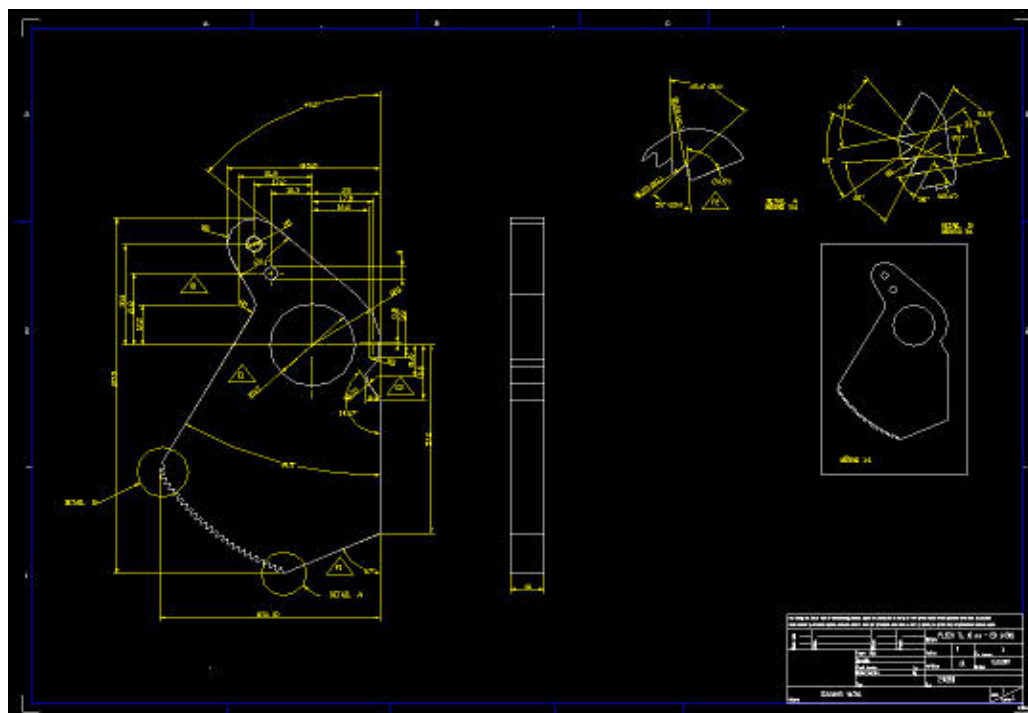
Technologická příprava výroby se provádí v programovacím softwaru ToPs 100, který je dodáván firmou Trumpf, stejně jako laser Trumatic L 4030 (TC L 4030), na kterém se výrobek má vypálit. Tím se zaručuje kompatibilita mezi programem a pálicím strojem. Tento program je sestaven z jednotlivých modulů, nazývají se CAD, Nest a Laser. Tyto moduly mají své záložky. Pomocí jednotlivých modulů a záložek se nadefinují konkrétní údaje pro technologickou přípravu výroby dané součásti.

2.3.1. Modul CAD

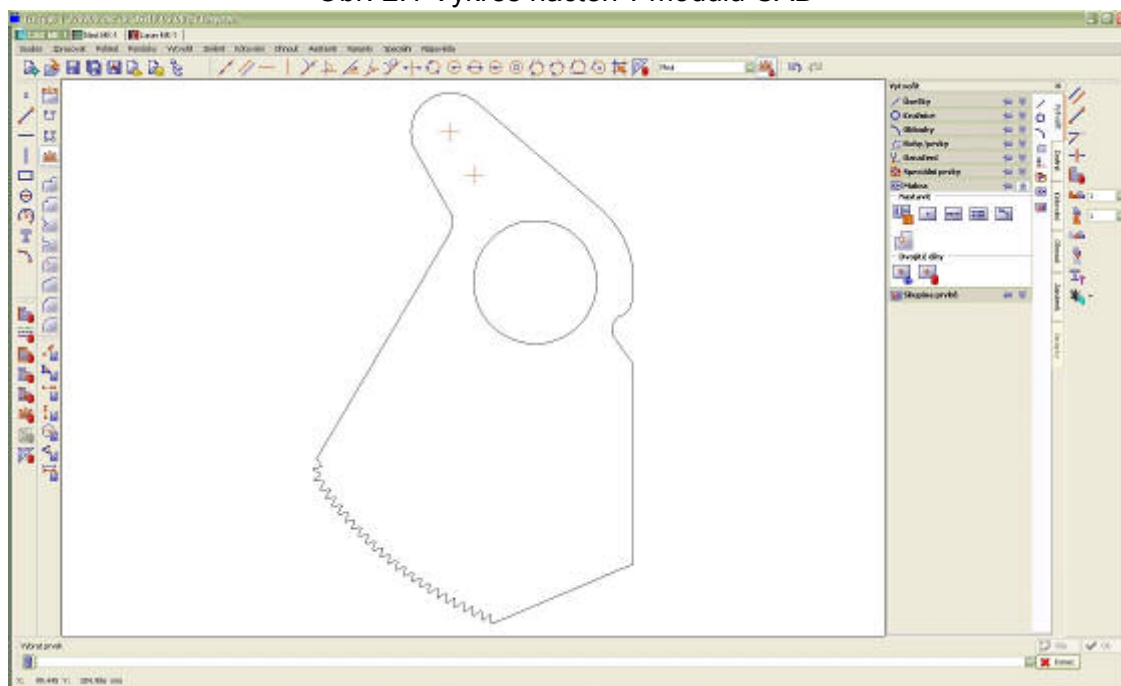
V modulu CAD se kreslí díly, popřípadě se zavádí z jiných systémů CAD a nastavují se zde základní data (např. materiál).

Editace výrobku pro následující TPV

V otevřeném programu TruTops se zvolí první modul CAD. V tomto modulu se otevře požadovaný soubor 290200.dxf (požadovaná výkresová dokumentace), který je uložen ve formátu dxf. V této výkresové dokumentaci se provedou nezbytné úkony, které budou podkladem pro následující technologickou přípravu daného výrobku. Těmito úkony je myšleno vymazání veškerých údajů, které nejsou potřebné pro přípravu, tj. tabulka, kóty, komentáře a jiné charakteristiky výrobku. Výsledkem těchto úprav musí být jen jednotlivé kontury výrobku. Také se nesmí opomenout místo děr pro závit M5 a Ø4 mm naznačit pouze křížky pro gravírování a současně se musí vytvořit již zmiňovaný přídavek materiálu 0,5 mm u díry Ø25H7. Žádné jiné úpravy se na výrobku nedělaly, poněvadž veškeré náležitosti byly správně zpracovány v programu AutoCAD 2000.



Obr. 2.1 Výkres načten v modulu CAD

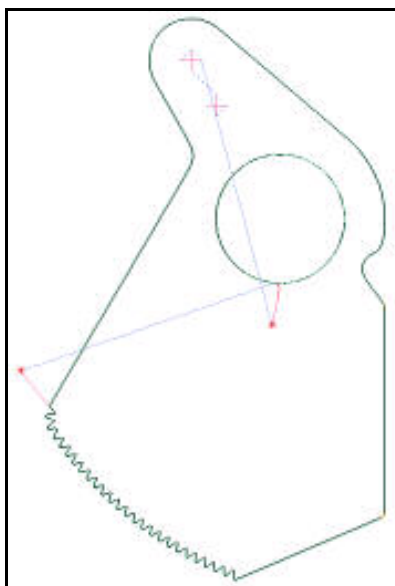


Obr. 2.2 Výkres pro následující TPV

Úprava geometrie

Aby se zabránilo nepřesnostem, provádí se při ukládání automatická úprava geometrie, to znamená, že si program stanoví vnitřní a vnější obrys.

Vnitřní obrys představuje kružnici $\varnothing 24,5$ a vnější obrys je na obvodové kontuře. V případě chyby v určení druhu obrysu má programátor možnost tuto chybu před uložením opravit. Tato chyba vzniká díky tomu, že kontura není uzavřená, místa napojení na sebe nenavazují, a to je zobrazeno pomocí červených bodů tam, kde místa napojení na sebe navazují, tak se zobrazují body zelené. Pokud by tato chyba nebyla opravena, potom by se při konečném uložení objevila tabulka upozorňující na tuto chybu. Určení vnitřního a vnějšího obrysu má vliv na zvolení zápalu. V případě, že by byl nesprávně zvolen zápal, respektive by zápal byl zvolen na výrobku (nebyl by součástí odpadu), došlo by k znehodnocení výrobku.



Obr. 2.3 Upravená geometrie na výrobku

Uložení souboru ve formátu geo

Před dokončením uložení se vyplní informace o souboru. Identifikace dílu představuje číslo výkresu 290200. Do poznámky se může uvést bližší identifikace dílu, v tomto případě není potřeba bližší identifikace. Jako operátor jsou uvedeny iniciály programátora, který vytváří technologickou přípravu výroby- JS. Tyto iniciály jsou důležité pro případnou identifikaci člověka, aby se s ním mohly konzultovat například změny na výrobku apod. Název stroje se

zde nevyplňuje, protože pokud by výrobek měl být později pálen na jiném stroji, musel by se soubor ve formátu geo vytvářet znovu, v již uloženém souboru formátu geo by stroj změnit nešel. Proto se stroj volí až v modulu Laser. Dále se zde musí vyplnit identifikace materiálu 1.4301-100, kde číslo 100 označuje tloušťku materiálu (10 mm), např. pro 3 mm by to bylo číslo 30 a tloušťka materiálu 10 mm. Měrný systém je zde zvolen jako metrický, další volbou měrného systému je palcový, ale ten se v našich podmínkách nepoužívá.

Obr. 2.4 Uložení souboru ve formátu geo

Po všech těchto definicích se soubor uloží do formátu geo a tím se i automaticky zvolí nulový bod výkresu v levém spodním rohu obrysu výrobku, popřípadě do levého spodního rohu opsaného obdélníku obrysu výrobku.

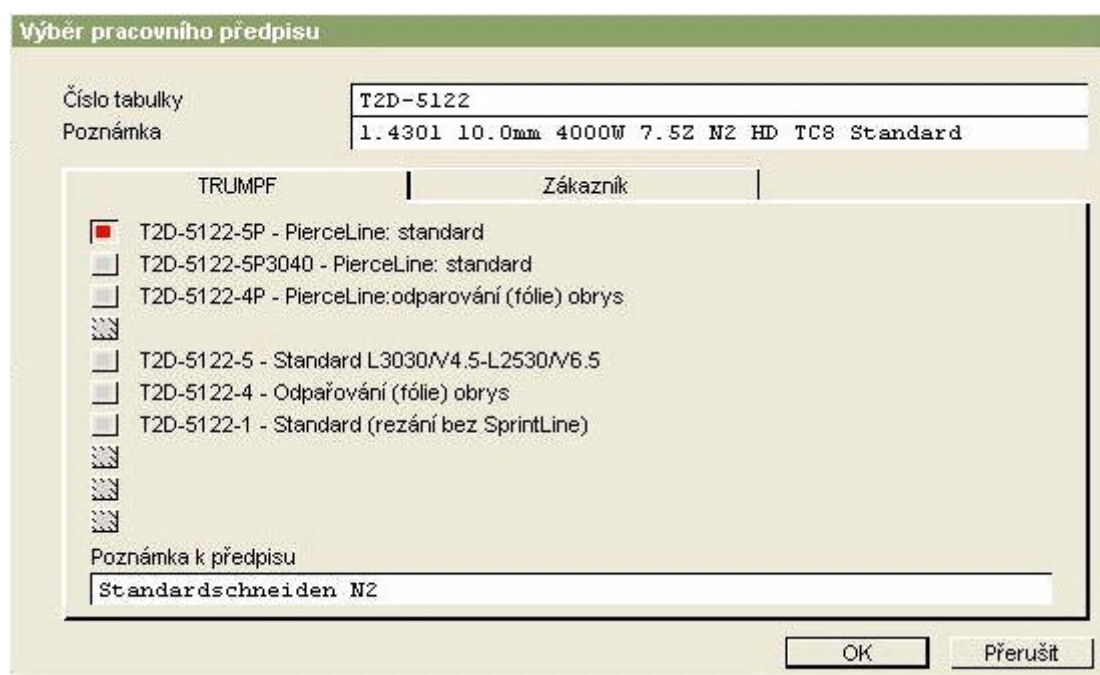
Těmito úpravami vznikl obrys obrobku s příslušnými parametry uložený jako soubor 290200.geo.

2.3.2. Modul Laser

V modulu Laser se volí technologická tabulka s parametry pro pálení a zpracovává se zde technologie a optimalizace výrobku.

Výběr technologické tabulky a pracovního předpisu pro pálení

V modulu Laser se otevře předchozími kroky vytvořený soubor 290200.geo, a tím se zobrazí nabídka pro výběr technologické tabulky. V ní se vybere číslo technologické tabulky dle stroje, na kterém má být výrobek pálen a dle materiálu, ze kterého má být výrobek vypálen. Pro laser TC L 4030 a materiál nerezová ocel EN 1.4301 bez povrchové úpravy byla z jediné nabízené tabulky zvolena technologická tabulka T2D-5122. Po této volbě se zobrazí nabídka pro výběr pracovního předpisu, ve kterém se zvolí jeden z přednastavených předpisů, který se odvíjí od zvolené technologické tabulky.



Obr. 2.5 Výběr pracovního předpisu

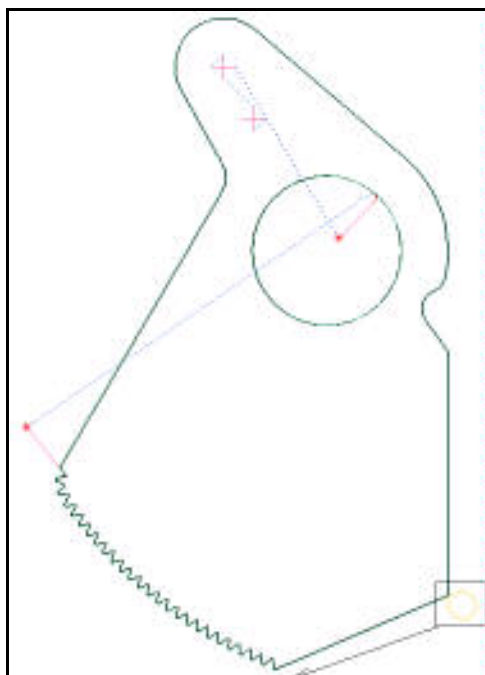
Na výběr je zde pracovní předpis pro standardní pálení, pro funkci odpařování, který se používá u materiálu s fólií, což je u broušených, leštěných a podobně povrchově upravených materiálů, aby se uchránily před poškrábáním a několik dalších pracovních předpisů. Vybrán byl pracovní předpis T2D-5122-5P pro standardní pálení, jehož data jsou uvedena v příloze 3. Tyto předpisy jsou předdefinovány firmou Trumpf, které jsou vývojem i zkušenostmi ověřené, ale je tu i možnost si nadefinovat vlastní pracovní předpis podle potřebných parametrů pálení a to v záložce Zákazník. Ze

zkušeností firmy Atona se z 98% používají standardní tabulky předdefinované firmou Trumpf.

Zpracování technologie výrobku

Po výběru pracovního předpisu se pomocí ikony automatické zpracování vytvoří zápaly na venkovních a vnitřních obrysech výrobku. Může se změnit umístění zápalů a jejich pořadí.

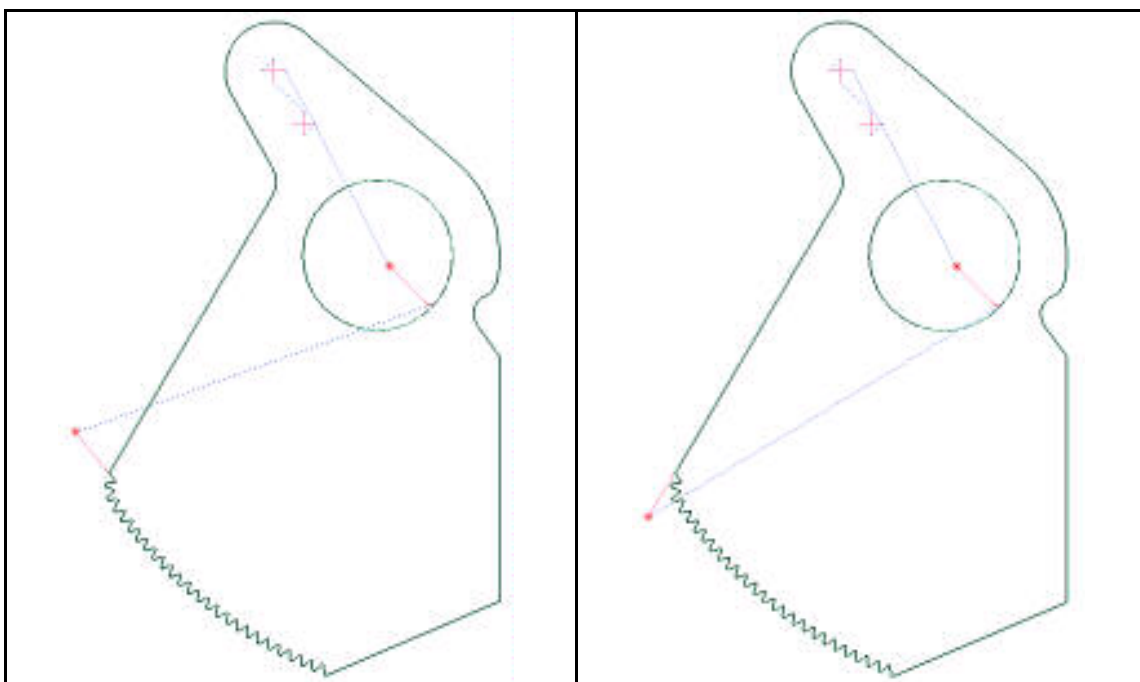
V této fázi se může zvolit určitý druh zpracování jako například chlazení rohů. Používá se v případě výrazně ostrých rohů bez zaoblení, protože hrozí přehřátí těchto rohů a případně i upálení těchto částí. Nebo se zde dá zvolit funkce loping, což je zachování ostrosti rohů, která se provádí například tak, že dráha paprsku v místě rohu udělá kolečko, tzn. že se paprsek oddálí od obrysu dílu a vrací se proti směru předchozího pálení a znovu najíždí k rohu v tečném směru předpokládaného pálení. Jestliže by byl požadavek na zachování ostrosti rohů a nebyla by použita funkce loping, došlo by v místě rohu vlivem změny dráhy paprsku ke zpomalení pálení, což by mohlo mít za následek zaoblení rohu. Ale pokud se má volit více druhů zpracování, volí se tyto funkce až v záložce Technologie, kde jsou nabízeny všechny možné druhy zpracování.



Obr. 2.6 Loping

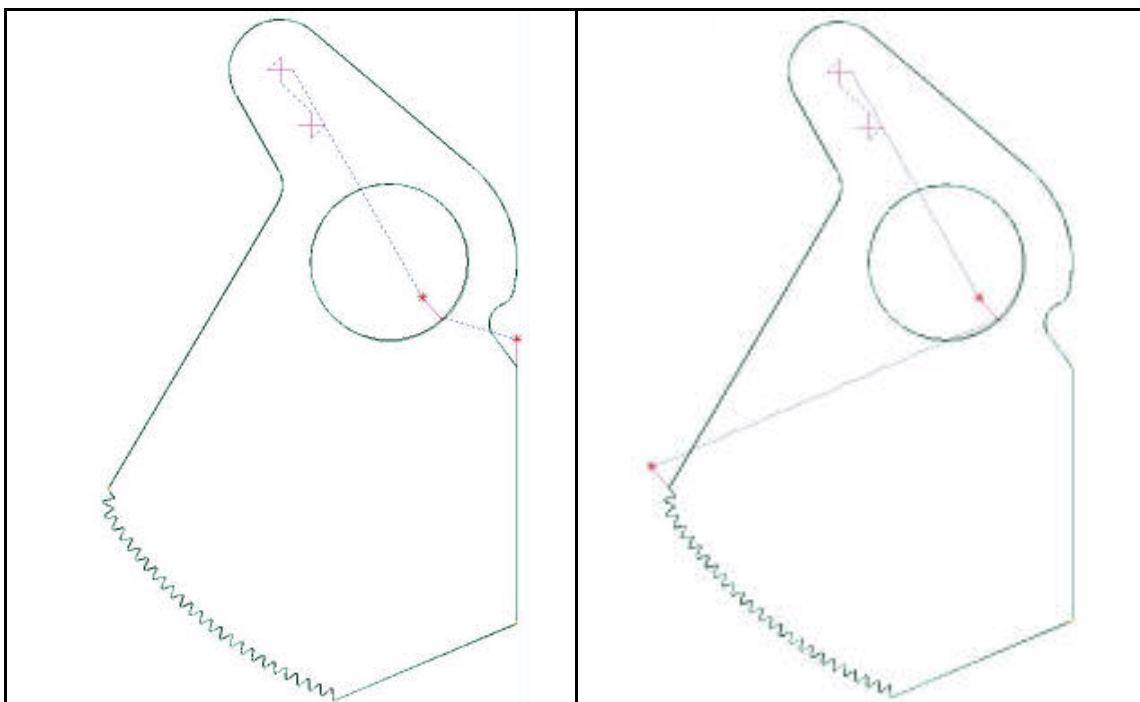
Ze záložky technologie se volí technologické zpracování jako například invertování najíždění respektive změna směru najíždění, tedy pod jakým úhlem bude najíždět řezací hlava od zápalu ke kontuře nebo přemístění polohy najíždění, tím je myšlena změna polohy zápalu na kontuře. Dále redukovaný zápal nebo zpracování rohů, to jest chlazení rohů, loping apod., jak již bylo dříve rozebráno nebo vymazání zpracování rohů, které slouží k vytvoření zaoblení ostrého rohu. Tím je dráha řezu výrobku zjednodušena a používá se v případě, když by s tímto ostrým rohem mohly být nějaké problémy a nemusel by být popřípadě zachován. Dále se v záložce Technologie vytváří řez na tabuli. Tento řez se tvoří, je-li zpracováno jen část tabule, pro oddělení odpadu od zbytku tabule, popřípadě pro rozřezání odpadů pro lepší manipulaci, ale to se volí až po osazení tabule všemi výrobky. Dále se zde volí mikromůstky, což je úzká část materiálu, která drží obrobky i odpad pohromadě, docílí se toho tím, že se na krátký úsek přeruší řez. Velikost přerušení řezu je nastavitelná. Mikromůstky se většinou používají při méně rozměrných obrobkách, aby se při pálení i při manipulaci nepoztráceli zapadnutím do různých skulin stroje. Mikromůstky také slouží k zabránění propadnutí obrobků mezi rošty na pojízdný pás a následnému poškrábání

anebo ke vzpříčení v tabuli, následnému naražení pálicí hlavy do vzpříčeného plechu a následnému poškození obrobku popřípadě pálicí hlavy. Někdy si i sám zákazník přeje, vytvoření mikromůstků, aby věděl, které části obrobku patří k sobě. V místě mikromůstku zůstává na materiálu výstupek, proto se musí zvážit, zda je vhodné tuto technologii použít. V této záložce se dá nastavit spousta druhů zpracování, ale ty vyjmenované jsou nejvíce využívané.



