

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ústav výrobních strojů a zařízení



# Bakalářská práce

Návrh značící stanice pro značení dílů  
v automobilovém průmyslu



## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl v příloženém seznamu veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací, vydaným ČVUT v Praze 1. 7. 2009.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne XXXXXX

.....

podpis

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu práce panu doc. Ing. Vladimíru Andrlíkovi, CSc. a konzultantovi Ing. Zbyňku Swaczynovi z firmy ABB s.r.o. za vedení, odborné konzultace a podnětné připomínky při tvorbě této bakalářské práce.

Dále bych chtěl také poděkovat svým rodičům a rodině za podporu a trpělivost v průběhu celého studia.

## Anotace

Autor:	Martin Karas
Název BP:	Návrh značící stanice pro značení dílů v automobilovém průmyslu
Rozsah práce:	65 stran, 49 obrázků, 2 přílohy
Školní rok vyhotovení:	2019
Škola:	ČVUT v Praze, Fakulta strojní
Ústav:	Ú12135 – Ústav výrobních strojů a zařízení
Vedoucí BP:	doc. Ing. Vladimír Andrlík, CSc.
Konzultant BP:	Ing. Zbyňek Swaczyna
Zadavatel:	ABB s.r.o.
Využití:	Značení dílů v automobilovém průmyslu
Klíčová slova:	značící stanice, laserová technologie, otočný stůl, 2D kód
Anotace:	Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem značící stanice ocelových dílů automobilového průmyslu. Snaží se najít optimální variantu konstrukčního řešení pro dopravu dílů do pracovního prostoru a jejich následného trvalého označení 2D kódy, či textem.

## Annotation

Author:	Martin Karas
Title of bachelor dissertation:	Design of marking station for marking of parts in automotive industry
Extent:	65 pages, 49 figures, 2 annexes
Academic year:	2019
University:	CTU – Faculty of Mechanical Engineering
Department:	12135 – Department of Production Machines
Supervisor:	doc. Ing. Vladimír Andrlík, CSc.
Consultant:	Ing. Zbyňek Swaczyna
Submitter of the Theme:	ABB s.r.o.
Application:	Marking of parts in automotive industry
Key words:	marking station, laser technology, turntable, 2D code
Annotation:	The bachelor thesis deals with the design of the marking station of the steel parts of the automotive industry. It tries to find the optimal variant of the constructional solution for the transport of parts to the working space and their subsequent permanent identification with 2D codes or text.



## Obsah

Přehled použitých veličin a jednotek .....	9
1 Úvod .....	11
2 Cíl práce .....	12
3 Značení 2D kódy .....	13
3.1 Výhody dvourozměrných kódů .....	13
3.2 Vývoj dvourozměrných kódů .....	13
3.3 QR kód: .....	15
3.4 DataMatrix: .....	16
4 Metody značení ocelových materiálů v průmyslu .....	18
4.1 Značení mikroúderem .....	18
4.2 Značení rytím .....	20
4.3 Inkoustové značení .....	22
4.4 Značení laserem .....	24
4.5 Zhodnocení výhod/nevýhod daných metod .....	27
5 Možné provedení laserových značících stanic .....	28
5.1 Posuvné otočné sklíčidlo a laserová hlava .....	28
5.2 Posuvná deska a stacionární laserová hlava .....	29
5.3 Otočný stůl a stacionární laserová hlava .....	29
5.4 Zhodnocení výhod/nevýhod daných provedení .....	30
6 Úvod do řešené problematiky .....	31
7 Představení celého zařízení .....	33
7.1 Umístění hlavních komponent .....	33
7.2 Bezpečnostní prvky .....	35
7.3 Umístění dalších potřebných komponent .....	36
7.4 Princip značení .....	37
8 Konstrukce součástí zařízení .....	38
8.1 Otočný stůl .....	38
8.2 Deska otočného stolu .....	39
8.3 Laserová technologie .....	40
8.4 Odsávací zařízení .....	42
8.5 Rám značící stanice .....	44
8.5.1 Příslušenství rámové konstrukce .....	46
8.6 Bezpečnostní prvky .....	47
9 Výpočtová část .....	50
9.1 Mechanika otočného stolu .....	50



9.1.1	Výpočet momentu setrvačnosti .....	51
9.1.2	Zatížení otočného talíře .....	51
9.2	Kontrola rámové konstrukce na dovolené napětí.....	53
9.2.1	Výpočet statického zatížení.....	54
9.2.2	Výpočet reakcí <b>RA, RB</b> .....	55
9.2.3	Výpočet průběhu momentu a ohybového napětí.....	56
10	Závěr.....	58
11	Seznamy .....	60
11.1	Obrázky .....	60
11.2	Použitý software .....	62
11.3	Přílohy .....	62
11.3.1	Výkresy .....	62
11.3.2	CD.....	62
11.4	Použitá literatura.....	63