Obr. 2.7 Invertování najíždění

V Technologii pro obrobek ozubená vačka se přemístila automaticem osazená poloha najíždění u vnější kontury a to proto, aby se hned po najetí paprsku začaly pálit ostré zuby. Tím pádem obrobek nebude zahřátý a nevznikne důvod k tomu, aby tyto zuby neměly dostatečnou kvalitu ostrosti. Při automatickém zpracování nebyla poloha zápalu z tohoto pohledu zvolena vhodně. Ostatní změny automatického zpracování nebylo nutné použít. Jen se zvažovalo, zda použít dodatečné chlazení rohů, ale z předchozích zkušeností se chlazení nevolilo.



Obr. 2.8 Přemístění polohy najíždění

Zpracování optimalizace výrobku

Prostřednictvím záložky Optimalizace se volí uspořádání neboli nastavení pořadí pálení jednotlivých kontur na daném výrobku. Definuje se zde, jestli se bude pálit jako první venkovní kontura nebo vnitřní kontura apod. Tato volba je důležitá z toho důvodu, aby nedošlo k výrobě zmetkového obrobku a to tak, že když by byla vypálena prvně vnější obvodová kontura, která by spadla mírně pod úroveň vrchního povrchu materiálu a potom by se do tohoto tvaru pálily nějaké vnitřní kontury, nebyly by přesně na tom místě, kde by měly být.

Dále se nastaví pořadí pálení na tabuli, v jakém sledu se mají pálit jednotlivé kontury, to znamená, jak se budou jednotlivé díly postupně pálit. Můžu zvolit i tzv. nahodilé pálení, které se používá zejména tehdy, když je na daném dílu více otvorů a je popřípadě rozměrnější, aby se stačil díl ochlazovat. Při přehřívání by se obrobek mohl vydout a následný pálený otvor by už nemusel odpovídat rozměrové toleranci. U menších obrobků se o nahodilém pálení neuvažuje, poněvadž by se svými malými rozměry

neuchladil. Nahodilé pálení se může použít, když z jakéhokoliv důvodu nesmí být využito mikromůstků a hrozilo by vzpříčení odpadu. Tímto by se mohl pálicí stroj stopnout, opatrně vydělat postavený kus a pálit dál, ale na druhou stranu se musí zvážit to, aby při přejezdu pálicí hlavy nehrozilo naražení této hlavy do vzpříčeného obrobku.

U součásti ozubená vačka byla zvolena jako první operace gravírování křížů pro následné určení středu děr pro vrtání, potom pálení vnitřní díry $\varnothing 24,5$ mm a nakonec pálení obvodové kontury. Nahodilý zápal na obrobku nebylo nutné volit, protože je součást malá a pálí se v ní jen jedna díra, takže z tohoto pohledu nehrozí přehřátí.

V rámci modulu Laser se všechny potřebné funkce navolily. Je možné použít i některé z dalších záložek jako například osazení, ale těchto funkcí se ve firmě Atona nepoužívá a na daném výrobku to také není třeba. V této části se dá zvolit i technologie a optimalizace na tabuli, ale nevyužívá se, poněvadž se toto zpracování tvoří až v modulu Nest. Díl ozubená vačka se uloží jako soubor 290200.gmt, kde formát gmt představuje geometrii dílu s danou technologií.

2.3.3. Modul NEST

Tento modul slouží k osazení tabule plechu požadovanými výrobky, a ke zvolení postupu, jak se budou výrobky na tabuli pálit.

Založení nové zakázky

Přes modul NEST se zvolí nová zakázka, která se pojmenuje JS_10N, tato zakázka je vždy ve formátu job. Dále se zvolí cesta, kam se zakázka bude ukládat. Reakcí na zakázku je automatické vytvoření názvu tabule, má stejný název jako zakázka, ale je ve formátu taf a samozřejmě se zvolí, kam se soubor formátu taf bude ukládat. Tím se vytvoří nová zakázka, ale zatím bez jakýchkoliv dat.

The screenshot shows a dialog box titled "Zakázka - název souboru". It has four input fields: "Zakázka" with the value "JS_10M" and a file type indicator "(.job)", "Adresář zakázky" with the value "D:\JS\19.03.08\" and a dropdown arrow, "Název tabule" with the value "JS_10M" and a file type indicator "(.taf)", and "Adresář tabule" with the value "D:\JS\19.03.08\" and a dropdown arrow. There are "OK" and "Přerušit" buttons at the bottom right.

Obr. 2.9 Vytvoření nové zakázky

Zavedení dílu do zakázky

Aby zakázka obsahovala potřebná data, musí se přes zavedení souboru vybrat díl ve formátu gmt, který má být naskládán na tabuli. Dílů, které se mohou načíst do předem připravených oken k osazení tabule může být více, ale v našem případě je to pouze díl 290200.gmt, který byl již vytvořen v modulu Laser.

Definování parametrů dílu

Nyní se musí v zakázce nadefinovat parametry dílu, jako je počet dílů, zadává se zde pouze maximální počet kusů. Rozmezí min. a max. se zejména využívá pro automatické skládání dílů menších rozměrů, aby došlo k efektivnosti využití materiálu. Pokud by se např. na přířez o určité šířce naskládalo požadovaných 50 ks jednoho druhu dílu a zbylo by na přířezu místo ještě pro 2 ks, tak díky nastavenému maximálnímu počtu kusů by se přířez doskládal. Když by nebyl nastaven maximální počet kusů, potom by se volné místo na přířezu pravděpodobně nevyužilo a vyhodilo by se jako odpad. Také se musí definovat otáčivost dílu na tabuli, to se řeší převážně u nerezy, která je povrchově upravená, jako dekor či brus, kde musí být zachován směr brusu na díle. Ale řeší se i u černého materiálu, u něhož musí být respektován směr válcování. Pokud má být zachován směr válcování, může se díl otáčet, ale pouze o 180°. Jeden z důležitých parametrů je i priorita dílu, která se používá u více druhů výrobků a slouží k určení, který druh dílu bude

naskládán (respektive vypálen) jako první, druhý atd. Čím nižší priorita, tím bude díl naskládán dříve. Když by byla priorita u všech dílů stejná, naskládal by si to automat podle sebe. Zpravidla se dává nižší priorita u dílu, u kterého hrozí vzpříčení jak samotného výrobku, tak i odpadu a tím, že bude mít nižší prioritu, bude naskládán hned od počátku tabule, a díky tomu bude moci obsluha po zastavení stroje vzpříčený kus odstranit. V případě, že by priorita byla vyšší, kus by mohl být naskládán až za půlkou tabule. V případě vzpříčení by obsluha musela vejít až do stroje, a tím se výrazně prodlouží pálicí čas. Vzorový díl se zvolí například tehdy, když je díl složitý a jsou potřeba odladit parametry, než se začne s výrobou požadovaného počtu kusů. Tento vzorový díl se odečte z nastaveného celkového počtu kusů, proto se nesmí opomenout navýšit požadovaný počet kusů. Skládá se na začátek tabule (od počátečního bodu), aby byl co nejpřístupnější obsluze, a musí se pálit jako první.

290200.GMT (1/1)

Počet kusů (celkem) Min. = 50 Max. = 1

☐ Načíst nastavení ze souboru GEO

☐ Libovolně otočný Úhel 90.00 Deg.

☒ Poloha více dílů (MTL)

☒ Vhodný pro TwinLine Blok X Y

☐ Skládat díl na rastr

Priorita dílu 5

Vzorový díl 0

Jméno zákazníka Min. Ma

Číslo pracoviště

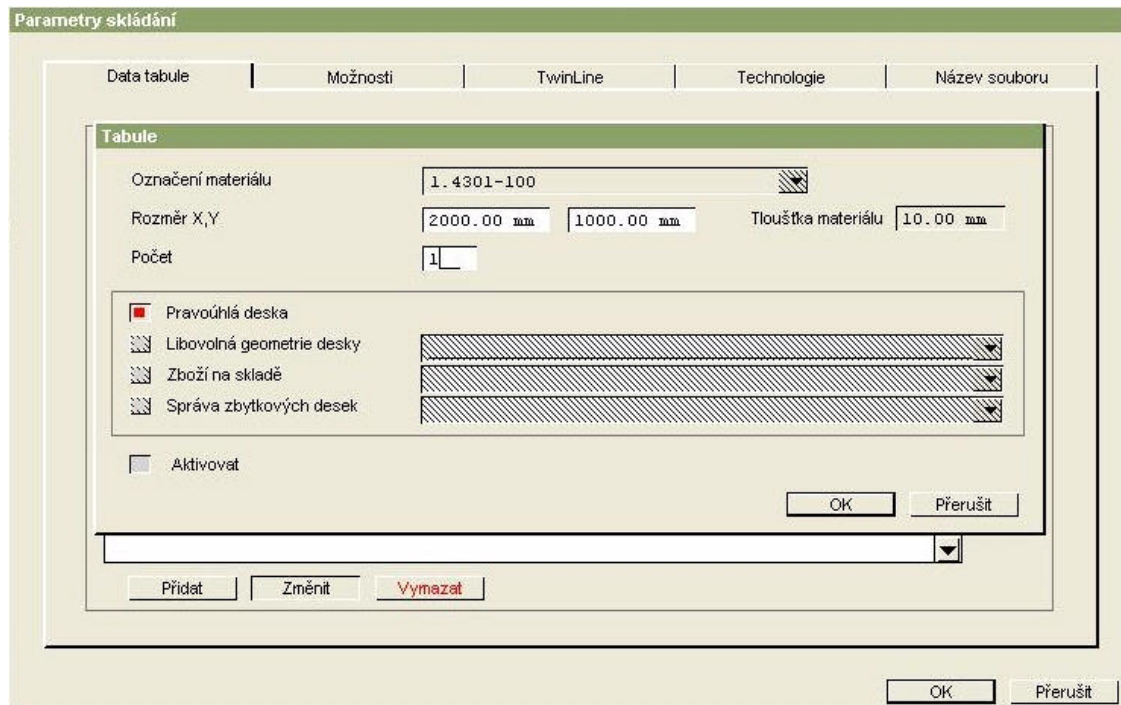
OK Přerušit

Obr. 2.10 Definice parametrů dílu

Zakázka JS_10N bude obsahovat pouze jeden druh dílu o počtu 50 ks, směr otáčení se neomezuje, priorita dílu je standardně ponechána na 5 a vzorový díl není potřeba žádný, protože zakázka se bude opakovat a v případě výroby nějakého zmetkového výrobku by se v další zakázce počet navýšil.

Definice dat tabule (plechu z nerezové oceli EN 1.4301)

Dále se přistoupí k záložce Zakázka, kde se přes parametry skládání zvolí DATA TABLE, kterými jsou rozměry $X = 2000$ mm a $Y = 1000$ mm, takže se jedná o tabuli malého formátu, počet tabulí je 1, poněvadž 50 kusů výrobků se vejde na jednu tabuli a v neposlední řadě se zvolí tvar tabule. Toto je důležité, když by se jednalo například o zbytek kruhového průřezu z nějaké předcházející výroby, aby se přednostně využil. Pro naši zakázku je zvolena tabule malého formátu a tedy se jedná o pravoúhlou desku.



The screenshot displays the 'Parametry skládání' (Layout Parameters) window. The 'Data tabule' (Data Table) tab is active. The 'Tabule' (Table) section contains the following fields and options:

- Označení materiálu (Material designation): 1.4301-100
- Rozměr X,Y (Dimensions): 2000.00 mm, 1000.00 mm
- Tloušťka materiálu (Material thickness): 10.00 mm
- Počet (Quantity): 1
- Shape selection (selected 'Pravoúhlá deska'):
 - ☒ Pravoúhlá deska
 - ☐ Libovolná geometrie desky
 - ☐ Zboží na skladě
 - ☐ Správa zbytkových desek
- ☐ Aktivovat

Buttons at the bottom: Přidat, Změnit, Vymazat, OK, Přerušit.

Obr. 2.11 Definice dat tabule

Možnosti skládání dílů na tabuli

V parametrech skládání se musí ještě navolit možnosti skládání výrobků na tabuli, to znamená, jak daleko budou od sebe obvodové kontury výrobků. Zvolí se minimální odstup dílů mezi sebou na 10 mm. U některých dílů, kde se má dosáhnout větší výtěžnosti materiálu se volí i menší odstup jednotlivých dílů mezi sebou, ale není dobré, aby minimální odstup dílů byl menší jak 5 mm. Definují se také okraje tabule plechu na 10 mm, to znamená že v x-ových souřadnicích zprava i zleva je 10 mm a v y-ových souřadnicích nahoře i dole také 10 mm. U zakázky pro více tabulí, kde je minimální počet dílů menší než maximální, je možnost volby u poslední tabule kompletní naplnění tabule, a tím se tato tabule osadí maximálním možným počtem dílů. Při zatržení volby „Naplnit jinými díly“ je možnost naskládat díly do vnitřní plochy dílu, která by tvořila odpad. Počáteční roh určuje, odkud se začnou díly skládat. Automaticky je to zvoleno v levém spodním rohu pro stoj TC L 4030, pro obsluhu stroje tj. v pravém předním rohu stolu. Samozřejmě je možné zvolit počáteční roh v kterémkoliv ze 4 rohů. Určení směru vláken je důležité převážně u rozměrnějších tabulí. To je, jsou-li formáty rozměrově větší jak 3000 mm x 1500 mm. U těchto formátů může být směr válcování pootočený o 90° oproti směru válcování běžných materiálů, který je ve směru x-ových souřadnic, tj. delší strana tabule.

Pro zakázku JS_10N je použit materiál formátu 2000 mm x 1000 mm a tedy směr válcování je běžný, proto se ponechá směr vláken i směr skládání ve směru x-ových souřadnic, odstupy mezi díly i okraje tabule jsou 10 mm a počáteční roh je nezměněn v levém spodním rohu.

Parametry skládání

Data tabule	Možnosti	TwinLine	Technologie	Název souboru
Minimální odstup dílů: 10.00 mm Okraje desky: ☒ Jednotně: 10.00 mm Vlevo: 10.00 mm Vpravo: 10.00 mm Nahoře: 10.00 mm Dole: 10.00 mm ☐ Převzít jako standard ☐ Plnicí díly jen do výšky krabice ☒ Naplnit poslední tabuli: Kompletní tabul ☒ Naplnit jinými díly ☒ Vytvořit stejné tabule: 80.00 % s min. využitím Počáteční roh: 		Směr vláken: ve směru X Směr skládání: ve směru X Směr skládání (poslední tabule): ve směru Y Přesnost skládání (rastr): Vysoký ☐ Volně definováno: 1.000 mm Profil skládání: Default ☐ Optimalizátor Časový limit (0=žádný): 0s		
OK Přerušit				

Obr. 2.12 Možnosti skládání dílů na tabuli

Společné oddělovací řezy

Záložka TwinLine slouží k aktivaci společných oddělovacích řezů, ale podmínkou je, že společný řez obou součástí musí mít tvar přímky. Z toho vyplývá, že se společné řezy mohou aplikovat u obdélníkových dílů nebo u stejně protilehle tvarovaných „L“ dílů (klavírový pant). U ozubené vačky nelze společné řezy aplikovat. Ostatní parametry skládání pro tuto zakázku není potřeba definovat.

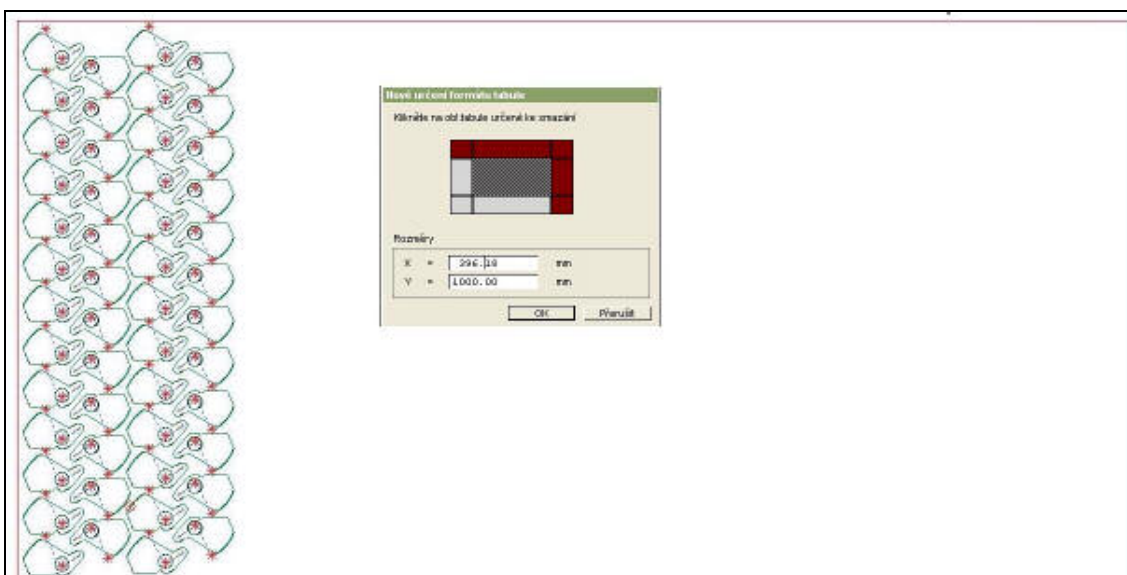
Zbývající záložky jako Technologie, kde se definuje pálicí stroj a Název souboru není třeba definovat, protože je vše definováno již v předcházejících částech.

Vložení prázdné tabule

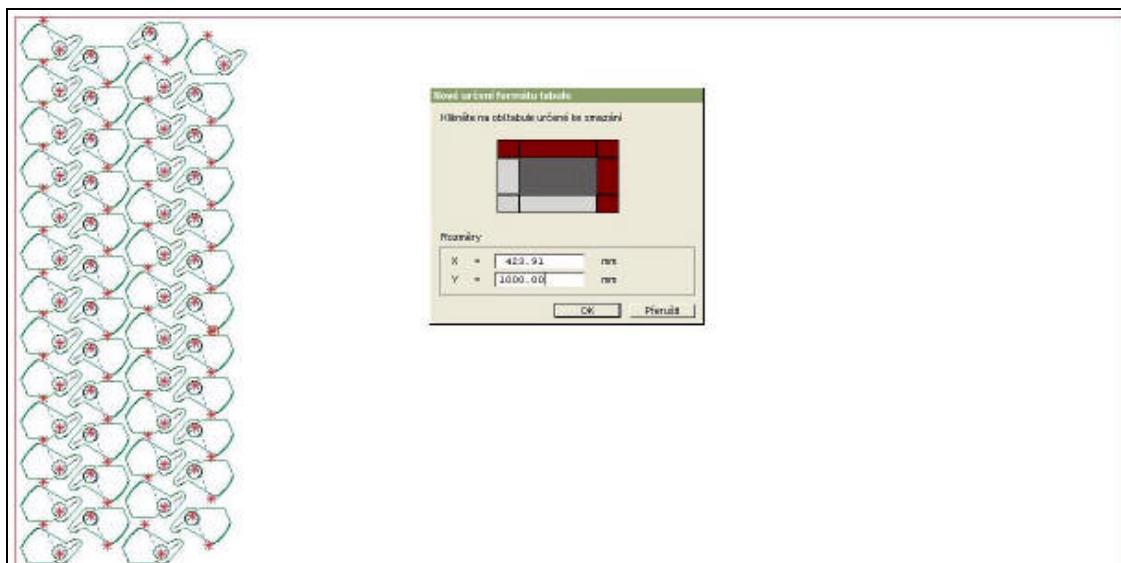
Po nadefinování parametrů skládání se vloží v modulu Nest prázdná tabule, tj. 1 tabule nerezové oceli 1.4301-10 (síla 10 mm) formátu 2000 mm x 1000 mm, tyto parametry byly navoleny v předchozí části v záložce DATA TABULE. V této části se může zadat libovolný počet tabulí.

Skládání dílů na prázdnou tabuli

Nyní se začne s optimalizací respektive se skládáním dílů na prázdnou tabuli. Mohou se zvolit 3 metody skládání a těmi jsou ruční nebo automatické skládání a nebo se díly naskládají automaticky a ručně se upraví. Samotné automatické skládání se využívá podstatně méně zejména proto, že při tomto druhu skládání ve většině případech dochází k horší využitelnosti materiálu, tzn. že stejný počet kusů u automatického skládání potřebuje více materiálu, než u ručního skládání. Konkrétně pro 50 kusů ozubené vačky je potřeba u automatického skládání přířez o šířce 424 mm a u ručního skládání je potřeba přířez o šířce 396 mm. 28 mm sice není velký rozdíl, ale pokud by měla být osazena celá tabule, už by tam mohl být rozdíl značný. Délka přířezu je u obou metod skládání stejná a to 1000 mm, takže zde nehraje žádnou roli.



Obr. 2.13 Ruční skládání dílů

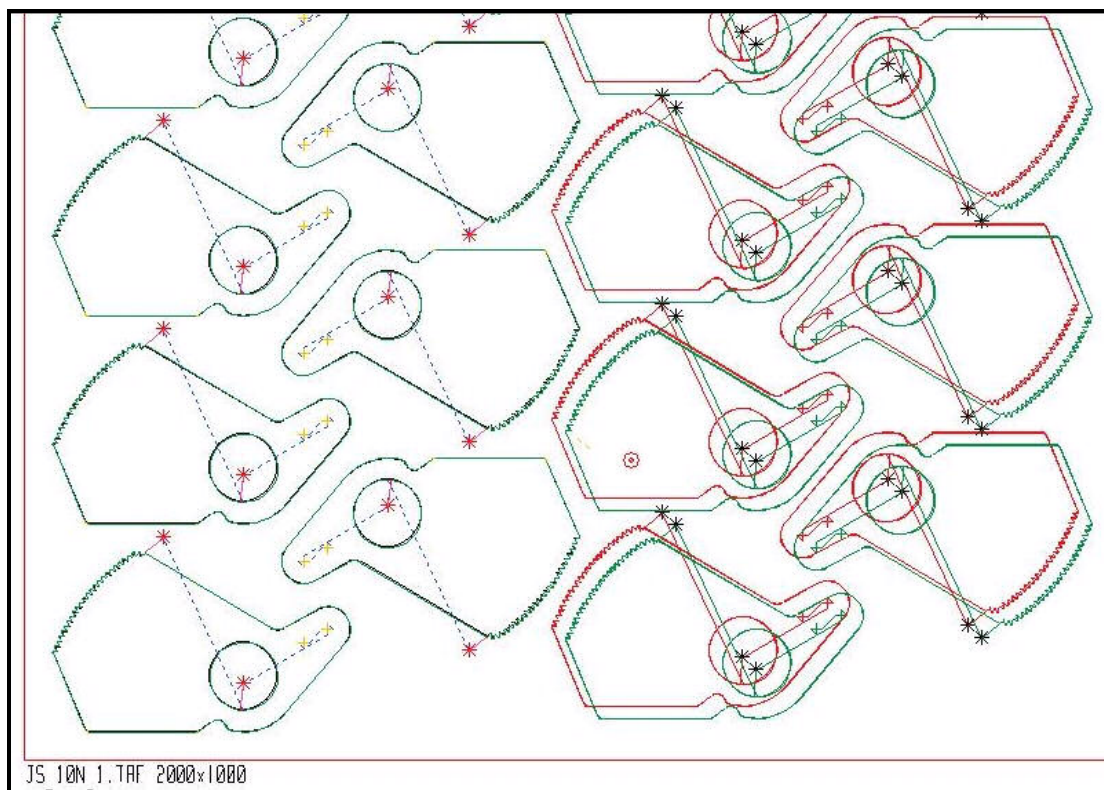


Obr. 2.14 Automatické skládání dílů

Automat by díly mohl naskládat lépe, ale musely by se neustále měnit parametry skládání, než by se dosáhlo požadovaného cíle a z toho vyplývá, že jednodušší metodou skládání je metoda ruční, která je ve firmě Atona ve velké míře využívána, a i pro tuto zakázku je použita a to z toho důvodu, že v tomto případě je ruční skládání dílů nejrychlejší i nejoptimálnější. Prvně se vhodně vloží jeden díl, poté se zkopíruje v kladném směru y-ových souřadnic, aby zaplnil celou šířku tabule, dále se vloží další díl, který se pootočí o 180° a zapasuje se co nejnižěji a nejtěsněji k již vytvořenému sloupci dílů. Tento díl se opět zkopíruje v kladném směru y-ových souřadnic. Nyní se vezmou oba dva sloupce a zkopírují se v kladném směru x-ových souřadnic. Tímto způsobem byla ručně osazena tabule plechu. Když se ručně skládá jeden díl vedle druhého, je mezi nimi zachován nastavený minimální odstup dílů 10 mm. Pokud je minimální odstup přesažen, díl zčervená a nejde na požadované místo vložit.

Automatické skládání a následné ruční přeskládání se využívá, ale jen tehdy, nehrozí-li složité ruční přeskládání automaticky naskládaných dílů, popřípadě přeskládání všech dílů, to by se čas skládání výrazně prodloužil. Tato metoda se volí převážně s ohledem na složitost skládaných dílů, čím více je díl složitější, tím více se od této metody ustupuje. Pokud při skládání dílů nastane problém z předchozího nastavení parametrů skládání, můžou se zde

tyto parametry dílů předefinovat, jako změnit minimální odstup mezi díly nebo otočení dílu a také kopírování dílů. Do těchto parametrů se většinou zasahuje z důvodu co největší využitelnosti materiálu v kombinaci s více druhy dílů.



Obr. 2.15 Přesažený minimální odstup dílů

Uložení osazené tabule

Takto osazená tabule nerezové oceli EN 1.4301, síly 10 mm a formátu 2000 mm x 1000 mm díly ozubená vačka se uloží jako soubor JS_10N ve formátu job. V tomto formátu je zanesena technologie provedená na daných kusech uspořádaných na daném formátu tabule. Automaticky dojde k uložení stejného souboru, ale ve formátu taf, který obsahuje také technologii provedenou na daných kusech, ale pouze pro jednu tabuli. Soubor ve formátu taf se využívá, když je potřeba opravit technologii na daných kusech uspořádaných na daném formátu tabule, tak se tato technologie opraví pouze na požadované tabuli. Když by byly osazené např. 3 tabule, vytvořily by se i 3 soubory ve formátu .taf, tzn. pro každou tabuli by byl jeden soubor. Soubory

by byly rozlišeny koncovým číslem, např. JS_10N_1, JS_10N_2, JS_10N_3. Pokud by se technologie opravovala v souboru ve formátu job a bylo by tam více tabulí, byla by tato práce zdlouhavější a nepřehledná.

2.3.4. Modul Laser

V modulu Laser se zvolí zakázka, kde je už předdefinovaný stroj, tabulka pálení, technologie dílu a je zde provedena i optimalizace dílů na tabuli z modulu Nest a v ní se provede optimalizace dílů na tabuli.

Automatická optimalizace dílů

V této části se zpracovává technologie dílů na dané tabuli, tzn. že se bude definovat, v jakém pořadí se budou díly na tabuli pálit, který díl se bude pálit jako první apod. tj. automatická optimalizace dílu. Při otevření zakázky je automaticky přednastavená technologie pálení a to tak, aby došlo k co nejlepšímu možnému pořadí zpracování dílů na tabuli za co nejkratší čas. Tato automaticky přednastavená technologie pálení se vždy vytvoří při otevření nové zakázky a dá se upravit, ale projeví se až u další nové zakázky.

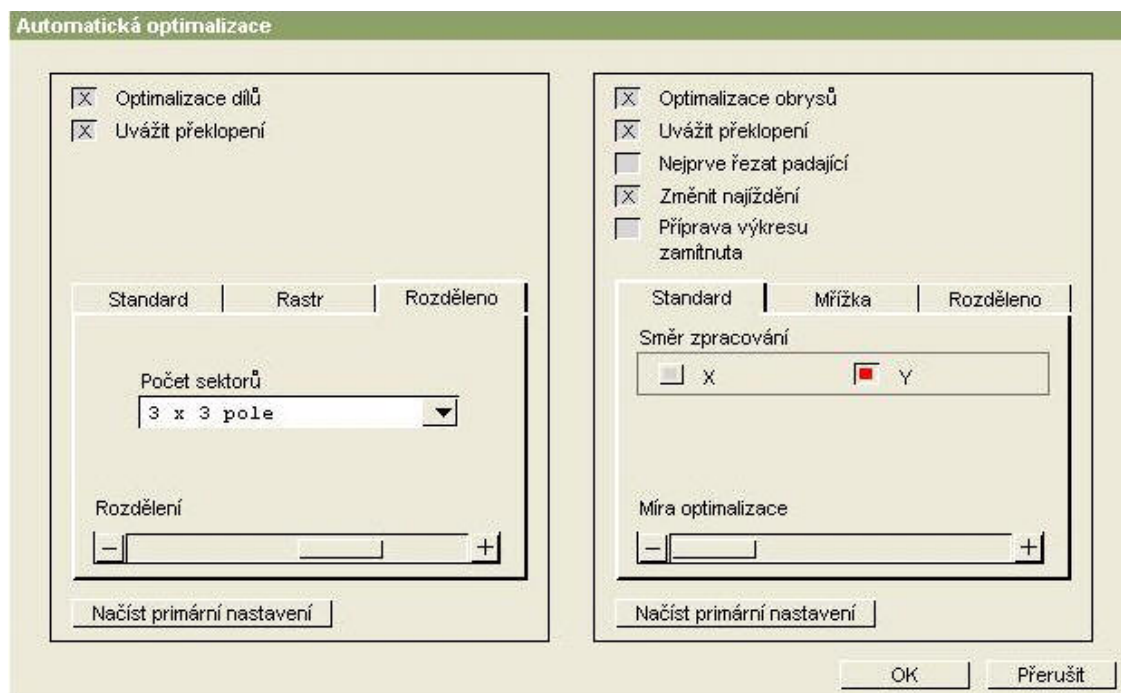


Obr. 2.16 Přednastavená automatická optimalizace dílů

Automatická optimalizace dílů pro zakázku JS_10_N1

Začne se pálit první díl, který je v počátečním rohu, tzn. v nulových souřadnicích tabule posunutých o 10 mm ve směru x-ových i y-ových souřadnic.

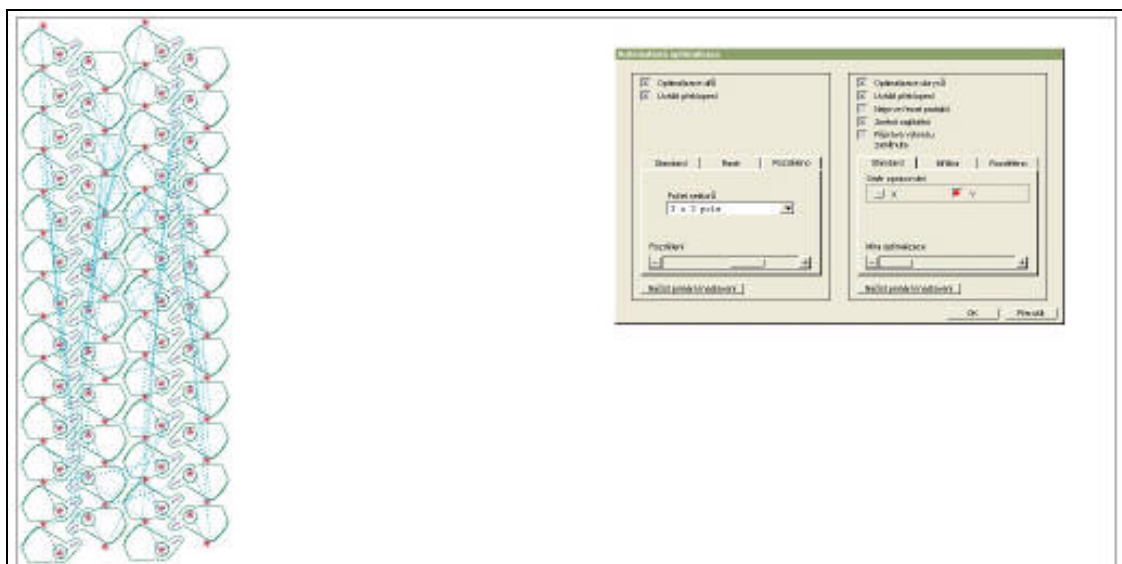
Po vytvoření přednastavené technologie pálení se může změnit pořadí zpracování pomocí automatické optimalizace. Pořadí zpracování mezi díly se optimalizují na levé straně masky a to tak, že se v automatické optimalizaci zvolí optimalizace dílů. Dále se zvolí uvážení překlopení. Pokud se bude brát v úvahu překlopení, potom při optimalizaci pálení bude automat zjišťovat možnost překlopení dílu a tím následnou kolizi. Možnost překlopení se zjišťuje z geometrie dílu, tloušťky materiálu atd. Jakmile automat zjistí možnost překlopení, změní pořadí pálení tak, aby ke kolizi nedošlo. I když je tímto způsobem možnost překlopení minimalizována, automat nebere v úvahu okolní vlivy, jako zahřívání materiálu atd., tudíž k překlopení respektive ke vzpříčení dílu a následné kolizi dojít může, ale jak již bylo zmíněno, je tato kolize alespoň z nějakého hlediska minimalizována.



Obr. 2.17 Automatická optimalizace

Dále se v automatické aktualizaci volí strategie zpracování a tím je buď „standardní“ zpracování, což jsou přejezdy ve směru x-ových souřadnic či směru y-ových souřadnic s nejkratšími přejezdy nebo zpracování pomocí „mřížky“, což je zpracování podle vypočtené mřížky dle nastavených kritérií, tzn. např. přejezdy jsou nastaveny ve směru y pro jeden sloupec, kde není brán ohled na co nejkratší polohovací dráhu. Zpracování pomocí režimu „rozděleno“, je tepelně optimalizované rozdělení prostřednictvím výběru sektorů. Výrobky jsou rozděleny do určitého počtu sektorů a čím větší bude rozdělení, tím se bude více střídat pálení dílů mezi jednotlivými sektory a tím se i prodlouží čas pálení. Sektory jsou rozděleny na sloupce a řádky, takže „3x3 pole“ znamená, že sektor má 3 sloupce a 3 řádky.

U zakázky JS_10N_1.taf hrozí přehřívání dílů, proto je z hlediska přehřívání i nejkratších přejezdů zvolena optimalizace dílů, zamezení překlopení dílů, zpracování pomocí režimu „rozděleno“ na sektory 3x3 pole a rozdělení je ve dvou třetinách, to určuje, jak moc se bude přejíždět mezi jednotlivými sektory.



Obr. 2.18 Automatická optimalizace dílů pro zakázku JS_10N_1.taf

Pořadí zpracování uvnitř dílů se optimalizují na pravé straně masky automatické optimalizace, ale potřebné funkce se navolily již dříve v modulu

Laser v části „Zpracování optimalizace výrobku“ při vytváření souboru 290200.gmt, tudíž se zde nic nemění.

Oddělovací řez

Optimalizace dílů je tímto nastavena a tudíž se musí zvolit oddělovací řez, tzn. že se oddělí odpad s vypálenými díly od zbytkového materiálu, aby se mohl lépe skladovat. Pokud by byla zpracována celá tabule, potom by samozřejmě žádný oddělovací řez nebyl nadefinován. Oddělovací řez se vytváří tak, že se nakreslí pomocná čára, která se dotýká nejvzdálenějších dílů popřípadě dílu a je rovnoběžná s osou y. Od této pomocné čáry se naznačí 10 mm vzdálená druhá pomocná čára ve směru od výrobků. Nyní se pomocí tabulky nadefinuje manuální oddělení a svislý oddělovací řez, potom se označí vzdálenější pomocná čára od výrobků, a tím je tento oddělovací řez nastaven. Ve většině případů se dělá v pravoúhlém souřadném systému z důvodu lepší skladovatelnosti, skládání dílů, odměřování počátku, atd. Ale vždy tomu tak být nemusí, naznačí se dle potřeby.



Obr. 2.19 Oddělovací řez

Vytvoření NC programu

Posledním důležitým krokem pro vytvoření zakázky je vytvoření NC programu této zakázky.

a) Nastavení NC programu

Jako první krok se nastaví název NC souboru JS_10N_1.LST, adresář NC souboru, kde bude soubor uložen, program je JS_10N_1. V případě, že by bylo více programů, napsalo by se za 1 další pořadové číslo 2, 3, 4 atd. dle počtu programů. Nadpisem NC souboru je myšlen určitý upřesňující popis, firma je Jiří Šebela, popřípadě je to externí zákazník a operátor JS jsou iniciály programátora, který program zpracoval.

Obr. 2.20 Nastavení NC programu

b) Parametry NC programu

V parametrech NC programu je důležité zatrhnout položku „Uložit TMT“, která zajistí uložení tabule s danou technologií do souboru formátu tmt. Tento soubor se využívá k jakékoliv následné technologické úpravě, třeba při nevhodně zvolených zápalech na tabuli. Pokud by soubor formátu tmt

neexistoval, technologie by nešla opravit a musela by se tato technologie znovu navrhnout. Ostatní položky jsou automaticky přednastaveny, obsahují základní parametry, jako okamžité spuštění přenosu NC souboru atd.

Vytvoření NC programu

Nastavení | **Parametry** | Sled | Poloha plechu | Nastavovací plán

Grafické zobrazení

- ☐ Zpracování
- ☒ Číslování
- ☒ Info tabule

☒ Uložit TMT

☒ Výstup technologických tabulek s programem

Počet programových cyklů: [1]

Délka stroje-mikromůstek: [0.00] mm

☒ Propojení čísla podprogramu a hlavního programu

Číslo podprogramu: [1]

☒ Soubor NC přepsat bez varování

☐ Program následného zpracování NC

☒ Okamžitě spustit přenos NC

Dynamický stupeň: [0, standard]

OK Přerušit

Obr. 2.21 Parametry NC programu

c) Sled NC programu

V záložce „Sled“ jsou natažená data z pracovního předpisu a optimalizace. Pokud je vše správně zvoleno z dřívějšího nastavení, nemusí se zde už nic měnit.