# Přehled použitých veličin a jednotek

$F_{celk.}$	[N]	Celková síla zatěžující oba počítané profily
$F_d$	[N]	Síla vyvolávající klopný moment na otočném talíři
$F_t$	[N]	Svislá síla působící na otočný talíř
$F_{1,2,3,4}$	[N]	Celková síla rozložená do jednotlivých nohou rámu ot. stolu
$F_1$	[N]	První síla působící na počítaný profil
$F_2$	[N]	Druhá síla působící na počítaný profil
$g$	[ $m/s^2$ ]	Gravitační zrychlení
$J$	[ $kg \cdot m^2$ ]	Výsledný moment setrvačnosti desky a dílů s upínacím systémem
$J_d$	[ $kg \cdot m^2$ ]	Moment setrvačnosti desky otočného stolu
$J_{max}$	[ $kg \cdot m^2$ ]	Maximální moment setrvačnosti působící na otočný stůl
$J_s$	[ $kg \cdot m^2$ ]	Moment setrvačnosti dílů s upínacím systémem
$L_{rámu}$	[mm]	Celková délka profilů rámu otočného stolu
$L_1$	[mm]	Vzdálenost první síly od podpěry A
$L_2$	[mm]	Vzdálenost mezi silami
$L_3$	[mm]	Vzdálenost druhé síly od podpěry B
$m$	[kg]	Hmotnost desky, dvou dílů s upínacím systémem
$m_d$	[kg]	Hmotnost desky otočného stolu
$m_{rámu}$	[kg]	Hmotnost rámu otočného stolu
$m_{celk.}$	[kg]	Celková hmotnost zatěžující počítaný profil
$m_{dílu}$	[kg]	Maximální hmotnost značeného dílu
$m_{upín.}$	[kg]	Maximální hmotnost jednoho upínacího prostředku
$m_s$	[kg]	Maximální hmotnost dílu s upínacím systémem
$M_A$	[ $N \cdot mm$ ]	Moment k podpěře A
$M_B$	[ $N \cdot mm$ ]	Moment k podpěře B
$M_{o1}$	[ $N \cdot mm$ ]	Ohybový moment na prvním intervalu
$M_{o2}$	[ $N \cdot mm$ ]	Ohybový moment na druhém intervalu
$M_{o2}$	[ $N \cdot mm$ ]	Ohybový moment na třetím intervalu
$M_{o(max)}$	[ $N \cdot mm$ ]	Maximální vyvolaný ohybový moment
$n$	[-]	Počet dílů s upínacím systémem



---

$r_d$	[m]	Poloměr desky otočného stolu
$r_s$	[m]	Vzdálenost středu upínacího systému ke středu desky
$R_A$	[N]	Reakce podpěry A
$R_B$	[N]	Reakce podpěry B
$W_o$	[ $mm^3$ ]	Modul průřezu v ohybu počítaného profilu
$x_1$	[mm]	Rozměr prvního intervalu
$x_2$	[mm]	Rozměr druhého intervalu
$x_3$	[mm]	Rozměr třetího intervalu
$\sigma_k$	[MPa]	Mez kluzu počítaného materiálu
$\sigma_D$	[MPa]	Dovolené napětí v ohybu
$\sigma_{o(max)}$	[MPa]	Maximální vyvolané ohybové napětí

# 1 Úvod

Bakalářská práce se zabývá návrhem a konstrukcí značící stanice pro díly v automobilovém průmyslu. Důležitost značení dílů, či součástí 2D kódy, popisuje velmi často užívaný výraz v průmyslu traceability. Ten vznikl spojením dvou anglických slov: trace (sledovat) a ability (schopnost). Je to tedy schopnost sledovat tok výrobků ve výrobním procesu a zaznamenávat o něm potřebné informace, jako jsou například výrobci, dodavatelé, distributoři, sériové číslo či důležité interní informace spjaté s výrobou. Tyto informace jsou sledovány v průběhu všech procesů potřebných k výslednému produktu, od nákupu surového materiálu a dílů k obrábění, přes montáž, distribuci a následnému prodeji zákazníkovi. Důležitost tohoto procesu nastává například tehdy, kdy dojde k problémům s kvalitou produktu a výrobce musí okamžitě přijmout účinná opatření. Příliš pomalá nebo neúčinná reakce může navodit pocit nedůvěry u zákazníka, obchodního partnera nebo způsobit mnohonásobně větší škody, z důvodu neschopnosti dohledání daných problémů. [12]

Značící technologie lze nastálo umístit přímo do výrobních linek. Nicméně při vytvoření samostatné značící stanice je umožněno značit velké spektrum dílů, bez potřeby úpravy orientace dané linky na nový díl. Další výhodou je možnost implementovat stanici mezi jakékoli úseky výroby, a to okamžitě bez jakýchkoli modifikací spojených s ostatními stroji.

## 2 Cíl práce

Cílem této práce, je vytvořit teoretickou studii možných způsobů a metod značení dílů v automobilovém průmyslu. Dále má tato práce za cíl vytvořit, za spolupráce se společností ABB s.r.o. návrh a konstrukční zpracování vybraného druhu značící stanice. Práci lze tedy rozdělit na dvě hlavní části: teoretickou a praktickou.