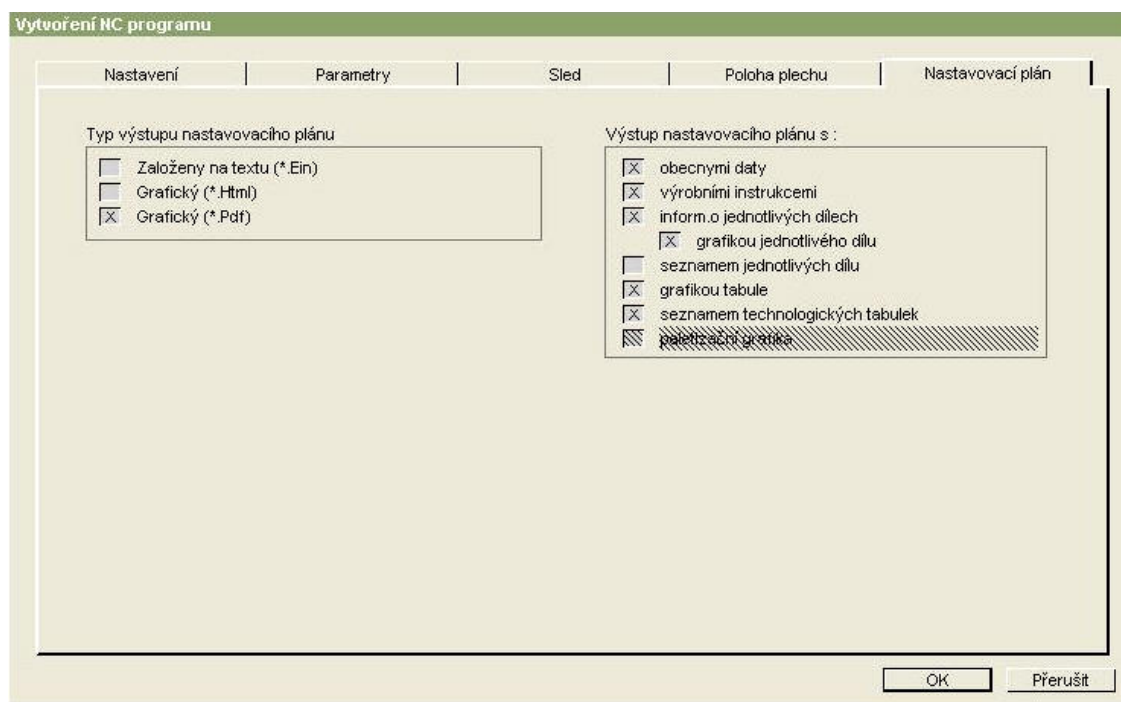
d) Poloha plechu NC programu

V záložce „Poloha plechu“ je možnost volby, zda se bude zjišťovat poloha plechu pomocí detekce. Tato volba se volí při potřebě zjištění přesné polohy plechu z důvodu osazení výrobků až do jeho okraje, tzn. okraj tabule plechu není 10 mm, ale třeba jen 5 mm a nebo se jedná jen o rozdělení plechu, tzn. že pálicí hlava musí pálit od jednoho okraje plechu k druhému, a to v pravoúhlém souřadném systému. V tomto případě tomu tak není, proto není potřeba plech zaměřovat, a tak se zvolí volba neproměřovat. Nakládání tabulí plechů je ve firmě Atona pouze manuální, pokud by zde bylo volitelné

nakládací příslušenství, tabule plechu by se mohla naložit na stůl automatizovaně. Je tu i možnost zvolení automatické výměny palety (stolu), ale to se zde nevolí, tato výměna palet se nechává na obsluze, aby si to zvolila až na stroji dle své úvahy.

e) Nastavovací plán NC programu

V „Nastavovacím plánu“ se volí to, co má být součástí tištěné podoby nastavovacího plánu. To znamená, že nastavovací plán bude uložen do formátu pdf a součástí tištěné podoby budou obecná data týkající se názvu programu, materiálu atd., výrobní instrukce, informace o jednotlivých dílech s grafickým zobrazením jednotlivých dílů a dále zde bude zobrazena grafika tabule a seznam technologických tabulek. Grafické zobrazení jak dílů tak i uspořádání výrobků na tabuli je vždy přínosem pro obsluhu stroje.



Obr. 2.22 Nastavovací plán NC programu

Přenos NC programu na server

Po těchto úkonech se přenesou data NC souboru, respektive soubor JS_10N_1.LST do cílového adresáře a tím je ve firmě Atona na serveru „L“ adresář atona. Server „L“ je určen pro zakázky, které se mají realizovat na stroji TC L 4030 a z tohoto místa si obsluha nahraje data do stroje. Pokud by to byla zakázka pro externího zákazníka, byl by na serveru vytvořen adresář s iniciálami zákazníka do kterého by byl přenesen požadovaný soubor. Soubor JS_10N_1.LST se na server zkopíruje, aby tento soubor zůstal i ve zdrojovém adresáři pro případnou potřebu. Tímto je vytvořen kompletní NC program. Před ukončením vytvoření zakázky se musí vytisknout do listinné podoby nastavovací plán uložený ve formátu pdf pro obsluhu stroje a pro mistry výroby.

2.3.5. Rekapitulace

Nejdříve se provede tzv. přenos dat v elektronické podobě z formátu dxf do formátu geo, jedná se tedy o část geometrickou. Dále se provede technologická činnost, tzn. že se provede příprava technologie na daném výrobku a následná optimalizace technologie na daném výrobku. Dále se založí nová konkrétní zakázka s definicí všech příslušných parametrů, ať už parametrů materiálu, technologie či geometrie. Potom se přistoupí k optimalizaci dílů na zvoleném formátu tabule plechu, vytvoří se NC program, tento program se vygeneruje, přenesou se vygenerovaná data do příslušného adresáře a provede se vytištění do listinné podoby. Závěrem této kapitoly lze říci, že činnost přípravy výroby dílu je velmi důležitá pro správné zhotovení zakázky.

2.3.6. Zhodnocení technologické přípravy výroby

Před samotnou výrobou je k dispozici v listinné podobě definice nastavovacího plánu (viz. Příloze 4), kde jsou jednotlivé obecné údaje o vyráběné součásti.

Obecné údaje

Jednak se musí zkontrolovat, zda je správně nadefinovaný pálicí stroj TruLaser 3040 → TC L 4030, typ (1.4301-100), síla (tl. 10 mm) a rozměr materiálu (2000 mm x 1000 mm). Dále je zde uveden systém řízení Sinumerik 840D, cesta uloženého programu, díky které ví obsluha, odkud si má nahrát data do pálicího stroje. Vyčte se zde také minimální přířez a hmotnost přířezu, který je potřeba na výrobu 50 ks obrobků.

Strojní čas 34,78 minut je velmi důležitý údaj pro kalkulaci výrobní/prodejní ceny jednoho dílu, dále pro plánování výroby a pro usměrnění počtu pálicích programů na jednu směnu. Tento strojní čas je sestaven z časů samotného pálení, přejezdů, polohování a manipulace při dané výrobě, ale tento strojní čas neodpovídá reálnému času. Ve firmě Atona se strojní čas pálení pohybuje kolem 65% až 70 % času reálného, závisí to na sériovosti výroby, obsluze a podobně.

Celková délka řezu 23196,5 mm se ve firmě Atona ke kalkulaci výrobní ceny dílu nepoužívá, poněvadž v této řezné délce není zohledněna složitost kontur dílu, druh zpracování (redukované pálení, chlazení rohů atd.), přejezdy, polohování a další parametry. Díky tomu by výpočet výrobní ceny dílu nebyl objektivní. V jiných firmách, kde se pálí pouze jednoduché kontury dílu, se výrobní cena dílu může kalkulovat z délky řezu.

Prořez udává procentuální využití materiálu. Z toho vyplývá, že z něj zjistíme kolik procent materiálu tvoří odpad. V tomto případě je prořez 89,95%, a tedy odpadová část materiálu tvoří 10,05%, to je výborné využití materiálu. Pokud by vycházelo velké procento odpadového materiálu, musela by se tabule plechu osadit i jinými druhy výrobků, pokud by to tedy bylo možné, a tím se zvýší procentuální využitelnost. Prořez, respektive procentuální využití snižuje cenu výrobku.

STROJ:	TruLaser 3040 (L4030) (MAX.VYKON LASERU 4000 WATT)
SYSTEM RIZENI:	Sin 840D
FIRMA:	Atona
NAZEV ZAKAZKY:	JS_10N
NAZEV PROGRAMU NC:	D:\JS\19.03.08\JS_10N_1.LST
NAZEV PROGRAMU:	JS_10N_1 ()
MATERIAL (DESKA):	1.4301-100 (VA)
MATERIAL (TT):	1.4301-100 (VA)
OZNACENI SKLADOVANEHO MATERIALU:	
PRIREZ:	2000.00 x 1000.00 x 10.00 mm
MINIMÁLNÍ PØÍØEZ:	396.18 x 1000.00 mm
SMER VÁLCE:	Y
HMOTNOST:	158.00 kg
STROJNI CAS	0 : 34 : 49 [h:min:s]
POTREBA PAMETI:	12755 ZNAK
CELKOVA DELKA REZU:	23196.5 mm
POCET PROGRAMOVYCH CYKLU:	1
PROREZ:	89.95 %

Obr. 2.23 Obecné údaje

Technologická tabulka

V technologické tabulce je uvedeno číslo tabulky, mezera řezu, ohnisková vzdálenost čočky, tryska, maximální výkon laseru, seřizovací rozměr, druh plynu a druh řezání. Číslo tabulky T2D-5122 bylo zmíněno v kapitole „Technologická příprava výroby“. Mezera řezu 0,3 mm představuje rozměr mezi hranou výrobku a hranou odpadu po vypálení dílu. Ohnisková vzdálenost čočky 7,5“ určuje, jakou pálicí hlavou se má výrobek pálit. Tryska Ø2,3 mm udává, jaký průměr trysky musí být upnut na řezací hlavě. Maximální výkon laseru je 4000 W a seřizovací rozměr je –7,5“. Druh plynu má index 2 a tento index je označován jako dusík. Pro pálení nerezů se musí používat dusík. Další pálicí plyny jsou kyslík a stlačený vzduch, ale těmito plyny se nerez nepálí. Druhem řezání je myšleno to, jak budou jednotlivé části řezu probíhat. Pro gravírování se použilo řezání pomocí značení. Řezací parametry jsou brány z velkého obrysu, které jsou nastaveny v Laserové tabulce T2D-5122 (viz. Příloha 3). pro obvodovou konturu. U vnitřní kružnice byl zvolen velký obrys, kde druhem řezání je redukovaný řez, který přechází v řez normální.

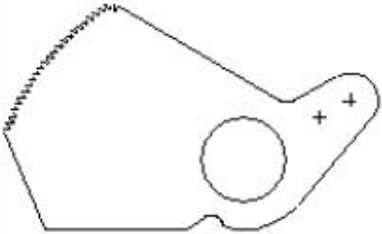
LASER-TECHNOLOGICKE TABULKY						
CISLO TABULKY	MEZERA REZU	OHNISKOVA VZDALENOST COCKY	PRUMER TRYSKY	MAX. VYKON LASERU	SERIZOVACI ROZMER	PLYN
T2D-5122	0.30	7.50	2.3	4000	-7.50	2
Druh plynu: 1 = kyslík, 2 = dusík, 4 = stlačený vzduch						

TECHNOLOGICKE TABULKY			
CISLO	DRUH VPICHOVANI	DRUH REZANI	DRUH OBRYSU
T2D-5122	KOMPLETNI	ZNACENI	VELKY
T2D-5122	KOMPLETNI	REDUKOVANE	VELKY
T2D-5122	KOMPLETNI	NORMALNI	VELKY

Obr. 2.24 Technologické tabulky

Informace o jednotlivých dílech

Informace o jednotlivých dílech slouží převážně pro obsluhu pálicího stroje. Číslo dílu (1) slouží k identifikaci jednotlivých dílu a toto číslo je uvedené i na dílu, který je naskládán na tabuli, je to důležité, pokud je na tabuli více druhů výrobků podobných rozměrů a je třeba je od sebe rozlišit. Číslo (290200) a název výkresu (Ozubená vačka) je převzatá identifikace z výkresu v listinné podobě. Počet kusů (50 ks) informuje obsluhu pálicího stroje, kolik kusů musí být vyrobeno. Pokud by bylo z jakéhokoliv důvodu vyrobeno méně kusů, vznikly nějaké zmetkové výrobky, musí to obsluha poznamenat do průvodky. V tomto případě průvodka použita nebyla. Pokud je to možné, počet zmetkových kusů se vypálí ihned po skončení toho cyklu. Rozměr obrobku 65,062 mm x 107,764 mm představuje maximální rozměr ve směru x a y souřadného systému. Tento rozměr nemusí být přesný, protože se v něm může projevit i délka zápalu, která bývá ve většině případů 5 mm. Oproti tomu plocha 4019,61 mm² přesně odpovídá povrchu výrobku. Doba zpracování (0,65 min.) a řezná délka (443,376 mm) jednoho dílu není podstatná, může sloužit pouze jako informativní hodnota pro výpočet ceny jednoho dílu, ale prodejní cena jednoho dílu se musí počítat z již zmiňované celkové doby zpracování popřípadě z celkové řezné délky, protože je v nich započítána doba odřezu, respektive je to objektivnější hodnota. Ostatní informace jako např. hmotnost a další data se ve firmě Atona běžně nevyužívají.

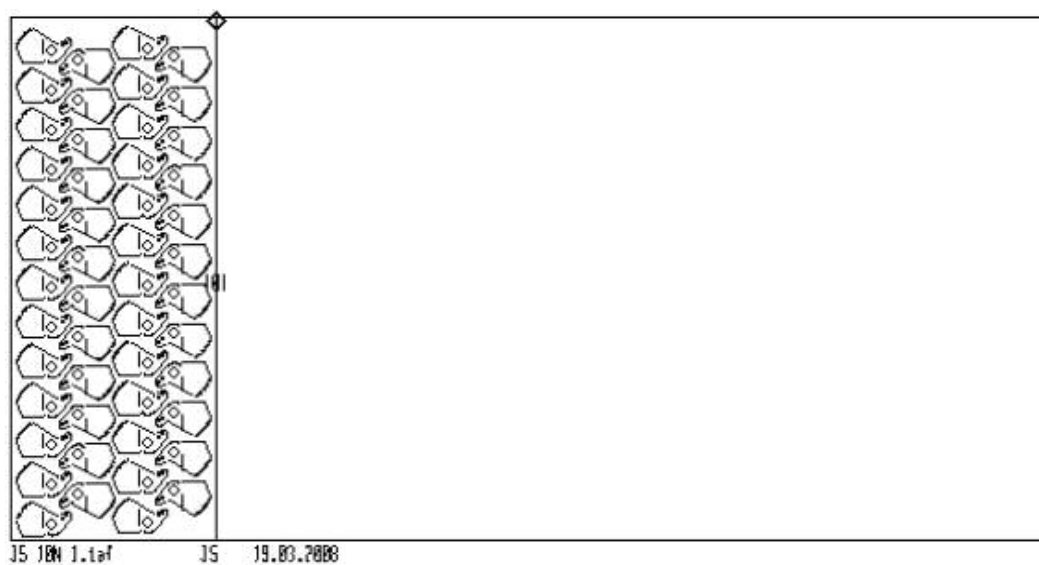
INFORMACE O JEDNOTLIVÝCH DÍLECH		
	CISLO DILU:	1
	CISLO VYKRESU:	290200
	NAZEV VYKRESU:	Ozubena vacka
	JMENO ZAKAZNIKA:	none
	POCET:	50
	ROZMERY:	65.062 x 107.764 mm
	PLOCHA:	4019.61 mm ²
	NAZEV PRACOVNIHO PREDPISU:	T2D-5122-5P
	CISLO PODPROGRAMU:	SP1JS_10N_1
	DOBA ZPRACOVANI:	0.65 min
	REZNA DELKA:	443.376 mm
	HMOTNOST:	0.318 kg
	POCET VPICHOVACICH BODU:	2
	DOBA ZAPICHOVANI:	4.00 s
	NAZEV GEOM:SOUBORU	D:\JS\19.03.08\290200.GMT

Obr. 2.25 Informace o jednotlivých dílech

Grafické zobrazení dílů na tabuli

V poslední tabulce je graficky zobrazeno rozvržení kusů na tabuli. Toto rozvržení slouží pro obsluhu, aby věděla, jak jsou kusy poskládané a podle toho by mohla popřípadě zabránit kolizi laseru nebo zefektivnit výrobu. V případě, že by se nepálilo z celé tabule, ale pouze ze zbytku plechu, který je větší a nebo se rovná minimálnímu přířezu, potom podle této grafiky víme, na kterou osu máme dát delší stranu přířezu. Osa x se rovná delší straně stolu a osa y se rovná kratší straně stolu. Obsluha se také může orientovat dle rozměru minimálního přířezu a to tak, že první hodnota rozměru odpovídá ose x a druhá hodnota rozměru odpovídá ose y.

Obecné údaje nastavovacího plánu jsou zhodnoceny před zadáním zakázky do výroby a jsou důležité jako podklad pro plánování výroby, pro využití kapacity stroje a pro kalkulaci ceny výrobku. Po zhotovení zakázky slouží k následnému zhodnocení ekonomiky výroby.

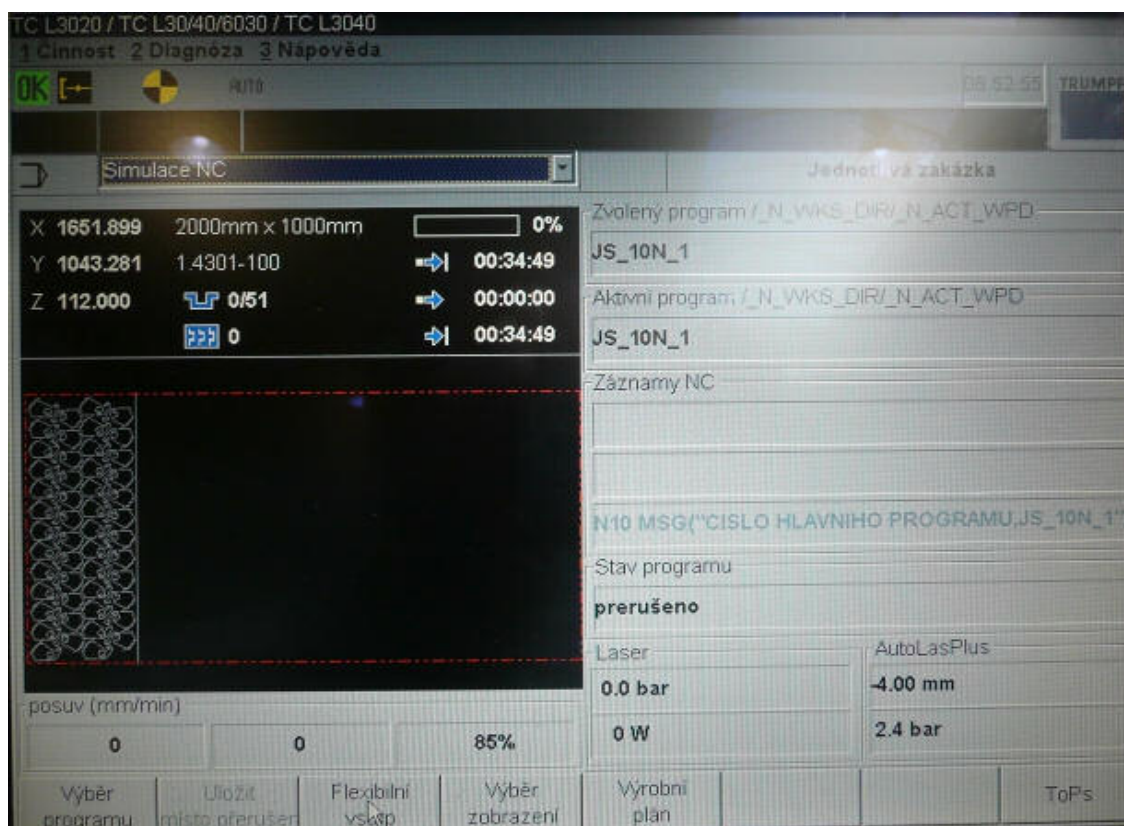


Obr. 2.26 Grafické zobrazení dílů na tabuli

2.3.7. Samotná výroba

Podkladem pro samotnou výrobu je nastavovací plán, respektive papírová podoba NC programu, kterou má k dispozici obsluha laseru. V papírové podobě NC programu, jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, jsou uvedeny údaje potřebné pro zahájení výroby.

Nejprve se musí v pracovním režimu manuálně upnout 7,5" pálicí hlava a nasadit tryska o $\varnothing 2,3$ mm. Obsluha stroje načte z příslušného adresáře NC program, na displeji laseru se zobrazí pod příslušným názvem samotný NC program a zkontroluje, zda si program správně načetl příslušnou tabulku T2D-5122 a druh pálicího plynu (dusík).



Obr. 2.27 NC program

Naložení tabule plechu

Nyní se na nakládací/vykládací stůl naloží tabule plechu z materiálu EN 1.4301, o rozměrech 2000 mm x 1000 mm a síle 10 mm. V tomto případě se plech naloží na doraz zářezek. Po naložení plechu se z důvodu bezpečnosti a uskutečnění dalšího kroku uzavře světelná závora. Stůl se po uzavření závory automaticky natáhne do pracovní pozice.

Poněvadž je plech ustaven na doraz, nemusí se zaměřovat. Zaměřování by muselo nastat v případě, že by plech byl osazen výrobky až do samotných okrajů a díky tomu by musela být zjištěna přesná poloha plechu, aby nedošlo k výrobě zmetkových kusů. V případě nutnosti respektive pokud si laser nepamatuje nulovou polohu v ose z, ta slouží k určení polohy povrchu materiálu, potom se pomocí pálicí hlavy detekuje nulový bod pomocí odměřovacích bodů, které jsou připevněny na paletě. Tato detekce se provádí automaticky nezávisle na obsluze.

Samotné pálení 1.dílu

Tlačítkem start se spustí samotné pálení laserovým paprskem. Při pálení se na ovládacím panelu otočným potenciometrem dle zkušeností obsluhy může doladit procentuálně rychlost pálení, v našem případě je nastavená rychlost z pracovního předpisu na 0,840 m/min a snižená potenciometrem na 90%. Tento potenciometr zvyšující i snižující nastavenou rychlost nahrazuje tabulku ve které se tato rychlost také mění, ale pro svou jednoduchost a rychlost používá obsluha převážně potenciometr. Tlak řezacího plynu je nastaven z pracovního předpisu na 20 barů a druhým otočným potenciometrem je tlak řezacího plynu nastaven na „I“, tudíž tlak zůstává stejný. Tento potenciometr slouží na jemné a rychlé doladění tlaku řezného plynu, stejně jako potenciometr na doladění rychlosti. Focus je z pracovního předpisu nastaven na -7,5 mm.