*Teoretická část:* studie daných témat

1. Sledování toku výrobků skrz výrobní proces pomocí 2D kódů
2. Seznámení s možnými metodami značení dílů v průmyslu a jejich zhodnocení
3. Popis způsobů možných provedení značících stanic a jejich zhodnocení

*Praktická část:* Druhá část práce je úzce spjata se zadanými parametry a požadavky od konzultanta BP, který je zkušeným pracovníkem společnosti ABB s.r.o.

Tato část bude obsahovat:

1. Úvod do řešené problematiky (Základní údaje o značeném díle a popis pracoviště)
2. Konstrukční návrh a zpracování (vytvoření 3D modelu a dané dokumentace)
3. Návrhové a kontrolní výpočty

## 3 Značení 2D kódy

### 3.1 Výhody dvourozměrných kódů

Základní rozdíl mezi čárovým a dvourozměrným kódem je velice jednoduchý. Zatímco čárový kód ukládá data pouze v horizontálním směru, dvourozměrný kód to dokáže jak v horizontálním, tak ve vertikálním směru. Rozdíl je patrný na obrázku č. 1. Vznik dvourozměrných kódů byl dalším logickým krokem ve vývoji tohoto typu značení, protože díky možnosti ukládání dat ve dvou směrech je jejich informační kapacita oproti těm jednorozměrným výrazně vyšší. Do těchto kódů je kromě speciálních a alfanumerických znaků, možno ukládat mnoho dalších datových typů, kterými jsou například biometrické údaje nebo grafika. Hlavní výhodou je pak ukládání dat na co nejmenší plochu a možnost jejich větší opravy při poškození pomocí použití nadbytečných (redundantních) dat. Jakým způsobem je možno tyto data opravovat a do jaké míry je oprava možná bude v práci uvedeno pro každý typ kódu zvlášť. [1]; [2]; [4]

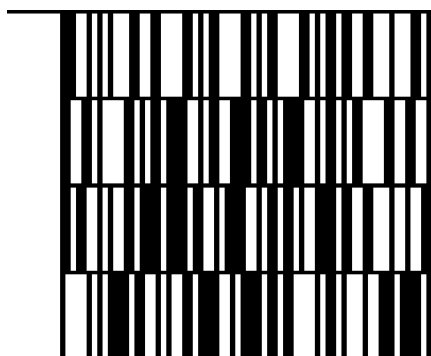


Obrázek 1: Rozdíl mezi 1D a 2D kódem [3]

### 3.2 Vývoj dvourozměrných kódů

Prvním kódem o velké kapacitě, představeným roku 1987 firmou Intermecc Corporation, byl Code 49. Tento kód se používal v automobilovém průmyslu ke značení dílů a byl poskládan z čtyř čárových kódů typu Code 39. Označení touto metodou pak obsahovalo sériové číslo, číslo dílu, dodavatele a počet kusů série. Dalším krokem ve vývoji bylo představení 2D kódu PDF417 v roce 1991

společností Symbol Technologies. Zde už byla možnost kromě běžného textu zapsat i grafiku a speciální programovací instrukce o velikosti 1,1 kB dat. Oba kódy jsou zobrazeny na obrázku č. 2 a 3. Velice důležitým milníkem ve vývoji 2D kódů, bylo roku 1994 představení QR kódu společností Denso Wave, která se později na trh se značícími kódy začala specializovat. Tento kód se díky bezplatnému přístupu začal velice rychle používat a rozvíjet po celém světě. Svě místo našel i v automobilovém průmyslu. Rychle se ale začal rozšiřovat i do ostatních odvětví a díky reklamě si ho začala všímat i široká veřejnost. Po tak velkém rozmachu této značící technologie nastal vývoj mnoha dvourozměrných kódů různých typů a specifikací, včetně v průmyslu dnes nejpoužívanějšího DataMatrix, jejímž vlastníkem je společnost Microscan. [4]; [5]



Obrázek 2: Code 49 [6]

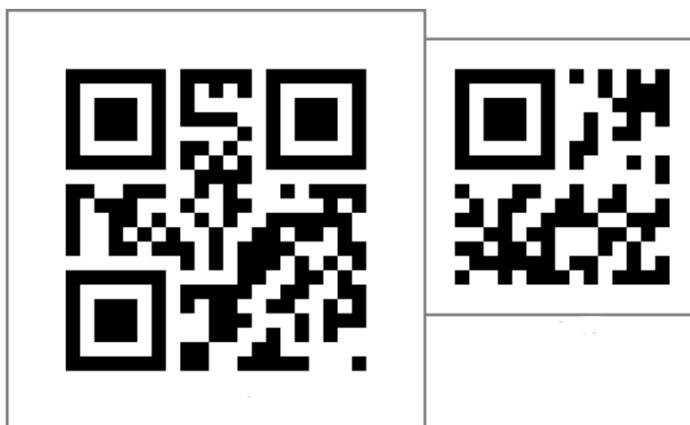


Obrázek 3: PDF417 [6]