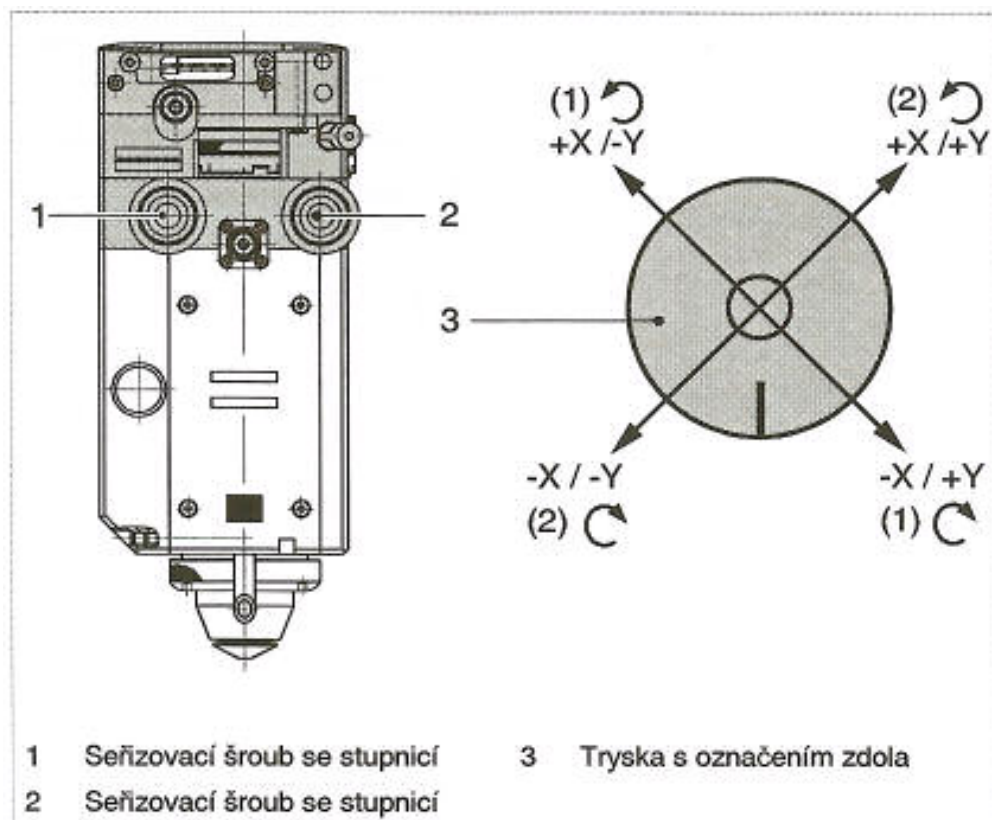


Obr. 2.28 Potenciometr pro úpravu rychlosti a potenciometr pro úpravu tlaku plynu

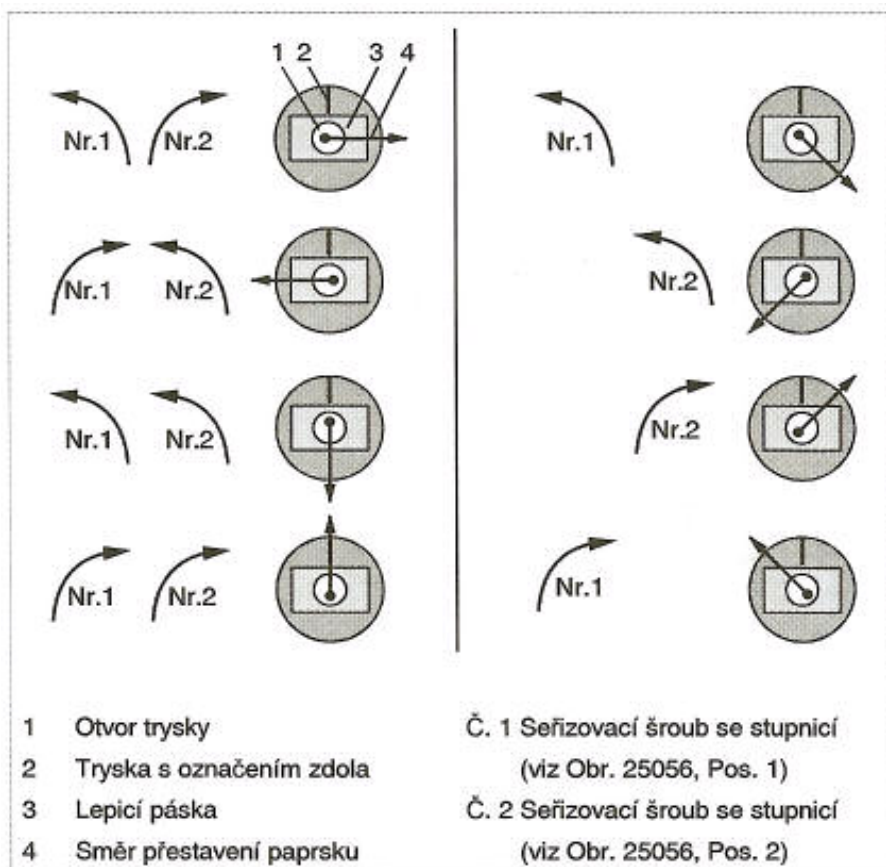
Po vypálení prvního kusu se program ručně zastaví, vytáhne se vypálený výrobek pomocí ochranných pomůcek a zkontroluje se, zda není na spodní části výrobku struska, hrubost řezu, úplnost vypálení a kvalita gravírování. Úplností vypálení je myšleno vypadnutí vnitřního kruhového odpadu z výrobku a oddělení výrobku od zbytku tabule plechu. Výrobek neměl požadovanou kvalitu, na spodní straně obrobku je ořep, a tak se zkontrolovala poloha paprsku při průchodu tryskou respektive vystředění paprsku v trysce.

Vystředění paprsku v trysce

Do paměti se nahrál program s názvem CP_TAPESHOT, který obsahuje parametry pro vystředění paprsku. Spuštěný program vypálí do průhledné lepicí pásky díru. Lepicí páska je nalepená na otvoru trysky. Pomocí této díry v průhledné lepicí pásce se zjistí poloha paprsku a pomocí seřizovacích šroubů a pomocného obrázku se paprsek vystředí tak, aby byl otvor v lepicí pásce soustředný s otvorem trysky. Na pomocném obrázku je zobrazen příklad vypálení díry a možnost opravy. V levé části obrázku se musí pohybovat oběma šrouby současně, v pravé části se šrouby pohybuje jednotlivě. Pohnutí paprsku ze středu průměru trysky dochází při vyčištění popřípadě výměně fokusační čočky a někdy i při výměně řezací hlavy, ale nedochází k tomu při každé výměně řezací hlavy, a tudíž se nastřeluje jen při neodpovídající kvalitě výrobku. Při manipulaci s fokusační čočkou se vystředít paprsek musí vždy.



Obr. 2.29 Řezací hlava, seřizovací šrouby a tryska ¹⁶

Obr. 2.30 Pomocný obrázek k vystředění ¹⁶

Samotné pálení 2. dílu

Po vystředění paprsku se vypálí druhý kus a znovu se zkontroluje kvalita výpalku. Opět není kvalita dostačující, aproto se musely doladit jednotlivé parametry, které jsou přednastaveny v laserové tabulce T2D-5122 (viz. Příloha 3) a těmi jsou rychlost pálení, tlak řezného plynu, focus a průměr trysky. Rychlost se zvýšila otočným potenciometrem na 95% rychlosti z pracovního předpisu, tlak řezného plynu se snížil na 17 barů, focus se snížil na -10 mm a průměr trysky se změnil na 2,7 mm. Tyto parametry se volí dle zkušeností obsluhy stroje a také metodou pokus omyl. Znovu se spustilo pálení, ale stále docházelo k samovolnému přerušování pálení, a tak se otočným potenciometrem snížil tlak na cca 16 barů a poté už pálení probíhalo bez potíží. Díky doladění tlaku řezného plynu nebyl druhý výpalek znovu s požadovanou kvalitou, ale další výpalek již požadované kvalitě odpovídal.

To, zda odpovídá či neodpovídá výrobek kvalitě hodnotí obsluha dle svých zkušeností respektive obsluha ví, jaké kvality řezu stroj TC L 4030 je schopen dosáhnout.

Konečné schválení výrobku provede pracovník technické kontroly firmy Atona. Celkový čas pro vypálení jednoho výrobku je 0,79 min.

Samotné pálení ostatních dílů

Průběh pálení se kontroloval jen vizuálně a to tak, že pokud byl výpalek správně vypálen, nepatrně spadl pod úroveň povrchu tabule plechu. Tabule plechu je položena na roštech, které jsou zasunuty ve stole a při pálení dochází k vyhřívání plechu, a tedy k průhybu nad rošty, tím po vypálení spadne výpalek pod úroveň povrchu tabule. Při správném vypálení také vypadne kruhový odpad z díry Ø24,5 na pojízdný pás.

Po vypálení 50 ks se zbytek materiálu oddělí oddělovacím řezem, který byl nastaven v technologické přípravě výroby. Program se ukončí a vymění se poloha stolu z pracovní pozice do pozice vykládací a vypálené výrobky se složí do připravené krabice, nerezový odpad se složí do šrotu a zbytek tabule z nerezové oceli EN 1.4301 se uloží do skladovacího regálu k dalšímu zpracování.

Závěr kapitoly

Jak vyplývá z předcházejících kapitol, je nutné k požadavku „Vyrobit konkrétní díl“ přistupovat vždy individuálně a posoudit jeho vyrobitelnost vždy z komplexního hlediska (posouzení geometrie výrobku, materiálu, technologie-možnost zpracování na konkrétním laseru).

Současně je nutné konstatovat, že průběh celé přípravy a výroby dílů je poměrně dosti náročný na kvalifikovanost pracovníků a téměř v každé fázi průběhu zakázky je možné nekvalifikovaným zásahem či nepozorností způsobit nekvalitní finální produkt či nepoužitelný zmetek.

Výhodou výroby daného dílu laserovou technologií je jeho menší časová náročnost výroby v porovnání s konvenční technologií. Nevýhodou je naopak

vysoký požadavek na kvalifikovanost pracovní síly a poměrně vysoké investiční náklady na pořízení nekonvenčního stroje laser TC L 4030. Další nevýhodou výroby dílu laserovou technologií je ta skutečnost, že ne vždy lze touto technologií vyrobit (vypálit) všechny kontury na daném výrobku, např. minimální hodnoty pálení děr vzhledem k síle materiálu.

3 BEZPEČNOST PRÁCE PŘI POUŽITÍ LASERU ¹⁶

Stroj TC L 4030 odpovídá nejnovějšímu stavu techniky a je provozně bezpečný. Velmi důležité jsou body, které se týkají pokynů o zabezpečení vůči ozáření a o nebezpečných látkách vznikajících při obrábění laserem.

3.1 Vymezení pojmů

Nebezpečná zóna	... jedná se o oblast v okolí stroje, kde je ohrožena bezpečnost nebo zdraví osob, jež se v této oblasti zdržují.
Uživatel/provozovatel	... je osoba, na jejíž provozním areálu je zařízení instalováno a provozováno.
Obsluhující/personál	... jsou osoby pověřené přepravou, instalací, uváděním stroje do provozu, provozem, údržbou včetně čištěním a odstraňováním poruch stroje.

3.2 Bezpečnost provozu

Zařízení odpovídá současnému stavu techniky a je provozně bezpečné. Pokud je zařízení nesprávně či neodborně použito, mohou nastat tyto problémy: - Ohrožení bezpečnosti obsluhy.

- Poškození stroje a dalších věcných hodnot uživatele.
- Omezení efektivní práce stroje.

3.2.1 Správné použití zařízení

Správné použití zařízení znamená dodržení podmínek instalace předepsané výrobcem a provedení údržbářských prací. Instalace zařízení a provoz musí být v souladu s příslušnými platnými, národními předpisy v zemi uživatele, za něž odpovídá uživatel.

Je zakázáno řezání umělých hmot laserem, svévolné změny a přestavby zařízení prováděné uživatelem nebo obsluhou a jakýkoliv způsob provozu, který by mohl omezit bezpečnost stroje.

Jakékoliv jiné použití se považuje za neodborné. Za věcné škody a škody na zdraví z toho plynoucí výrobce neručí; riziko nese uživatel sám.

3.2.2 Opatření určená pro uživatele/obsluhu

3.2.2.1 Výstražné štítky a výstražné pokyny

Při provozování zařízení se mohou provést úkony, které mohou být zdrojem nebezpečí. K provedení těchto úkonů je obsluha varována výstražným upozorněním a kromě toho se na zařízení nacházejí příslušné výstražné štítky. Dodržování zákazů a příkazů obsažených ve výstražných pokynech, slouží k naší bezpečnosti. Výstražné pokyny zahrnují symbol, signální slovo, upozornění na zdroj, druh a prevenci nebezpečí.

Symboly



Všeobecný symbol nebezpečnosti. Druh nebezpečí je podrobněji znázorněn uvnitř výstražného symbolu.



Tento symbol varuje před nebezpečným elektrickým napětím.

Pro součásti strojů, jejichž napájecí napětí je přiváděno již před hlavním vypínačem, jsou kromě toho umístěny v rozvaděči, na příslušné konstrukční části a na kabelu bezpečnostní štítky s následujícím nápisem: POZOR! PŘI VYPNUTÉM HLAVNÍM VYPÍNAČI POD NAPĚTÍM. To znamená, že tyto součásti jsou navzdory vypnutému hlavnímu vypínači pod napětím!



Tento symbol varuje před nebezpečnými laserovými paprsky.

(Další štítky nebezpečnosti a informační štítky specifické pro laser viz. Manuál stroje TC L 4030)



Tento symbol varuje před elektromagnetickými poli.

Signální slova -označují výstražná upozornění, jako jsou nebezpečí, výstraha, pozor.

Nebezpečí - varuje před velkým nebezpečím. V případě jeho porušení hrozí těžká zranění nebo smrt.

Výstraha - upozorňuje na nebezpečnou situaci. Při porušení hrozí těžká poranění nebo značné věcné škody.

Pozor - upozorňuje eventuálně na nebezpečnou situaci. Při porušení hrozí lehká poranění nebo zanedbatelné věcné škody.

Upozornění na zdroj, druh a prevenci nebezpečí

- obsahují údaje o zdroji a druhu nebezpečí i instrukce, jak se chovat, aby se nebezpečí zabránilo.

Příklad:



Nebezpečí požáru v důsledku nesprávně instalovaného plynového potrubí.

Při současném poškození plynového potrubí a zkratu elektrokabelu může dojít ke vzniku požáru.

=> Plynová potrubí nepokládat spolu s elektrokabely.

3.2.2.2 Instruktaž personálu

Obsluhu, údržbu a opravy stroje smí provádět pouze autorizovaný, vyškolený a instruovaný personál.

Práce na elektrickém, pneumatickém a hydraulickém vybavení a specifickém vybavení laseru smí provádět jen speciálně vyškolení odborníci.

Před zahájením práce na zařízení musí uživatel provést tyto body:

- upozornit personál před možným nebezpečím
- upozornit personál na nošení ochranného oděvu a rukavic, při seřízení laseru tř.4 na nošení ochranných brýlí a při práci na odprašovači na nošení přiléhavé protiprachové masky
- stanovení osob zodpovědných za obsluhu, údržbu a opravy
- přikázat personálu pročtení technické dokumentace zařízení.

3.2.2.3 Vynaložení odborné péče při zacházení se zařízením

Bezpečnostní zařízení a nebezpečné zóny zařízení se nesmí demontovat a odstavovat z provozu (nesmí se bez nich požívat stroj, možné to je pouze při opravě, popřípadě při údržbě), musí se pravidelně kontrolovat jejich funkčnost a před každým spuštěním stroje se musí obsluha přesvědčit o tom, zda se v nebezpečné zóně nezdržuje nějaká osoba.

Uživatel, případně pověřený personál, musí zajistit odpovídající stav zařízení, musí zajistit čistotu a přehlednost pracoviště a přívod čistého vzduchu do pracovních prostor. Změny v chování zařízení musí obsluha ohlásit uživateli.

Postup vypínání se musí dodržovat při všech pracích týkajících se přepravy, instalace, uvedení do provozu, obsluhy, provozu údržby a oprav. Při seřizování, opravách a údržbě se zařízení vypne hlavním vypínačem, který se zamkne a klíč se vytáhne. Při pracích na pneumatické soustavě se musí odpojit a zablokovat přívod stlačeného vzduchu a následně zkontrolovat jeho poklesu na 0 barů a uzavřít kohouty přívodního plynu.

3.2.2.4 Odstranění poruch během provozu

1. Stisknout POSUV STOP
2. Odstranění poruch na obslužném panelu
3. V případě neodstranění bodu 2. stisknout NOUZ. VYPÍNAČ, vypnout a zajistit hlavní vypínač a zahájit opravy, respektive údržbové práce.

3.2.2.5 Použití příslušných náhradních součástí a provozních prostředků

Při použití jiných než originálních dílů či příslušenství dodávaných výrobcem může za určitých okolností vést ke změně konstrukčních vlastností zařízení a k ohrožení bezpečnosti, za něž výrobce neručí.

Při použití provozních prostředků (maziva, čistidla, ...) se musí dodržovat předpisy k použití, jako např.: chemická charakteristika, přeprava, ekologické údaje, způsob likvidace atd.

3.2.2.6 Ochrana vodních zdrojů

Při manipulaci s látkami ohrožující kvalitu vody nesmí dojít k znečištění vodních zdrojů. Odvod chladicí vody do odpadních vod musí být schváleno oblastním úřadem pro likvidaci odpadů.

3.2.2.7 Protipožární ochrana

Z důvodů protipožární ochrany jsou k zapotřebí následující ruční hasící přístroje:

- ruční hasící přístroj proti požáru kovu vzhledem k hrozícímu nebezpečí vzplanutí horké strusky vznikající při laserovém obrábění
- ruční hasící přístroj CO₂ pro požár v kompaktním odprašovači.

Předcházení vzniku požáru v kompaktním odprašovači :

- oharky cigaret nebo jiné hořící předměty nevhazovat do pracovního prostoru zařízení. Hrozí nasání předmětu odsáváním a odsávacím kanálem se dostane do kompaktního odprašovače
- po výměně materiálu z hliníku za suroviny z pozinkovaného plechu , konstrukční oceli nebo nerezové oceli a naopak musí být vyměněn prachový kontejner v kompaktním odprašovači
- kompaktní odprašovač pravidelně udržujte
- kontejnery prachu po dosažení udaného naplnění vyměňte.

Pokud vypukne požár v kompaktním odprašovači, je třeba učinit následující protipožární opatření:

1. Vypnout hlavní vypínač.
2. Pokud možno uzavřít nasávací otvor.
3. Pokud možno uzavřít výfukový otvor na horní straně krytu.
4. Připravit hasící prostředek: ruční hasící přístroj CO₂ .
5. Odsunout plechovou tabuli před vstřikovacím otvorem.
6. Hasící prostředek nastříkat do určeného otvoru.
7. Dveře krytu otevřít teprve po vybavení ochranou, pokud je zdolání požáru možné.
8. V daném případě požár zcela uhasit.

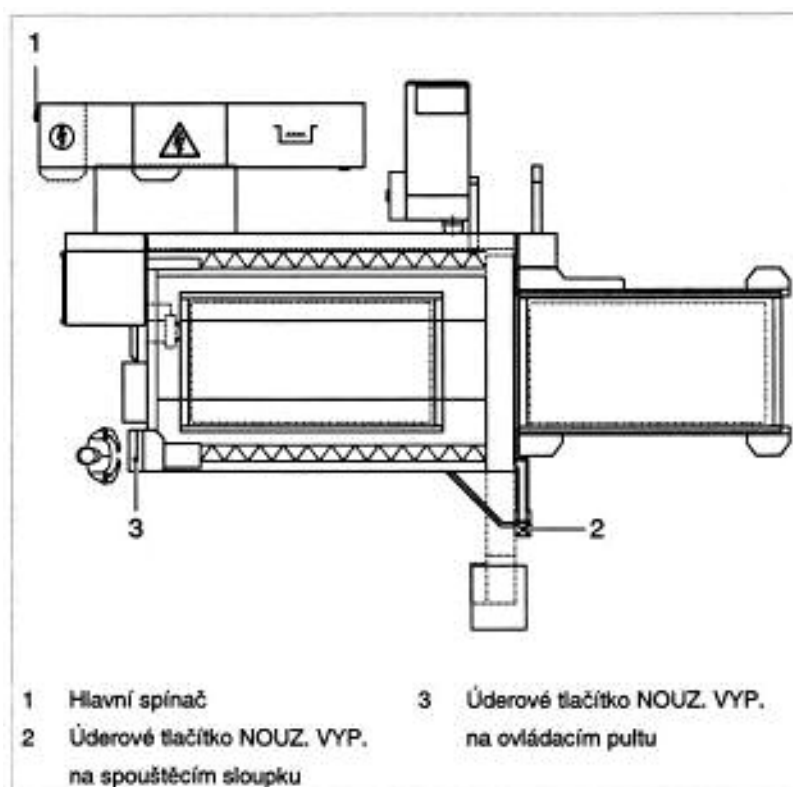
Kompaktní odprašovač

Odsávacím zařízením se prachy a aerosoly vycházející ze stroje dostávají do kompaktního odprašovače, kde jsou účinně odděleny od sebe.