### 3.3 QR kód:

Tento dvourozměrný kód, který má čtvercovou formu, dostal název „Quick Response“, neboli rychlá odezva, díky vysoké rychlosti snímání. Jeho velkou výhodou je možnost načtení kamerou, kterou má každý z nás například v mobilním telefonu. Jelikož je jeho vynálezcem japonská firma Denso Wave, umožňuje kódování japonských znaků kandži i mnoho jiných asijských jazyků. QR kód se od ostatních kódů vyznačuje soustřednými čtverci ve třech rozích, které jsou vidět na obr. č. 4. Čtverce fungují jako poziční značky, a je díky nim kód možné číst pod úhlem nebo libovolně pootočený o 360°, a to bez jakéhokoli negativního výsledku. [7]

QR kód existuje celkem ve 40 různých velikostech neboli verzích, kde nejmenší matice má rozměr 21x21 a největší 177x177 modulů. Do největší verze matice 177x177 lze zapsat například 7089 numerických znaků, 4296 alfanumerických znaků, 2 953 8-bitových dat nebo 1817 znaků kandži. Pokud potřebujeme zakódovat pouze malé množství dat a rozměr 21x21 modulů je zbytečně velký, existuje také Micro QR kód, který se provádí ve velikostech 11x11 až 17x17 modulů a má jen jeden detekční vzor, který lze také vidět na obr. č. 4. [9]



Obrázek 4: QR kód v porovnání s Micro QR kódem [14]

Jelikož může dojít k porušení matice (zašpinění barvou, či odtržení části při nešetrné manipulaci s označenou věcí), obsahuje matice modul pro korekci chyb pomocí Reed-Solomonovy korekce. U kódů typu QR existují čtyři standardy korekce pomocí redundantních dat, a to:

- L (low-nízký) – korekce 7% poškození
- M (medium-střední) – korekce 15% poškození
- Q (quality-kvalitní) – korekce 25% poškození
- H (high-vysoký) – korekce 30% poškození

Například standard M si tedy poradí s patnáctiprocentním poškozením. Ovšem nevýhoda korekce spočívá v tom, že čím vyšší korekci zvolíme, tím nižší počet dat můžeme ve výsledku zakódovat a tím větší výsledná matice bude. Nejvíce dat jsme tedy schopni zakódovat do matice verze 40 o velikosti 177x177 bodů s korekcí poškození typu L. [9]

### 3.4 DataMatrix:

Jde o dvourozměrný kód, zobrazený na obr. č. 5, charakteristický typickým L, které tvoří dvě přilehlé hrany matice. L slouží kódu jako vyhledávací znak, díky němuž je možno číst kód při jakémkoli natočení v rozsahu 360° stejně, jako tomu bylo v případě QR kódu. Je do něj možno při běžné čtvercové formě zapsat až 3116 numerických a 2335 alfanumerických znaků. Pokud je brán v potaz padesátiznakový kód, zabere jen 2-3 mm<sup>2</sup>. Díky těmto rozměrům je možno kód využít i u součástek jako jsou například čipy, procesory a jiné elektronické, či mechanické součástky velmi malého rozměru. Opravu chyb lze rozdělit na dvě skupiny. U první dochází k opravě konvolucí a nese označení ECC-000 až ECC-140 a druhá používá Reed-Solomonovy korekce a nese označení ECC-200. Oproti QR kódu existuje „jen“ ve třiceti definovaných formátech, počínaje rozměrem modulů 32x32 a konče rozměrem 144x144, ze kterých je šest obdélníkového tvaru. Tento tvar se používá jen zřídka, na aplikacích vyžadujících specifický druh tisku a nese řádově nižší hodnoty než tvar čtvercový. [7]; [4]





Obrázek 5: DataMatrix [10]

Hlavní výhody tohoto kódu jsou vysoká odolnost proti poškození až 65 %, díky kontrolním kódům Reed-Solomonovy korekce, jeho menší velikost při zapsání stejného počtu znaků, která je v porovnání s QR kódem znázorněna na obrázku č. 6 a čitelnost už při kontrastu 20 %. Schopnost čitelnosti při tak malém kontrastu umožňuje tento kód vypalovat na jednotlivé díly laserem s velikostí jednoho bodu jen 300 mikrometrů. [5]



Obrázek 6: Porovnání velikosti DataMatrix a QR kódu [7]

Kód dovoluje provedení technologií přímého značení (DPM – z anglického Direct Part Marking), která se používá prakticky pouze v průmyslu pro označení různých součástek, či náhradních dílů. Při této metodě je symbol proveden přímo do identifikovaného produktu například pomocí rytí, mikroúderu nebo již zmiňovaného laseru a stává se jeho neoddělitelnou součástí po celou dobu životnosti. Technologie přímého značení v kombinaci s QR kódem, kterou používá hlavně společnost Denso, se používá jen zřídka, protože oproti DataMatrix je při nízké kvalitě provedení obtížně snímatelný. [11]; [7]

## 4 Metody značení ocelových materiálů v průmyslu

Tato kapitola se zabývá popisem a zhodnocením metod značení hlavně ocelových materiálů, kterými lze na povrch zapsat DataMatrix kód a text potřebný k traceability.

### 4.1 Značení mikroúderem

Princip metody spočívá ve dvourozměrném pohybu kmitajícího karbidového hrotu umístěného v hlavě nástroje po povrchu v osách x a y pomocí krokových motorů. Hrot je rozkmitáván tlakovým vzduchem nebo elektrickou energií a udeří těsně před spodní úvratí do materiálu. Tím vytlačí do povrchu bod, který může mít hloubku až 0,8 mm. Vše má za následek řadu po sobě jdoucích bodů, které mohou vytvořit číslice, text, logo nebo DataMatrix kód tak, jak je to znázorněno na obrázku č. 7. Body od sebe mohou být podle potřeby vzdáleny nebo díky vysoké frekvenci kmitání a pomalému posuvu vytvořit nepřerušovanou linii. Hrot může být v závislosti na značícím přístroji vzdálen od povrchu materiálu až 10 mm a jelikož osciluje, lze s ním značit i povrchy s nerovnostmi až 6 mm. [13]



Obrázek 7: Označení ocelového dílu pomocí DataMatrix a textu [13]

Značení mikroúderem se často využívá v automobilovém a ocelářském průmyslu pro jeho trvalost na označeném povrchu i přes silné mechanické zatěžování a snadnou integritu do výrobních linek. Lze jím značit širokou škálu materiálů jako například nerez, hliník, plasty, keramiku, sklo, dřevo nebo ocel, a to až do tvrdosti materiálu 62 HRC. Díky tomu, že zanechává v povrchu trojrozměrnou stopu, je označení čitelné i po provedení povrchové úpravy například v podobě nanesení ochranného laku či barvy. [15] Společností, které se zabývají značením pomocí mikroúderu je celá řada. V České republice působí například Lintech, Automatogroup, či Marksystems. Z globálních společností mají velice dobrou pozici na trhu například Pryor, Sic marking, Mecco, či Couth. Často jsou zákazníkům nabízeny dvě možnosti implementace do výrobního procesu. První, a zároveň nejrozšířenější variantou zobrazenou na obrázku č. 8, je montáž zařízení přímo do výrobní linky nebo samostatné značící stanice. Druhou, zobrazenou na obrázku č. 9, je přenosné zařízení, které umožňuje díky vlastním bateriím ruční značení, kdekoli je to třeba.



Obrázek 8: Zařízení PRYOR namontované na značící stanici [16]



Obrázek 9: Ruční značení [17]

## 4.2 Značení rytím

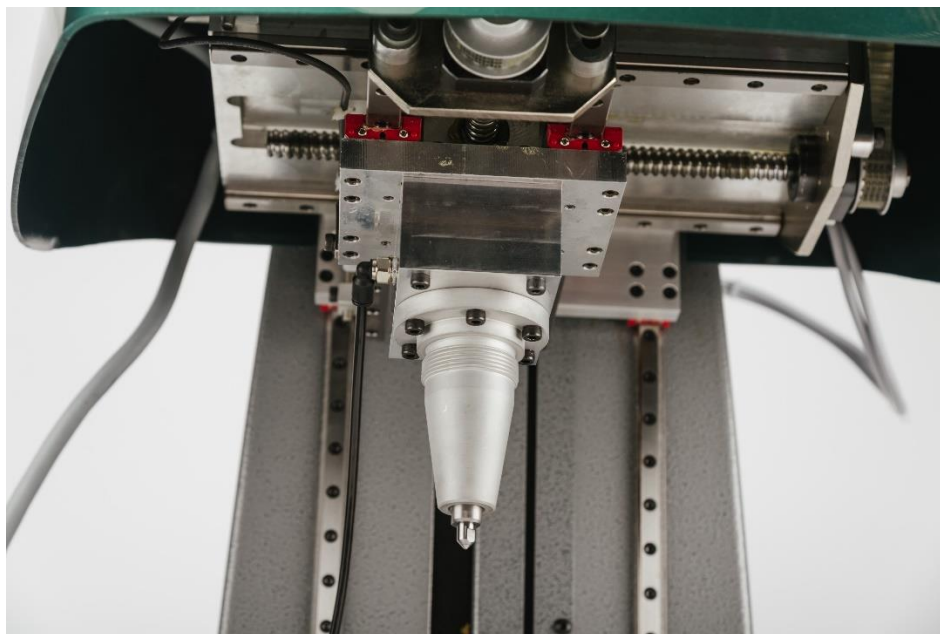
Tato metoda, též známá pod pojmem gravírování, má podobný princip jako mikroúder. Do hlavy stroje je umístěn karbidový nebo diamantový hrot, který je tlakem, způsobeným elektrickou energií nebo vzduchem, tlačěn do povrchu materiálu. Následný dvourozměrný pohyb v osách  $x$  a  $y$ , vytváří plynule opracovaný povrch zobrazený na obrázku č. 10. Výstupem této technologie může být text, číslice nebo logo. DataMatrix kód být utvořen nemůže, jelikož ho tvoří jednotlivé body. Nejčastější poloměry hrotu jsou mezi 0,5 mm a 1 mm. Obecně platí, že čím menší je poloměr, tím hlubší linie vznikne. Ovšem malé poloměry mohou způsobit vytrhávání materiálu z povrchu místo toho, aby jej tvářely.