3.2.3 Opatření výrobcem

Zajištění nebezpečné zóny stroje

Nebezpečná zóna stroje je zajištěna příslušnými bezpečnostními zařízeními, bez kterých se stroj nesmí používat.

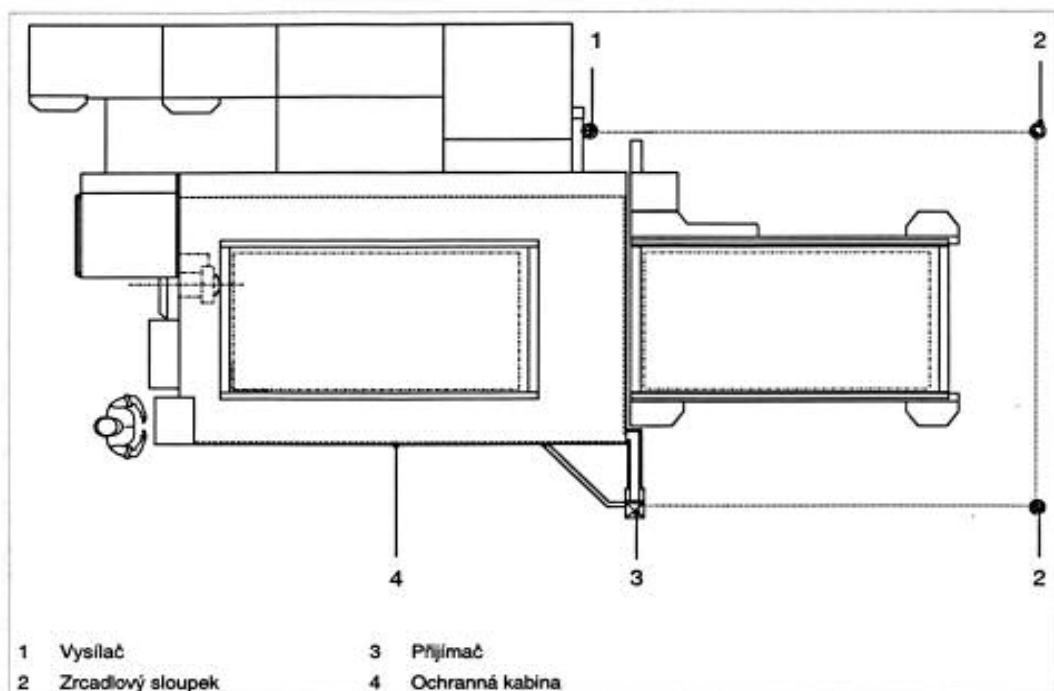


Obr. 3.1 Zajištění nebezpečné zóny stroje ¹⁶

Tlačítko NOUZOVÝ VYPÍNAČ má funkci:

- přeruší se přívod elektrického proudu ke stroji, řídící napětí (24V) zůstává na stroji i laseru zachováno
- vypne se laserový paprsek
- paprsková past se uzavře
- zastaví se pohyb os
- přeruší se přívod plynu.

Stroj je standardně dodáván spolu s ochrannou kabinou s dvířky a s vícepaprskovou světelnou závorou.

Obr. 3.2 Zajištění nebezpečné zóny stroje¹⁶

Ochranná kabina

Skládá se z ocelového plechu a průhledného 4 mm silného polykarbonátu.

Otevřením dvířek ochranné kabiny během provozu dojde k:

- vypne se laserový paprsek
- zavře se paprsková past
- zastaví se pohyb os
- přeruší se přívod řezacího plynu.

Světelné závory

Při přerušení světelného paprsku se automaticky zastaví všechny pohyby měniče palet.

Volitelným vybavením zařízení jsou automatizační prvky, u kterých jsou dodatečně zajištěny nebezpečné zóny pomocí světelné závory nebo ochranného oplocení.

3.3 Přehled nebezpečí

Následující přehled nebezpečí uvádí podstatná potenciální ohrožení života a zdraví (tab. 3.1). Díky koncepci, provedení a bezpečnostnímu zařízení stroje je ohrožení personálu vyloučeno. Uživatel však musí dodržovat místní dodatečná opatření, aby nedošlo ke zbývajícímu ohrožení i přes namontované bezpečnostní zařízení stroje.

Tab.3.1 Přehled nebezpečí ¹⁶

Druh ohrožení	Místo nebezpečí	Nebezpečí	Dodatečná opatření
<i>Mechanické ohrožení</i>			
Zmáčknutím, stříhem nebo úderem	Pohyb osy X, Y a Z, palety a dopravních pásů.	Nebezpečí poranění	
Stříhem	Zvedání, spouštění a posuv palety.	Nebezpečí poranění	
Řezáním a odřezáním	Obrobky s ostrými hranami.	Nebezpečí poranění	Nosit ochranný oděv a rukavice. Použít nástroje k odběru obrobků.
Zachycením nebo namotáním	Řetězový pohon výměníku palet. Pohyby otočného stolu (volitelné vybavení)	Nebezpečí poranění	
Vtažením nebo zachycením	Pohyb palet na horní pojezdové dráze.	Nebezpečí poranění	
Ohrožení v důsledku nestability nakládacího zařízení	Spadnutí obrobků.	Nebezpečí poranění	
Vystříknutím kapalin a plynů pod vysokým tlakem	Řezací plyn. Hydraulický olej.	Nebezpečí poranění	

Datum ohrožení	Místo ohrožení	Nebezpečí	Dodatečná opatření
<i>Tepelné ohrožení</i>			
Dotykem	Horké obrobky.	Nebezpečí poranění	Nosit ochranný oděv a rukavice. Použít nástroje k odběru obrobků.
Plameny nebo výbuchem	Hoření / výbuch při nahromadění kyslíku.	Nebezpečí poranění	
<i>Ohrožení zářením</i>			
Laser	Rozptýlené záření nad ochrannou kabinou. Záření při úkonech servisu, údržby a seřizování.	Nebezpečí poranění	Zajištění ze strany zákazníka při možné expozici personálu. Nosit ochranný oděv a ochranné laserové brýle.
<i>Ohrožení magnetickými poli</i>			
Vysokofrekvenční magnetická pole	Vysokofrekvenční generátor	Nebezpečí ohrožení života nositelů kardiostimulátorů	Zákaz pohybu
<i>Ohrožení látkami</i>			
Kontakt s jedovatými kapalinami, plyny, mlhami, párami a prachy nebo jejich vdechování	Řezací plyn a oleje, prachy, aerosoly, profily s vrstvou PE, tepelně rozložené čočky nebo zrcadla.	Ohrožení zdraví	Dostatečné větrání pracoviště. Dodržování všech pokynů uvedených v návodu k provozu.
Ohrožení požárem	Vedení paprsku Odraz laserového záření Kompaktní odprašovač	Nebezpečí poranění	Mít v pohotovosti ruční hasicí přístroj CO ₂

3.4 Opracování laserem

3.4.1 Laserové třídy

Ve stroji je integrován laser CO₂ třídy 4 podle normy EN 60825-1.

Do zařízení je integrována laserová dioda třídy 2 podle normy EN 60825-1.

3.4.2 Provozní režimy laserového záření

S ohledem na bezpečnost se rozlišují dva druhy provozního režimu a těmi jsou normální provoz a servisní provoz.

Normálním provozem se rozumí provoz laserového záření ve funkčním rozsahu bez údržby a servisu. To znamená, že je stroj ovládán programem nebo ručně, bezpečnostní zařízení jsou aktivována, laserová řezací hlava je v pracovní poloze nad obrobkem a v nebezpečné zóně stroje se nezdržují žádné osoby.

Třída nebezpečí laserového zařízení v normálním provozu: třída 1.

Servisní provoz zahrnuje provoz laseru pro práce při nastavování a servisu a to představuje všechny seřizovací práce na optických konstrukčních skupinách stroje.

Třída nebezpečí laserového zařízení v servisním provozu: třída 4.

3.4.3 Nebezpečí spojená s laserovým zářením

Laser CO₂ vytváří světlo (elektromagnetické záření) s vysokou energií, které je pro lidské oko neviditelné. Pro člověka je nebezpečné jak přímé, tak i odražené laserové záření a to může způsobit popáleniny kůže, destrukce bílkovin, poškození až úplnou ztrátu zraku atd.

3.4.4 Ochrana proti záření

3.4.4.1 Opatření určená pro uživatele/provozovatele

Provozovatel zařízení musí písemně určit pověřence pro laserovou ochranu, pokud sám neprokáže potřebnou odbornou znalost a nekontroluje provoz laserového zařízení, a musí zajistit odborné vyškolení personálu.

Školení se skládá z: -instruktáže personálu o provozních postupech laseru

- správného použití laserové ochrany
- nutnosti osobní ochrany
- způsob záznamu úrazu
- biologické působení laserového záření na oči a pokožku.

Personál musí při seřizovacích a nastavovacích pracích týkajících se laserového zařízení nosit ochranné brýle proti laseru, které musí odpovídat požadavkům norem EN 60825-1.

Je-li to zapotřebí, musí se nebezpečná zóna během seřizovacích a nastavovacích prací dostatečně zajistit (např. přestavenými stěnami z ocelového plechu, plexiskla nebo polykarbonátu).

3.4.4.2 Opatření výrobce

Bezpečnostní zařízení pro laserové agregáty a vedení paprsku

- jsou to kryty zakrývající tyto prvky, které jsou kontrolovány bezpečnostními spínači a lze je otvírat pouze pomocí příslušného nástroje
- výstupní otvor pro laserové zařízení je vždy označen štítkem podle normy EN 60825-1
- difúzní rozptýlené záření, vznikající odrazem laserových paprsků na obrobku, je účinně absorbováno ochrannou kabinou.

3.4.5 Nebezpečné látky

Při opracování kovových materiálů laserem se uvolňují prachy, aerosoly a plyny. Množství vzniklých emisí ani zdaleka nepřesahuje stanovený limit.

Při řezání kovových materiálů se v některých případech používá řezací oleje různého druhu (bezchlorové, s obsahem aminosloučenin, ...). Maximální přípustná koncentrace ani zdaleka nedosahuje naměřených hodnot na pracovišti. To stejné platí i při použití plechů povrstvených polyetylenem.

Ultrafialové záření, vznikající při vysokofrekvenčním výboji, absorbuje titanová výbojka.

3.4.6 Nebezpečí z vysokého napětí

Nebezpečí hrozí vlivem vysokého napětí v hodnotě až 10 000 voltů (zážehové napětí je dvojnásobné), které vzniká ve vysokofrekvenčním generátoru. Napětí se může vyskytovat na elektrodách a zážehových pomůckách podél výbojové trasy, skříňovém rozvaděči atd.. Části pod vysokým napětím jsou opatřeny výstražnými štítky, při otevření dveří vysokofrekvenčního generátoru dojde k přerušení přívodu energie a práce na tomto generátoru smí provádět jen výhradně vyškolený personál.

3.4.7 Nebezpečí z elektromagnetických střídavých polí

Vysokofrekvenční generátor se smí používat jen s ochranným krytem, aby nedošlo k možnému ozáření osob. Bezpečnostní okruhy se nesmí přemostřovat.

Závěr kapitoly

Je velmi důležité se řídit veškerými bezpečnostními předpisy. Ve firmě Atona se kvůli nedodržení bezpečnostních předpisů stal smrtelný úraz. Bezpečnostní spínače laserového stroje byly přemostěny a díky tomu bylo možné se pohybovat v ochranné kabině laseru během provozu. Pohyblivé zařízení způsobilo zranění neslučující se z životem.

4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

Ve firmě Atona se cena vyrobeného výrobku na pálicím stroji laser vypočítává, jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, ze strojního času.

Jsou zde provedeny 3 různé metody kalkulace ceny jednoho dílu. První metoda uvádí, jak se počítá cena jednoho dílu ve firmě Atona, kde je základním parametrem strojní čas. Druhá metoda ukazuje, jak se počítá cena jednoho dílu dle kalkulačního programu ve firmě Trumpf. Třetí metoda vychází z řezné délky jednoho dílu.

4.1 Kalkulace ceny jednoho dílu ze strojního času dle firmy Atona

U kalkulace ceny jednoho dílu dle firmy Atona se vychází ze strojního času. Cena se vypočítá pomocí základních parametrů stroje TC L 4030, z těchto parametrů se vypočítá hodinová sazba stroje dle výpočtů firmy Atona a dále se k této sazbě přičte sazba za naprogramování dílů a obsluhy stroje.

4.1.1 Parametry stroje TC L 4030 pro kalkulaci strojních nákladů

Základní parametry stroje TC L 4030, které jsou vstupními hodnotami pro výpočet hodinové sazby stroje, byly poskytnuty firmou Trumpf, která stroj vyrábí a zároveň dodává (viz. příloha 5). Tyto hodnoty vyčíslené v eurech jsou přepočítány na koruny dle kurzu 26 Kč/Euro. Náklady poskytnuté firmou Trumpf vychází z aktuálního ceníku firmy Atona. Základní parametry stroje TC L 4030 jsou uvedeny v levé části tabulky 4.1.

Náklady na elektřinu jsou stanoveny dle smluvních podmínek mezi firmou Atona a firmou E-on a to na 2,60 Kč/kW.

Náklady na řezný plyn N₂ jsou stanoveny dle smluvních podmínek mezi firmou Atona a Linde. Náklady jsou 5,10 Kč/Nm³ + dovoz plynu + atest +

pronájem potrubí a zásobníků + údržba + servis + silniční poplatek + ADR (poplatek za převoz a manipulaci s výbušnými látkami) = 9,10 Kč/Nm³.

Náklady na N₂ na vedení paprsku jsou průměrně 8,70 Kč/Nm³, cena se odvíjí od dodavatele plynu, dodavatel není stálý.

V pravé části tabulky 4.1 jsou uvedeny hodnoty (plyn, energie) pro obrobění dílu, které byly poskytnuty firmou Trumpf. Hodnoty jako průměr trysky, tlak plynu a rychlost pálení vychází z laserové tabulky pro příslušný materiál (viz. Příloha 3). Spotřeba elektrické energie (závislá na výkonu stroje) a spotřeba dusíku N₂ (závislá na průměru trysky a tlaku) pro provoz (řezání) stroje TC L 4030 vychází z příslušného manuálu stroje, ale přesnější hodnoty byly poskytnuty zástupcem pro Moravu firmy Trumpf.

Tab.4.1 Tabulka s parametry stroje TC L 4030 pro kalkulaci (Příloha 1)

		jednotky	
Typ stroje	L 4030		
Výkon stroje	4000	W	
Pořizovací hodnota	11 960 000	Kč	
Odpisová doba	4	let	
Úroková míra	5	%	
Náklady na plochu	260	Kč/m ²	
Náklady na elektřinu	2,60	Kč/kW	
Laser v činnosti	80	%	
Náklady na řezný plyn (O ₂)	13	Kč/Nm ³	Materiál nerez
Náklady na řezný plyn (N ₂)	9,10	Kč/Nm ³	Tloušťka 10 mm
Náklady na stlačený vzduch	0,78	Kč/Nm ³	Tryska 2,3 mm
Časový fond (směny)	5000	h/rok	Tlak 20 Bar
Potřebný prostor	65	m ²	Plyn N ₂
Náklady na laserové plyny	3,64	Kč/h	Plyn 62,77 Nm ³ /h
Spotřeba N ₂ - vedení paprsku	3,5	Nm ³ /h	Energie 71,08 kW/h
Spotřeba stlačeného vzduchu	31	Nm ³ /h	Rychlost 0,840 M/min
Náklady na náhr. a spotř. díly	46,80	Kč/h	

4.1.2 Kalkulace strojních nákladů stroje TC L 4030

Ze základních parametrů stroje TC L 4030 se vypočítá hodinová sazba stroje, která je důležitá pro výpočet ceny jednoho dílu dle strojního času, viz. Tabulka 4.2. Veškeré výpočty byly sděleny vedoucím diplomové práce z firmy Atona.

Tab.4.2 Kalkulace strojních nákladů - Laser

1. Fixní náklady			
1.1	Kalkulované odpisy		
	Pořizovací hodnota/odpisová doba/časový fond	598	Kč/h
1.2	Kalkulované úroky		
	(Kupní hodnota/2) x úroková míra/časový fond	59,80	Kč/h
1.3	Náklady na plochu		
	Potřebný prostor x náklady na plochu/časový fond	3,38	Kč/h
2. Variabilní náklady			
2.1	Náklady na elektřinu		
	Energie x náklady na elektřinu x laser v činnosti	147,84	Kč/h
2.2	Provozní náklady: řezný plyn N2		
	Spotřeba řezného plynu x náklady na řezný plyn x laser v činnosti	456,96	Kč/h
2.3	Provozní náklady: laserové plyny	3,64	Kč/h
2.4	Provozní náklady: vedení paprsku		
	Spotřeba N2 na vedení paprsku x náklady na plyn	30,45	Kč/h
2.5	Provozní náklady: stlačený vzduch		
	Spotřeba stlačeného vzduchu x náklady na stlačený vzduch	24,18	Kč/h
2.6	Náklady na spotř. a náhr. díly laser + vedení paprsku	46,80	Kč/h
2.7	Náklady na údržbu vlastního stroje		
	Kupní hodnota x 1,5% za směnu	35,88	Kč/h
3.	Hodinová sazba stroje (netto)	1406,93	Kč/h
4.	Řezné náklady na metr (100% laser v činnosti)		
	Hodinová sazba stroje / rychlost pálení za 1h	27,92	Kč/m

Postup výpočtů pro fixní, variabilní a řezné náklady a sazby stroje

Kalkulované odpisy

$$11960000 \text{ Kč} / 4 \text{ roky} / 5000 \text{ h} = 598 \text{ Kč/h}$$

Kalkulované úroky

$$(11960000 \text{ Kč} \times 5\%) / (2 \times 5000 \text{ h}) = 59,8 \text{ Kč/h}$$

Náklady na plochu

$$(65 \text{ m}^2 \times 260 \text{ Kč/m}^2) / 5000 \text{ h} = 3,38 \text{ Kč/h}$$

Náklady na elektřinu

$$71,08 \text{ kW/h} \times 2,60 \text{ Kč/kW} \times 80\% = 147,84 \text{ Kč/h}$$

Provozní náklady: řezný plyn N₂

$$62,77 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 9,10 \text{ Kč/Nm}^3 \times 80\% = 456,96 \text{ Kč/h}$$

Provozní náklady: vedení paprsku

$$3,5 \text{ Nm}^3 \times 8,70 \text{ Kč} = 30,45 \text{ Kč/h}$$

Provozní náklady: stlačený vzduch

$$31 \text{ Nm}^3 \times 0,78 \text{ Kč} = 24,18 \text{ Kč/h}$$

Náklady na údržbu vlastního stroje

$$(11960000 \text{ Kč} \times 1,5 \%) / 5000 \text{ h} = 35,88 \text{ Kč/h}$$

Hodinová sazba stroje

Součet všech fixních a variabilních nákladů

Řezné náklady na metr při 100% činnosti laseru

$$(1406,93 \text{ Kč/h}) / (0,840 \text{ m/min} \times 60 \text{ min}) = 27,92 \text{ Kč/m}$$

4.1.3 Kalkulace výrobní ceny dílu

Kalkulace výrobní ceny jednoho dílu bez zisku a režii se vypočítá ze strojního času jednoho dílu, respektive z doby trvání pálení jednoho dílu a hodinové sazby výroby.

a) Strojní čas jednoho dílu

$$\begin{aligned} \text{Celkový čas pálení} / \text{počet kusů na tabuli} &= 34,78 \text{ min} / 50 \text{ ks} = \\ &= \mathbf{0,696 \text{ min.}} \end{aligned}$$

b) Hodinová sazba stroje (netto)

$$\text{Vypočítaná z fixních a variabilních nákladů} = \mathbf{1406,93 \text{ Kč/h}}$$

c) Sazba programátora

Vychází z uvedených sazeb firmy Atona = 125 Kč + 30 % ze 125 Kč
(odvod daní) = **163 Kč/h**

d) Sazba obsluhy stroje

Vychází z uvedených sazeb firmy Atona = 124 Kč + 30 % ze 124 Kč
(odvod daní) = **162 Kč/h**

Hodinová sazba výroby (bez zisku a režii)

Hodinová sazba stroje + sazba programátora + sazba obsluhy stroje =
= (1406,93 + 163 + 162) Kč/h = **1731,93 Kč/h**

Minutová sazba výroby (bez zisku a režii)

Hodinová sazba výroby / 60 min = (1731,93 Kč/h) / 60 min =
= **28,87 Kč/min**

Výrobní cena dílu (bez zisku a režii)

Minutová sazba výroby x strojní čas 1 dílu = 28,87 Kč/min x 0,696 min =
= **20,09 Kč/ks**

4.1.4 Kalkulace prodejní ceny dílu

Skládá se z výrobní ceny dílu, zisku a režii. Zisk je ve firmě Atona stanoven na 20% výrobní ceny dílu a režie jsou stanoveny na 45% výrobní ceny dílu.

Prodejní cena dílu (se ziskem a režii)

Výrobní cena dílu + zisk + režie = 20,09 Kč/ks + 0,2 x 20,09 +
+ 0,45 x 20,09 = **33,15 Kč/ks**

Výrobní cena jednoho dílu vyrobeného ve firmě Atona, kde je základní hodnotou pro výpočet strojní čas, je 20,09 Kč. Pokud by se měl díl prodávat, cena dílu by byla 33,15 Kč.

4.2 Kalkulace ceny jednoho dílu ze strojního času dle firmy Trumpf

Firma Trumpf má kalkulační software, podle kterého se počítá výrobní cena dílu. Této firmě byl sdělen čas pálení jednoho dílu (0,696 min), druh stroje, na kterém se má díl pálit (TC L 4030) a materiál, ze kterého má být díl vyroben (nerezová ocel EN 1.4301). Obratem byla sdělena cena jednoho dílu, ve které nebyla zahrnuta mzda zaměstnanců. Cena dílu byla poskytnuta zástupcem pro Moravu firmy Trumpf.

4.2.1 Kalkulace výrobní ceny dílu

Výrobní cena jednoho dílu se vypočítá z ceny za jeden díl, z ceny za naprogramování jednoho dílu a z ceny za obsluhu stroje TC L 4030 při pálení jednoho dílu. Veškeré výpočty byly sděleny vedoucím diplomové práce z firmy Atona.

a) Cena jednoho dílu (bez mzdy zaměstnanců) je dle sdělení firmy Trumpf **16,12 Kč/ks.**

b) Cena za naprogramování jednoho dílu

$$\begin{aligned} &\text{Sazba programátora za minutu} \times \text{strojní čas 1 dílu} = \\ &= (163 \text{ Kč}/60 \text{ min}) \times 0,696 \text{ min} = \mathbf{1,89 \text{ Kč/ks}} \end{aligned}$$

c) Cena za obsluhu stroje při vypálení jednoho dílu

$$\begin{aligned} &\text{Sazba obsluhy stroje za minutu} \times \text{strojní čas 1 dílu} = \\ &= (162 \text{ Kč}/60 \text{ min}) \times 0,696 \text{ min} = \mathbf{1,88 \text{ Kč/ks}} \end{aligned}$$

Výrobní cena dílu (bez zisku a režii)

$$a) + b) + c) = (16,12 + 1,89 + 1,88) \text{ Kč/ks} = \mathbf{\underline{19,89 \text{ Kč/ks}}}$$

4.2.2 Kalkulace prodejní ceny dílu

Skládá se z výrobní ceny dílu, zisku a režii. Zisk je ve firmě Atona stanoven na 20% výrobní ceny dílu a režie jsou stanoveny na 45% výrobní ceny dílu.

Prodejní cena dílu (se ziskem a režiemi)

$$\begin{aligned} \text{Výrobní cena dílu} + \text{zisk} + \text{režie} &= 19,89 \text{ Kč/ks} + 0,2 \times 19,89 + \\ &+ 0,45 \times 19,89 = \mathbf{32,82 \text{ Kč/ks}} \end{aligned}$$

Výrobní cena jednoho dílu vyrobeného ve firmě Atona, kde cena jednoho dílu je vypočítaná kalkulačním programem firmy Trumpf a doplněna mzdou zaměstnanců, je 19,89 Kč. Pokud by se měl díl prodávat, cena dílu by byla 32,82 Kč.

4.3 Kalkulace ceny jednoho dílu z délky řezu

Kalkulace dílu dle řezné délky se ve firmě Atona nevyužívá, jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách. Při této kalkulaci se vychází z řezné délky jednoho dílu.

4.3.1 Kalkulace výrobní ceny dílu

Výrobní cena jednoho dílu se vypočítá z délky řezu jednoho dílu, řezných nákladů na metr a ze mzdy zaměstnanců. Veškeré výpočty byly sděleny vedoucím diplomové práce z firmy Atona.

a) Délka řezu jednoho dílu

$$\begin{aligned} \text{Celková délka řezu} / \text{počet kusů na tabuli} &= 23196,5 \text{ mm} / 50 \text{ ks} = \\ &= 463,93 \text{ mm/ks} = \mathbf{0,464 \text{ m/ks}} \end{aligned}$$

b) Řezné náklady na metr (95% laser v činnosti)

Řezné náklady z tabulky jsou počítané při 100% činnosti laseru, ale laser pálił díł na 95%.

$$\begin{aligned} &\text{Řezné náklady na metr (100\% laser v činnosti) x 95\% =} \\ &= 28,18 \text{ Kč/m x } 0,95 = \mathbf{26,77 \text{ Kč/m}} \end{aligned}$$

c) Cena za naprogramování 1m pálení

$$\begin{aligned} &\text{Sazba programátora / počet metrů vypálených za hodinu =} \\ &= (163 \text{ Kč}) / (0,840 \text{ m/min x } 60 \text{ min.}) = \mathbf{3,23 \text{ Kč/m}} \end{aligned}$$

d) Cena za obsluhu stroje při vypálení 1m

$$\begin{aligned} &\text{Sazba obsluhy stroje / počet metrů vypálených za hodinu =} \\ &= (162 \text{ Kč}) / (0,840 \text{ m/min x } 60 \text{ min.}) = \mathbf{3,21 \text{ Kč/m}} \end{aligned}$$

Výrobní cena dílu (bez zisku a režii)

$$\begin{aligned} &[b) + c) + d)] \times \text{délka řezu 1 dílu =} \\ &= (26,77 + 3,23 + 3,21) \text{ Kč/m x } 0,464 \text{ m/díl} = \mathbf{15,41 \text{ Kč/ks}} \end{aligned}$$

4.3.2 Kalkulace prodejní ceny dílu

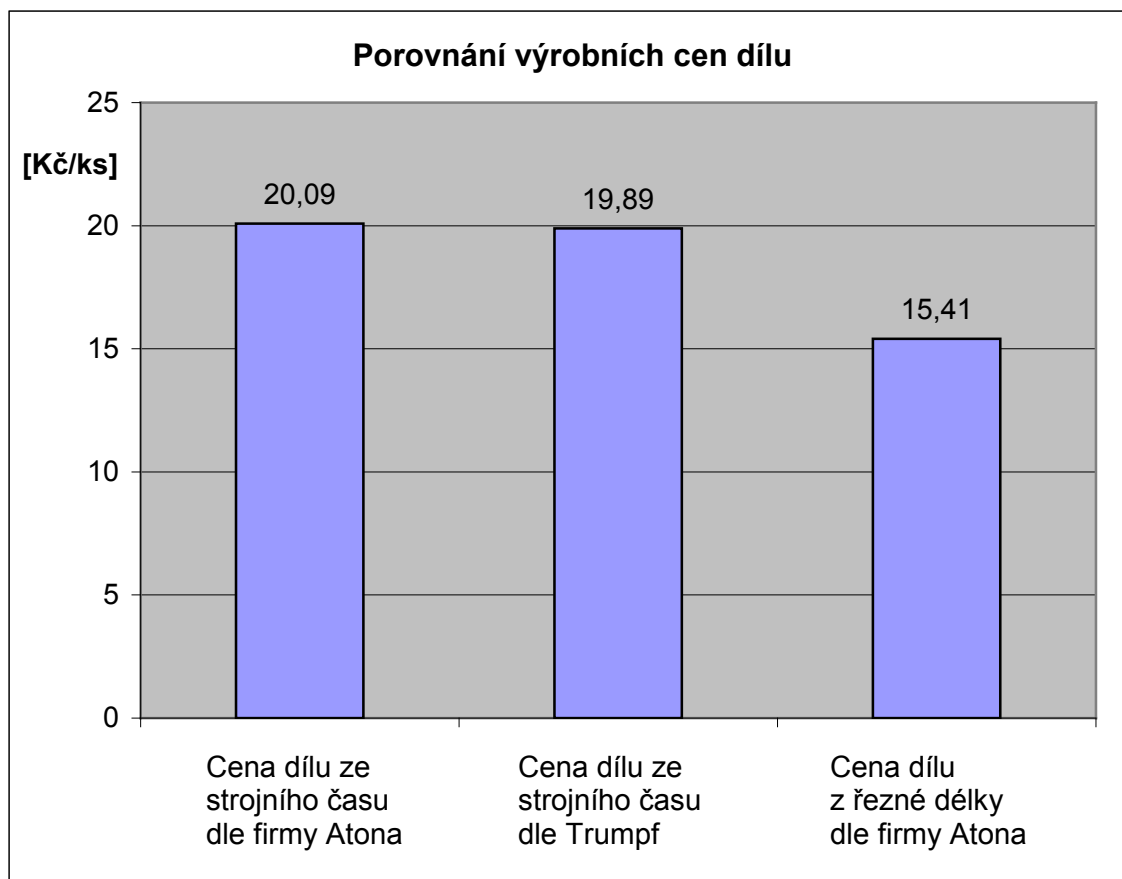
Skládá se z výrobní ceny dílu, zisku a režii. Zisk je ve firmě Atona stanoven na 20% výrobní ceny dílu a režie jsou stanoveny na 45% výrobní ceny dílu.

Prodejní cena dílu (se ziskem a režii)

$$\begin{aligned} &\text{Výrobní cena výrobku + zisk + režie} = 15,41 \text{ Kč/ks} + 0,2 \times 15,41 + \\ &+ 0,45 \times 15,41 = \mathbf{25,43 \text{ Kč/ks}} \end{aligned}$$

Výrobní cena jednoho dílu vypočítaná z řezné délky dílu je 15,41 Kč/ks. Pokud by se měl díł prodávat, cena by byla 25,43 Kč/ks.

4.4 Porovnání výrobních cen dílů



Graf 4.1 Porovnání výrobních cen dílu

Z kalkulace výrobní ceny dílu při různých přístupech k výpočtu je zřejmé, že se jednotlivé ceny dílů liší. Výrobní ceny dílu počítaná ve firmě Atona (20,09 Kč/ks) je téměř stejná jako výrobní cena dílu počítaná ve firmě Trumpf (19,89 Kč/ks). Ceny dílů se výrazně neliší, poněvadž obě metody výpočtů vychází ze stejných základních parametrů stroje TC L 4030. Nepatrný rozdíl cen je způsoben tím, že kalkulační program počítá s jinou hodinovou sazbou stroje ($(16,12 \text{ Kč/ks} \times 60 \text{ min.}) / 0,696 \text{ min.} = 1389,66 \text{ Kč/h}$), než se počítá hodinová sazba stroje ve firmě Atona (1406,93 Kč/h).

Výrobní cena dílu počítaná z řezné délky (15,41 Kč/ks) se výrazně liší od výrobních cen počítaných ze strojního času (20,09 Kč/ks a 19,89 Kč/ks). Z toho je zřetelné, proč se ve firmě Atona nepočítá výrobní cena dílu z řezné délky, ale ze strojního času. V řezné délce není zohledněna složitost výrobku (mnoho rohů, redukované pálení, atd.) ani přejezdy mezi konturami dílu, což ve strojním čase zohledněno je.

ZÁVĚR

Úkolem této technologické studie bylo navrhnout řešení kompletní technologie výroby dílu, úzce specializované na použití technologie Laser ve firmě Atona. Díl byl ozubená vačka, která je součástí sestavy přípravku pro výrobu plošin.

V prvním bodě byl proveden rozbor technologických možností metody laser z hlediska obecného použití v různých oborech a dále rozdělení dle aktivního prostředí. Rozdělení laserů v průmyslu dle aktivního prostředí je nejpoužívanějším rozdělením. Nejpoužívanější druhy laserů ve strojírenské výrobě jsou pevnolátkové Nd:YAG lasery a plynové CO₂ a excimerové lasery. Prudký rozvoj zaznamenávají diodami čerpané pevnolátkové lasery (především Nd:YAG lasery s nahrazenými výbojkami za laserové diody). Také zde bylo uvedeno použití laseru v technologii. Nakonec zde byl popsán stroj TC L 4030, na kterém se díl vyráběl.

V druhém bodě byl proveden návrh kompletní technologie výroby. Z podkladů pro výrobu daného dílu bylo usouzeno, že díl ozubená vačka z nerezové oceli EN 1.4301 je laserovou technologií strojem TC L 4030 vyrobitelný, až na požadované díry. K výrobě konkrétního dílu je nutné vždy přistupovat individuálně a jeho vyrobitelnost vždy posoudit z komplexního hlediska (posoudit geometrii, materiál výrobku a možnosti zpracování na konkrétním laseru). Listinná podoba výkresu se musela překreslit do podoby elektronické v softwaru AutoCAD 2000, z důvodu použití výkresu jako podkladu ke zpracování technologické přípravy výroby. Dále byla provedena technologická příprava výroby. Průběh celé přípravy i výroby dílu je poměrně dosti náročný na kvalifikovanost pracovníků a téměř v každé fázi průběhu zakázky je možné nekvalifikovaným zásahem či nepozorností způsobit nekvalitní finální produkt či nepoužitelný zmetek. Výhodou výroby dílů laserovou technologií je jeho menší časová náročnost v porovnání s konvenční technologií. Nevýhodou jsou poměrně vysoké investiční náklady na pořízení stroje laser, již zmiňovaná kvalifikovanost a také touto technologií nelze vyrobit

všechny kontury na daném výrobku (minimální hodnoty pálení děr vzhledem k síle materiálu).

V třetím bodě byla rozebrána bezpečnost práce při použití laseru včetně hrozícího nebezpečí. Je velmi důležité se řídit veškerými bezpečnostními předpisy. Ve firmě Atona se kvůli nedodržení bezpečnostních předpisů (vyřazení bezpečnostních spínačů z provozu) stal smrtelný úraz.

Ve čtvrtém bodě byla provedena kalkulace výrobní ceny jednoho dílu z hlediska strojního času počítaná ve firmě Atona (20,90 Kč/ks) a ve firmě Trumpf (19,89 Kč/ks) a z hlediska řezné délky (15,41 Kč/ks). Vycházelo se z hodinové sazby stroje, hodinové sazby programátorů a hodinové sazby obsluhy stroje, ceny jednoho dílu bez sazby za obsluhu a programátora, řezných nákladů na metr, hodinové sazby programátora a obsluhy vztažené k řezné délce za daný časový úsek (hodinu). Výrobní cena dílu počítaná ze strojního času dle firmy Atona je téměř stejná jako výrobní cena počítaná dle firmy Trumpf a to z toho důvodu, že se vychází ze stejných parametrů stroje TC L 4030. Nepatrný rozdíl ceny je způsoben rozdílem hodinové sazby stroje (firma Atona: 1406,93 Kč/h, firma Trumpf 1389,66 Kč/h), protože každá firma počítá tuto sazbu dle svých vzorců. V tomto případě se liší v nákladech na údržbu vlastního stroje (Firma Atona používá jiné procento než firma Trumpf). Rozdílné použití procenta bylo zjištěno z konzultace se zástupcem pro Moravu firmy Trumpf. (4.2) Výrobní cena jednoho dílu počítaná z řezné délky (15,41 Kč/ks) se liší výrazně od dvou předešlých výrobních cen a to z toho důvodu, že v řezné délce není zohledněna složitost dílu (spousta rohů, redukované pálení atd.), ani přejezdy mezi konturami dílu, což ve strojním čase zohledněno je. Výpočet ceny jednoho dílu při použití sazby za 1 m řezu se může využít tam, kde je výrobek jednoduchý (např. obdélník bez děr). Cena za metr řezné délky se počítá například tehdy, srovnávají-li se celkové náklady na metr různých firem (každý typ laseru má jiné provozní náklady). Prodejní cena dílu je počítaná jen pro ukázkou, za tuto cenu by se výrobek prodával koncovému zákazníkovi. Poněvadž tento výrobek je součástí sestavy ve firmě Atona, podstatná je výrobní cena výrobku.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. ŠULC, J. *Lasery a jejich aplikace* [online]. 2002. [citováno 8.10.2002]. Dostupné na World Wide Web: <www.plslaser.cz/pdf/prumysl.pdf>
2. LINDE GAS. *Laserová technologie* [online]. 2007. Dostupné na World Wide Web: <www.linde-gas.cz/international/web/lg/cz/like35lgcz.nsf/docbyalias/nav_ind_las>
3. Quido magazín č.71. *Laser* [online]. 1999. [citováno 5.4.1999]. Dostupné na World Wide Web: <www.quido.cz/objevy/laser.htm>
4. *Zpracování materiálu pomocí laseru* [online]. Dostupné na World Wide Web: <www.maturita.cz/referaty/referat.asp?id=1358>
5. KOŘÁN, P. *Laser* [online]. 2006. [citováno 11.4.2006]. Dostupné na World Wide Web: <www.laser.navajo.cz/>
6. KUSALA, J. *Aplikace laserů, Další oblasti* [online]. 2004. Dostupné na World Wide Web: <www.cez.cz/edee/content/microsites/laser/k34.htm>
7. KUSALA, J. *Aplikace laserů, Medicína* [online]. 2004. Dostupné na World Wide Web: <www.cez.cz/edee/content/microsites/laser/k32.htm>
8. KUSALA, J. *Aplikace laserů, Průmysl* [online]. 2004. Dostupné na World Wide Web: <www.cez.cz/edee/content/microsites/laser/k31.htm>
9. LINDE GAS. *Zpracování materiálu laserem* [online]. 2007. Dostupné na World Wide Web: <www.linde-gas.cz/international/web/lg/cz/like35lgcz.nsf/docbyalias/ind_mv_laser1>
10. MARTINNAME. *Lasery*. 2007. Dostupné na World Wide Web: <www.martiname.ic.cz/filexp.html>
11. MAŇKOVÁ, I. *Progresívne technológie*. Technická univerzita Košice, Strojnícká fakulta. Košice. Edícia vedeckej a odbornej literatúry. Viena, vydavateľstvo a tlačiareň, 2000. 275 s. ISBN 80-7099-430-4.
12. MM Průmyslové spektrum. *Lasery, laserová technologie a stroje s laserem* [online]. 2007. [citováno 4.12.2007]. Dostupné na World Wide Web: <www.mmspektrum.com/clanek/lasery-laserove-technologie-a-stroje-s-laserem>

13. LINDE GAS. *Procesy CO2 laseru* [online]. 2007. Dostupné na World Wide Web: <www.linde-gas.cz/international/web/lg/cz/like35lgcz.nsf/docbyalias/ind_mv_laserco2>
14. KUSALA, J. *Konstrukce laserů* [online]. 2004. Dostupné na World Wide Web: <www.cez.cz/edee/content/microsites/laser/f4.htm>
15. TRUMPF Praha, spol. s r.o. *Přehled výrobního programu*. Technické údaje 2D laseru Trumatic L 4030.
16. TRUMPF. *Návod k provozu TC L 4030*. 08/2005. 518s.
17. LEGA-INOX spol. s r.o. *Produktový katalog pro nerezové materiály*. 75s.
18. ATONA s.r.o. *Technologické možnosti stroje Trumatic L 4030* [online]. Dostupné na World Wide Web: <www.atona.cz/cze/technicke-moznosti/cnc-laserove-rezaci-centrum-trumpf-trumatic-l4030>

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Výkres Ozubená vačka
- Příloha 2 Tabulky s hodnotami pro redukované pálení
- Příloha 3 Laserová tabulka a pracovní předpis
- Příloha 4 Nastavovací plán
- Příloha 5 Základní parametry stroje TC L 4030 pro kalkulaci strojních nákladů.

Příloha 2

Tabulky s hodnotami pro redukované pálení.