Obrázek 10: Označení číslem VIN pomocí rytí [18]



Standardní úhel hrotu k povrchu ve směru pohybu je 110 stupňů. Ten může být v závislosti na speciální aplikaci upraven. Maximální hloubka výsledné linie dosahuje hodnoty okolo 0,5 mm. Lze značit materiály od plastů po oceli do tvrdosti 62 HRC. Zajímavostí je, že lze po změně nástroje hlavy značit mikroúderem. Jelikož zde dochází k výrazně větším odporům, než je tomu u mikroúderu, je tato změna nástroje umožněna pouze u hlavy určené k rytí. Rytí je oproti mikroúderu výrazně tišší, protože hrot dopadá na povrch pouze při začátku linie ze vzdálenosti od 0,5 až 7 mm. Doporučená vzdálenost špičky hrotu od povrchu je pak 3 až 4 mm. Používá se zejména pro značení dutých dílů s vysokou rezonancí, trubek, či desek. Jelikož u hlavy nedochází k oscilaci, opracované povrchy musí být rovné. Pokud tomu tak není a povrch má určitou malou nerovnost, výsledná linie bude s touto nerovností měnit svou hloubku. Společnosti zabývající se rytím, jsou většinou komplexně zaměřeny na značení tvářením povrchu jako tomu bylo u předešlého způsobu, a proto je netřeba znovu vyjmenovávat. Zařízení zobrazené na obrázku č. 11, je díky již zmíněným vlastnostem velice podobné jako u technologie mikroúderu. [19]; [13]



Obrázek 11: Rycí zařízení namontované na značící stanici [18]

## 4.3 Inkoustové značení

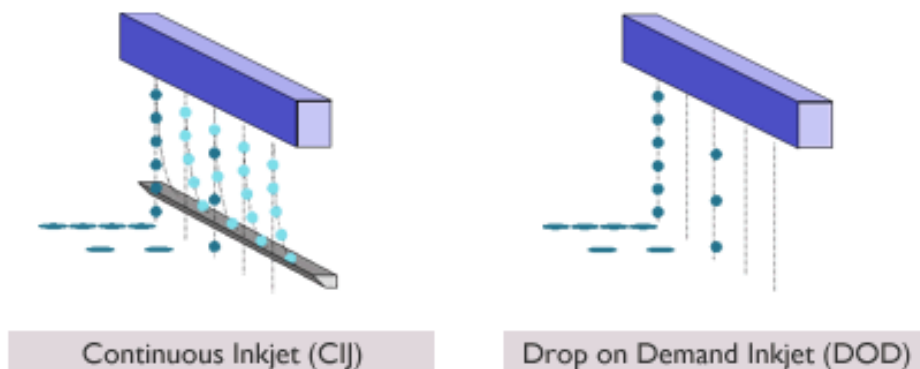
Značení pomocí inkoustového tisku se často označuje jen jako inkjet. Dochází při něm k označení dílů pomocí nanášení vrstev inkoustu tryskovou hlavou, který může být pigmentového nebo nepigmentového charakteru. Inkoustem může být značena široká škála savých i nesavých materiálů. Mezi nejpoužívanější patří sklo, keramika, dřevo, papír, karton, kov a plasty. Inkjet využívá hned několik technologií k značení.

První je DOD (Drop on Demand). Jak vyplývá z volného překladu: „kapka na vyžádání“, jednotlivé kapky inkoustu jsou z tryskové hlavy dopravovány jen tehdy, kdy je to k označení třeba.

Druhou je LCM (Large Charakter Marking), neboli označení pomocí velkých znaků. U této technologie dochází k nanášení na povrch výrazně větších kapek, než je tomu u tisku znaků malých.

Třetí je ve výrobním průmyslu nejpoužívanější technologie CIJ (Continuous Inkjet), při které dochází ke kontinuálnímu značení pohybujícího se dílu, zatímco hlavice zůstává na stejném místě. Kapky inkoustu jsou vychylovány silným elektrickým polem a ovládány pomocí nabíjecí elektrody. Z tryskové hlavy tedy proudí stejné množství inkoustu, který je v případě, že není potřeba, zpátky dopravován do zásobníku.

Jelikož může být přísun dílů různé intenzity v závislosti na předešlých operacích, rychlost se může v průběhu měnit v daném rozsahu příslušné úrovně technologie. Vše umožňuje sensor pohybu, který dokáže upravit přísun nebo rychlost dopadajícího inkoustu na danou plochu a vytvoří tak vždy stejný výsledek tisku. Princip dávkování inkoustu u technologií DOD a CIJ je patrný na obrázku č.12. Stejně jako tomu bylo u technologie mikroúderu, existují dva druhy implementace do výrobního procesu. Při prvním způsobu je zařízení určené k tisku namontováno přímo do výrobní linky, či samostatné stanice. Druhou je možnost přenosného zařízení zobrazeného na obrázku č. 13, kterým je možnost značit kdekoliv je to třeba, ovšem s omezenou velikostí textu.