TCL 4050 4/2004

Fe / O ₂			
D	MK	SK	VK
1	0,5		2
1,5	0,75		2,5
2	1		3
2,5	1,25		3,5
3	1,5		4
4	2		5
5	2,5		6
6	2,4	4,5	7
8	3,2	8	11
10	4	9	13
12	4,8	10	15
15	8	13	16
20	12	20	30
25	-		40

Fe / N ₂			
D	MK	SK	VK
1	1,5		3
1,5	1,7		3,3
2	2		3,7
2,5	2,2		4,1
3	2,5		4,5
4	3		5,3
5	3,5		6
6	4		7
8	5,5		9
10	7		11
12			
15			
20			

Fe / tlakový vzduch			
D	MK	SK	VK
1	1		2
1,5	1,25		2,5
2	1,5		3
2,5	1,75		3,5
3	2		4
4			
5			

Fe / 3,75" vysokorychlostní řezání			
D	MK	SK	VK
1			1
1,5			1,5
2			

NER / N ₂			
D	MK	SK	VK
1	0,5		2
1,5	0,75		2,5
2	1		3
2,5	1,25		3
3	1,5		3
4	2		4
5	2,5		4
6	3		5
8	4		9
10	5		11
12	7,5		13
15	9		15
20			18

NER / tlakový vzduch			
D	MK	SK	VK
1	1		2
1,5	1,25		2,5
2	1,5		3
2,5	1,75		3,5
3	2		4
4			
5			

NER / 3,75" vysokorychlostní řezání			
D	MK	SK	VK
1			1
1,5			1,5
2			

AL / N ₂			
D	MK	SK	VK
1	1		2
1,5	1,25		2,5
2	1,5		3
2,5	1,75		3,5
3	2		4
4	2,5		5
5	3,5		6
6	4		7
8	5		9
10	7		11
12	8		13
15			
20			

AL / tlakový vzduch			
D	MK	SK	VK
1	1		2
1,5	1,25		2,5
2	1,5		3
2,5	1,75		3,5
3	2		4
4			
5			

AL / 3,75" vysokorychlostní řezání			
D	MK	SK	VK
1			1
1,5			1,5
2			2

Příloha 3

	Laserova tabulka T2D-5122		Seite: 1 / 3
	Poznamka 1.4301 10.0mm 4000W 7.5Z N2 HD TC8		erstellt: 28.02.2008 07:08
	Standard		Version: 5.4.23

Obecne informace

Laserova tabulka	T2D-5122	Vykon laseru	4000 W
Skupina	TC8	Material	1.4301-100
Ohniskova vzdalenost ocky	7,5 Zoll	Tloustka materialu	10,00 mm
Poznamka	1.4301 10.0mm 4000W 7.5Z N2 HD TC8 Standard		

Zapichovani

Nastavovany rozmer	mm	-7,00	
Cas SprintLine	s	2,00	
		Normalne	Redukovane
Doba zapichovani	s	2,0	5,5
Cislo ramp. cyklu		19	3,00
Vzdalenost trysek	mm	6,00	6,00
Doba vyfukovani	s	0,00	0,00
Tlak plynu	bar	3,00	1,50
Strikani oleje		Ne	Ne
Typ senzoru		1	0
Druh plynu		Dusik	Kyslik

Rezani obecne

Nastavovany rozmer	mm	-7,50		
Doba chlazení rohu	s	0,0		
		Normalne	Redukovane	Vysoky
Zrychlení	m/s2	2,00	2,00	4,00
Druh plynu		Nenastaveno	Nenastaveno	
Rychlost	%	0,00		
Rychlost z raziciho otvoru	%	0,0		
		Maly	Prostredek	Velky
PlasmaLine		Nenastaveno	Nenastaveno	Nenastaveno
Prahova hodnota 1	%	1400		
Prahova hodnota 2	%	700		



Laserova tabulka T2D-5122

Poznamka 1.4301 10.0mm 4000W 7.5Z N2 HD TC8
Standard

Seite: 2/3
 erstellt: 28.02.2008
 07:08
 Version: 5.4.23

Rezove obrysy

		maly obrys		stredni obrys		velky obrys	
		Normalne	Redukovane	Normalne	Redukovane	Normalne	Redukovane
Rezaci mezera	mm	0,30		-1,00		0,30	
Nastavovany rozmer	mm	-8,50		-7,50		-7,50	
Vykon	W	4000,00	4000,00	-1,00	-1,00	4000,00	4000,00
Frekvence spinani	[Hz]	10 000	10000,00	-1	-1,00	10 000	10000,00
Rychlost	m/min	0,60	0,10	-1,00	-1,00	0,84	0,25
Vzdalenost trysek	mm	1,00	6,00	-1,00	-1,00	1,00	6,00
Tlak plynu	bar	20,50	20,50	-1,00	-1,00	20,00	20,00

Rizeni vykonu laseru

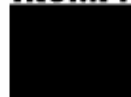
Rizeni vykonu laseru				Rizeni frekvence laseru			
Horni mezni rychlost	%	100,0		Horni mezni rychlost	%	100,0	
Vykon pri horni mez. rychl.	W	100		Frekvence pri horni mez. rychl.	Hz	100	
Dolni mezni rychlost	%	0,0		Dolni mezni rychlost	%	0,0	
Vykon pri dolni mez. rychl.	W	100		Frekvence pri dolni mez. rychl.	Hz	100	
Rizeni analogovych hodnot		0					

Odparovani

Obecne			Obecne		
Nastavovany rozmer	mm	-7,50	Rychlost	m/min	4,00
Doba odparovani	s	0,40	Vzdalenost trysek	mm	20,00
Vykon	W	500	Tlak plynu	bar	2,00
Frekvence spinani	s	100	Druh plynu		lenastaveno

Znaceni

Obecne			Obecne		
Nastavovany rozmer	mm	-2,00	Vzdalenost trysek	mm	8,00
Vykon	W	75	Tlak plynu	bar	2,00
Frekvence spinani	Hz	500	Druh plynu		lenastaveno
Rychlost	m/min	3,00			



Laserova tabulka T2D-5122

Poznamka 1.4301 10.0mm 4000W 7.5Z N2 HD TC8 Standard

Seite: 3 / 3

erstellt: 28.02.2008

07:08

Version: 5.4.23

		Dulkovani	
		Obecne	
Nastavovany rozmer	mm	-7,5	
		Geometrie	Bod
Vykon	W	130	
Frekvence spinani	Hz	500	
Rychlost	m/min	1,00	
Vzdalenost trysek	mm	2,00	8,00
Tlak plynu	bar	2,00	3,00
Doba zapichovani	s		2,00
Cislo ramp. cyklu			3
Druh plynu		Nenastaveno	Nenastaveno

		Microweld	
		Obecne	
Nastavovany rozmer	mm	-7,50	
		Mekce	Pevne
Cas	s	-1,00	-1,00
Cislo ramp. cyklu		-1	-1
Vzdalenost trysek	mm	-1,00	-1,00
Tlak plynu	bar	-1,00	-1,00
Druh plynu		Nenastaveno	Nenastaveno

		Komentar	
		Obecne	Obecne
Typ trysky		2,0	Regulace 1 T2D-5122-5
Cislo rezaci hlavy		3	Regulace 2 T2D-5122-5 P3040
Proplachovani plynem (zapichovani/rezani)	s	1,00	Regulace 3 T2D-5122-4 ~
Proplachovani plynem (rezani/zapichovani)	s	6,00	Regulace 4 ~ Regulace 5 T2D-5122-5 Regulace 6 T2D-5122-4 Regulace 7 T2D-5122-1
Operator		TW516mi	Regulace 8
Datum vyhotoveni		28.07.08	Regulace 9
Datum zmeny			Regulace 10

Poznamka 1.4301 10.0mm 4000W 7.5Z N2 HD TC8 Standard



Regulace T2D-5122-5P

Material: 1.4301-100 Maschine: TC8 Materialdicke: 10,00 mm

Seite: 1 / 4
erstellt: 26.02.2008
07:09
Version: 5.4.7

Obece udaje

Nazev regulace	T2D-5122-5P	Tlak plynu	Standard
Material	1.4301-100	Stroj	TC8
Tloustka materialu	10,00 mm	Info	PierceLine: standard

Prehled

	mm2	Min	Max	Min	Max	Min	Max
		19,63	63,61	19,63	63,61	63,61	99999,99
Plocha		maly obrys		stredni obrys		velky obrys	
Polohovani		Ano		Ano		Ano	
Odparovani		Ne		Ne		Ne	
Zapichovani		Ano		Ano		Ano	
Najizdeni		Ano		Ano		Ano	
Rezani		Ano		Ano		Ano	
Zaobleni		Ano		Ano		Ano	
Looping		Ne		Ne		Ne	
Odjizdeni		Ne		Ne		Ne	

Zapichovani

		maly obrys	stredni obrys	velky obrys
Zpusob zapichovani		Redukovane	Plny	Plny
Cyklus mereni		Ano	Ano	Ano
Polomer strikacih kru	mm	0,15	0,15	0,15



Regulace T2D-5122-5P

Material: 1.4301-100 Maschine: TC8 Materialdicke: 10,00 mm

Seite: 2 / 4
erstellt: 26.02.2008
07:09
Version: 5.4.7

Najizdeni

		maly obrys		stredni obrys		velky obrys	
Presne zastaveni		Ne		Ne		Ne	
Zmena posunutí drahy		Ano		Ano		Ano	
Regulace vzdálenosti		Ano		Ano		Ano	
Feed Forward		Ne		Ano		Ano	
Strategie		Roh / prvek		Roh / prvek		Roh / prvek	
Primy rezu		Ne		Ne		Ne	
Druh		Redukovane		Redukovane		Redukovane	
Redukovani najizdeni	%	95		95		95	
Uhel najizdeni (vnejsi)	Grad	0		0		0	
Uhel najizdeni (vnitni)	Grad	0		0		0	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
Trasa	mm	1,75	5,50	3,00	8,50	3,00	8,50
Polomer	mm	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10

Anfahren an Ecke

		maly obrys		stredni obrys		velky obrys	
Tvar		Cara		Cara		Cara	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
Uhel	Grad	30,00	145,00	30,00	145,00	30,00	145,00
Delka prvku pred rohem	mm	3,00	99999,99	5,00	99999,99	5,00	99999,99
Delka prvku za rohem	mm	3,00	99999,99	5,00	99999,99	5,00	99999,99

Anfahren an Element

		maly obrys		stredni obrys		velky obrys	
Tvar		Cara / oblouk		Cara / oblouk		Cara / oblouk	
Prednostne		Cara		Cara		Cara	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
Delka	mm	3,00	99999,99	5,00	99999,99	5,00	99999,99

Regulace T2D-5122-5P

Material: 1.4301-100 Maschine: TC8 Materialdicke: 10,00 mm

Seite: 3 / 4
erstellt: 26.02.2008
07:09
Version: 5.4.7

Rezani

		maly obrys	stredni obrys	velky obrys
		Normalne	Normalne	Normalne
Typ rezani		Ne	Ne	Ne
Presne zastaveni		Ano	Ano	Ano
Zmena posunutí drahy		Ano	Ano	Ano
Regulace vzdalenosti		Ne	Ne	Ne
Feed Forward		Ne	Ne	Ne
Vnejsi obrys s Microjoint		Ne	Ne	Ne
Delka	mm	0,00	0,00	0,00
Vnitni obrys s Microjoint		Ne	Ne	Ne
Delka	mm	0,00	0,00	0,00
Konec paprsku pred koncem obrysu		Ne	Ne	Ne
Delka	mm	0,00	0,00	0,00
Korekce drahy	%	0,00	0,00	0,00
Max. rozsireni trysky				

Zaobljeni / chlazení

		maly obrys		stredni obrys		velky obrys	
		Uvnitr / venku		Uvnitr / venku		Uvnitr / venku	
		Zaobljeni		Zaobljeni		Zaobljeni	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
Uhel	Grad	5,00	175,00	5,00	175,00	5,00	175,00
Delka prvku pred rohem	mm	0,10	99999,99	0,10	99999,99	0,10	99999,99
Delka prvku za rohem	mm	0,10	99999,99	0,10	99999,99	0,10	99999,99
Polomer	mm	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
	mm	0,01	33,00	0,01	33,00	0,01	33,00

Polohovani

		maly obrys	stredni obrys	velky obrys
		Ano	Ano	Ano
Poloha mezi obrysy				
Vyska prejizdeni	mm	40,00	40,00	40,00



Regulace T2D-5122-5P

Material: 1.4301-100 Maschine: TC8 Materialdicke: 10,00 mm

Seite: 4 / 4
erstellt: 26.02.2008
07:09
Version: 5.4.7

Obecne 1

Info	PierceLine: standard			
Otevreny obrys	Velky			
		maly obrys	stredni obrys	velky obrys
Min	mm2	19,63	19,63	99999,99
Max	mm2	63,61	63,61	63,61
Trasa primeho rezu	mm2	0,00	Polohovani dilu	Ano
Rychlost primeho rezu	Grad	0,00	Vyska prejazdenu	mm 40,00
Prednost rohu		Zaobleni	Rezani se SprintLine	Ano
	s	0,00	Znaceni se SprintLine	Ano
Hodnota X	m/s2	0,00		
Hodnota Y	m/s2	0,00		
Programovani zrychleni		Ne		

Obecne 2

	Velikost obrysu	Typ odparovani		
Rezani: text	Ne			
Oznaceni: text	Maly			
Rezani: obrys	Maly	Ne		
Dulkovani: bod	Maly	Ne		
Znaceni		Dulkovani		
Tah obrysu	Ano	Dulkovani: symbol	2 kruhy	
Standardni teziste	Ne	Prumer 1	mm	0,30
Libovolne teziste	Ano	Prumer 2	mm	0,60
Dulkovani	Ano			

Příloha 4



NASTAVOVACÍ PLAN OBECNÉ ÚDAJE

JS
19.03.2008
TruTops Laser
V07.00.01

STROJ:	TruLaser 3040 (L4030) (MAX.VYKON LASERU 4000 WATT)
SYSTEM RIZENÍ:	Sin 840D
FIRMA:	Atona
NAZEV ZAKAZKY:	JS_10N
NAZEV PROGRAMU NC:	D:\JS\19.03.08\JS_10N_1.LST
NAZEV PROGRAMU:	JS_10N_1 ()
MATERIAL (DESKA):	1.4301-100 (VA)
MATERIAL (TT):	1.4301-100 (VA)
OZNACENÍ SKLADOVANEHO MATERIALU:	
PRIREZ:	2000.00 x 1000.00 x 10.00 mm
MINIMÁLNÍ PŘÍŘEZ:	396.18 x 1000.00 mm
SMER VÁLCE:	Y
HMOTNOST:	158.00 kg
STROJNÍ CAS	0 : 34 : 49 [h:min:s]
POTREBA PAMETI:	12755 ZNAK
CELKOVÁ DELKA REZU:	23198.5 mm
POCET PROGRAMOVÝCH CYKLU:	1
PROREZ:	89.95 %

VYROBNÍ INSTRUKCE

PLECHOVÝ DORAZ	1
STROJOVÉ MICROJOINTS:	nenastaveno
NÁZEV OSAZENÍ OPÍRNÉHO MŮSTKU:	Standardní stroj, každý druhý nastaven
VZDÁLENOST OPÍRNÝCH BODŮ NA OPÍRNÉM MŮSTKU:	38 mm
VZDÁLENOST OPÍRNÝCH MŮSTKŮ:	67 mm
UPŘEDNOSTNIT ZPRACOVÁNÍ:	bez
POZNAMKY: 1)nas mat s-10 1.4301 2)obj c	

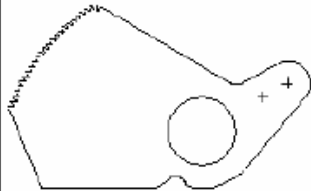
LASER-TECHNOLOGICKE TABULKY

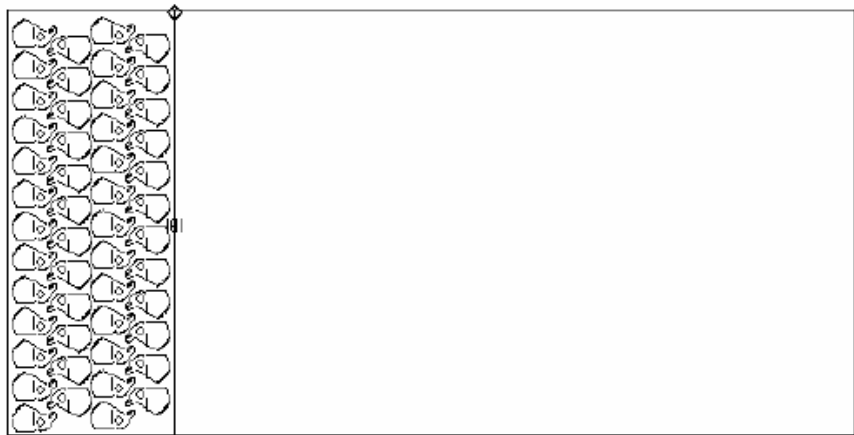
CISLO TABULKY	MEZERA REZU	OHNISKOVÁ VZDALENOST COCKY	PRUMER TRYSKY	MAX. VYKON LASERU	SERIZOVACÍ ROZMER	PLYN
T2D-5122	0.30	7.50	2.3	4000	-7.50	2
Druh plynu: 1 = kyslík, 2 = dusík, 4 = stlačený vzduch						

TECHNOLOGICKE TABULKY

CISLO	DRUH VPICHOVANI	DRUH REZANI	DRUH OBRYSU
T2D-5122	KOMPLETNÍ	ZNACENÍ	VELKÝ
T2D-5122	KOMPLETNÍ	REDUKOVANÉ	VELKÝ
T2D-5122	KOMPLETNÍ	NORMALNÍ	VELKÝ

INFORMACE O JEDNOTLIVÝCH DÍLECH

	CISLO DÍLU:	1
	CISLO VÝKRESU:	290200
	NAZEV VÝKRESU:	Ozubena vacka
	JMENO ZAKAZNIKA:	none
	POCET:	50
	ROZMERY:	65.062 x 107.764 mm
	PLOCHA:	4019.61 mm2
	NAZEV PRACOVNIHO PŘEDPISU:	T2D-5122-6P
	CISLO PODPROGRAMU:	SP1JS_10N_1
	DOBA ZPRACOVANI:	0.65 min
	REZNA DELKA:	443.376 mm
	HMOTNOST:	0.318 kg
	POCET VPICHOVACICH BODU:	2
	DOBA ZAPICHOVANI:	4.00 s
	NAZEV GEOM:SOUBORU:	D:\JS\19.03.08\290200.GMT



35_11N_1.taf 35 19.03.2008

Příloha 5

Základní parametry stroje TC L 4030 pro kalkulaci strojních nákladů.

Maschinenkostenrechnung Lasermaschinen

1.0.4 hangstoerfernor

fuer

zus. Info

Maschinentyp L4030
Laserleistung 4000
€/Nm³

Schneidgaskosten N2 0,35

Druckluftkosten
€/Nm³ 0,03

Anschaffungswert ca. 460000 €

Sollbelegungszeit (Schichtstd.) 5000 h/a

Abschreibungsdauer 4 Jahre

Zinssatz 5 %

Platzbedarf 65 m²

Flaechenkosten 10 €/m²

Lasergaskosten abh. Lasertyp 0,14 €/h

Stromkosten
Nm³/h 0,1 €/KW

Stickstoffverbrauch Strahlführung 3,5

Einschaltdauer Laser im Progr.
Nm³/h 80 %

Druckluftverbrauch 31

Schneidgaskosten O2 0,5 €/Nm³

Ersatz- und Verschleißteilkosten 1,80 €/h

Maschinenstundensatz (netto)
€/m 54,11 €/h

Schnittkosten pro Meter 1,079

fuer den gewaehlten Materialmix

Personal- und Programmierkosten sind in der Berechnung nicht enthalten.

Material	Dicke	€/h	€/m	Anteil	Material	Dicke	€/h	€/m	
Anteil									
Aluminium (N2)	1	40,11	0,06	0	Baustahl (O2)	20	37,95	0,66	0
Aluminium (N2)	1,5	40,48	0,08	0	Edelstahl (N2)	1	41,51	0,06	0
Aluminium (N2)	2	41,23	0,09	0	Edelstahl (N2)	1,5	41,69	0,09	0
Aluminium (N2)	2,5	41,39	0,12	0	Edelstahl (N2)	2	42,07	0,10	0
Aluminium (N2)	3	41,79	0,14	0	Edelstahl (N2)	2,5	42,00	0,14	0
Aluminium (N2)	4	42,07	0,20	0	Edelstahl (N2)	3	42,07	0,16	0
Aluminium (N2)	5	44,31	0,28	0	Edelstahl (N2)	4	44,87	0,25	0
Aluminium (N2)	6	44,87	0,40	0	Edelstahl (N2)	5	45,15	0,29	0
Aluminium (N2)	8	50,47	0,83	0	Edelstahl (N2)	6	51,59	0,39	0
Aluminium (N2)	10	58,31	1,54	0	Edelstahl (N2)	8	53,27	0,65	0
Baustahl (O2)	1	36,39	0,07	0	Edelstahl (N2)	10	54,11	1,08	0
Baustahl (O2)	1,5	36,60	0,10	0	Edelstahl (N2)	12	51,03	1,33	0
Baustahl (O2)	2	36,39	0,11	0	Edelstahl (N2)	15	56,07	2,30	0
Baustahl (O2)	2,5	35,69	0,15	0					
Baustahl (O2)	3	35,95	0,14	0					
Baustahl (O2)	4	36,51	0,16	0					
Baustahl (O2)	5	37,51	0,17	0					
Baustahl (O2)	6	37,51	0,20	0					
Baustahl (O2)	8	37,67	0,25	0					
Baustahl (O2)	10	37,91	0,30	0					
Baustahl (O2)	12	37,87	0,36	0					
Baustahl (O2)	15	37,87	0,47	0					