Obrázek 12: CIJ vs DOD [23]



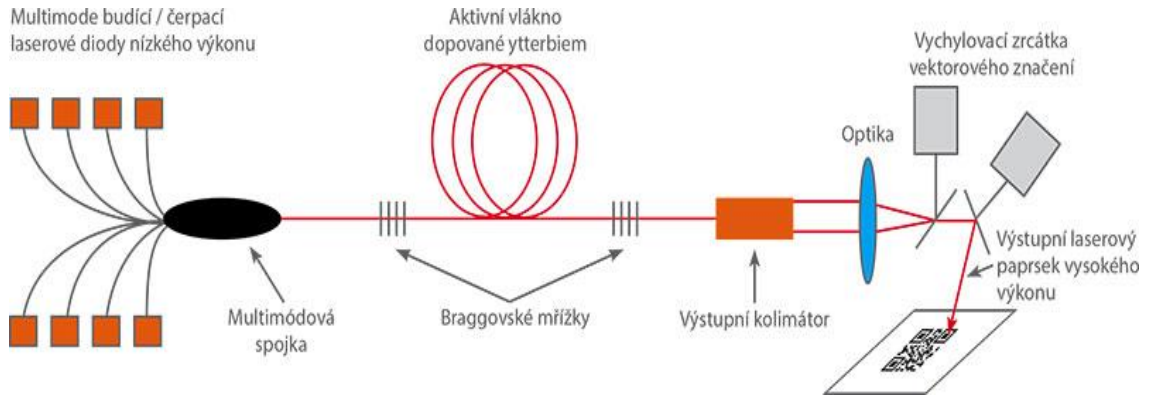
Obrázek 13: Tisk pomocí přenosného zařízení [20]

Na trhu je možnost výběru z velkého množství inkoustů, které mohou mít širokou škálu barev, ale i naprosto odlišné vlastnosti. Některé jsou navrženy tak, aby vydržely na značeném díle co nejdéle a nebylo je možné odstranit ani ředidlem. Některé mohou být ředitelné obyčejnou vodou, z důvodu lehkého odstranění, kdy je například při recyklaci součásti vyžadováno zaměnit kód za nový. Pro automobilový průmysl byly vynalezeny speciální inkousty. Jedním takovým je inkoust s označením Black UV. Tento inkoust je tvrditelný, a tedy velice odolný vůči rozpouštědlům, ale i například broušení. Jelikož je prostředí tohoto průmyslu náročné z hlediska změn teplot, vlhkosti a prachu o nejrůznějším složení, nabízí většina společností certifikovanou ochranu svých zařízení IP65, krytím z nerezové oceli. [21]; [22]

## 4.4 Značení laserem

Laserová technologie se obecně používá v široké oblasti aplikací, kterými jsou například vrtání, řezání, svařování a samozřejmě značení. Jelikož je automobilový průmysl, díky svému rychlému vývoji, jednou z prvních oblastí, ve které se používají nejpokročilejší technologie, má zde laserové značení, své pevně dané místo a bohatou historii vývoje. Laserem lze značit široké množství materiálů, kterými jsou oceli, litiny, slitiny, drahé kameny, sklo, plasty, papír, dřevo, guma atd. Pro značení lze použít hned tři typy laserů. První je  $CO_2$ , který se řadí do skupiny plynových laserů a aktivní prostředí je tvořeno směsí plynů obsahující oxid uhličitý. Další dva nesou názvy Nd:YAG a Vláknový. Oba patří do skupiny pevnolátkových laserů, jejichž aktivním prostředím je matrice umělého YAG krystalu dopovaného ionty neodynu nebo ytterbia. Nejlepší vlastnosti pro technologii značení oceli vykazuje laser vláknový. Ten má oproti  $CO_2$  dvakrát a oproti Nd:YAG dokonce čtyřikrát větší efektivitu, prakticky bezúdržbový provoz a životnost se zde počítá na nižší řády stovek tisíc hodin. Svůj název získal podle toho, že je u něj záření generováno v jádru optického vlákna, které je dopováno prvky někdy označovány jako vzácné zeminy, patřící do skupiny lanthanoidů. Nejčastěji jde o erbium, ytterbium, či užití těchto dvou látek společně. Průřez vlákna, díky kterému má paprsek rozdílnou specifikaci a využití, může být čtvercový, kruhový, obdélníkový atd. V optickém vlákně, které plní funkci optického zesilovače, dochází ke vzniku laserového paprsku a má tedy stejnou funkci jako krystal u laserů pevnolátkových. Vygenerovaný paprsek putuje přes kolimátor a optiku, na vychylovací zrcátka, kde je složený paprsek o vysokém výkonu vychylován potřebnými směry k vytvoření kódu tak, jak je to zobrazeno na obrázku č. 14. [21]; [24]; [25]; [26]





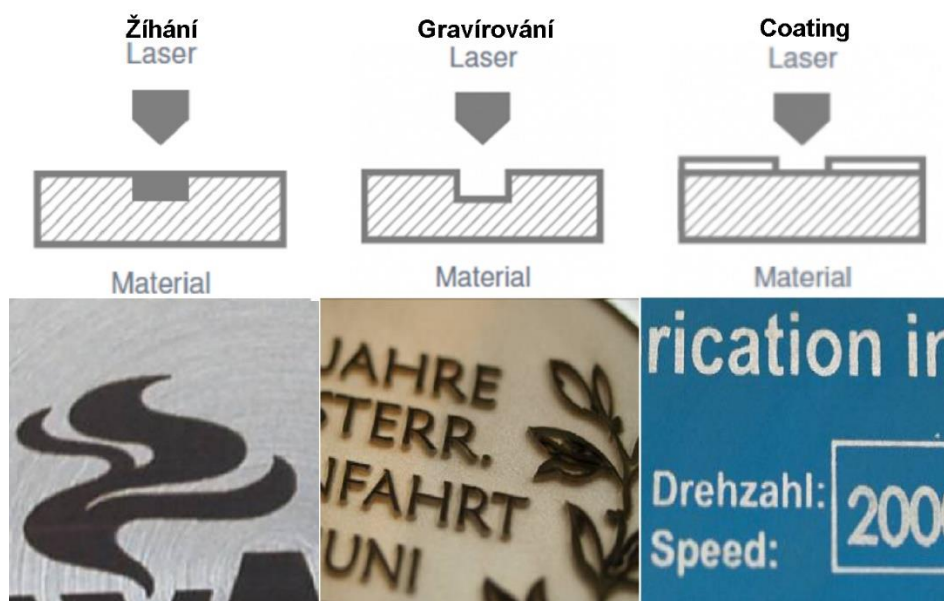
Obrázek 14: Schéma principu vláknového laseru [28]

Trh se značícími lasery se dá rozdělit podle dimenze, ve které jsou schopni pracovat. Existují tedy 2D i 3D řízené lasery. V praxi to znamená, že 2D laser musí mít jasně danou ohniskovou vzdálenost od značeného povrchu, aby mohl správně označit díl. Plocha, kterou značí, by měla být nejlépe rovinná. Tento nedostatek se většinou řeší mechanickým, či ručním posuvem ohniskové vzdálenosti k danému dílu. Pokud potřebujeme označit díly na několika místech najednou, které jsou navíc v několika úrovních, nakloněné nebo rotační, velice dobrou volbou je 3D řízený laser. Ten si dokáže ohniskovou vzdálenost osy „Z“ upravit sám, a tudíž je mnohem efektivnější. Dokáže značit všechny úrovně dílu v jedné operaci bez nutnosti zásahu obsluhy či dodatečné manipulace. Obě technologie laserů nabízí například společnosti Gravotech, Keyence, Couth a další. Rozdíly při použití obou technologií u různě tvarovaného dílu je patrný na obrázku č. 15. [21]; [24]; [25]; [26]



Obrázek 15: Rozdíl v označení 2D vs 3D řízeného laseru [27]

Pro označení oceli se může použít hned několik způsobů aplikace laserového paprsku, které mají odlišné vlastnosti. Jedním z nich je žíhání. Při tomto lokálním působení laserového paprsku na materiál, těsně pod teplotou tavení, vzniká pod povrchem oxidační proces, který má za následek změnu barvy. Barva je nejčastěji černá a materiál není nijak poškozen, či ubrán. Pokud je potřeba po označení daný díl natřít, například ochranou barvou, stačí použít vyšších výkonů a pomocí gravírování vytvořit hlubší vzor vykazující podobné vlastnosti jako u plastického značení. Při tomto způsobu se povrch oceli roztaví a odpaří. Ke čtení kódů je dobré mít určitý kontrast bodů, jako tomu bylo u žíhání. Tento kontrast lze vytvořit i u materiálu, který je již natřen například barvou, pomocí odstranění tohoto povlaku (coatingu). Kontrast je zde vytvořen v důsledku odlišných barev krycí vrstvy a oceli. Schéma principu a následné zobrazení výsledku u všech třech způsobů, je zobrazeno na obrázku č. 16. [21]; [24]; [25]; [26]



Obrázek 16: Způsoby značení [26]

## 4.5 Zhodnocení výhod/nevýhod daných metod

V provozu automobilové výroby byly nejdříve zavedeny technologie plastického značení pomocí mikroúderu a rytí. Takové značení je hluboké, smazatelné jen broušením a velmi dobře čitelné pouhým okem. Ovšem čtení samotnými stroji, či různými čtečkami, které jsou pro 2D kódy třeba, je z hlediska špatného kontrastu problémové. Protože mechanicky vytlačené body odrážejí světlo jinak než rovný povrch, je třeba ho při čtení správně nasvítit. Velikou nevýhodou má tento typ značení v hlučnosti a rychlé opotřebitelnosti nepohyblivých částí hlavy, ale hlavně těch pohyblivých, mezi které patří třeba hrot a s tím související zvýšení ceny nákladů.

Značení inkoustem má výhodu v nižších pořizovacích nákladech a dobrém kontrastu. Pokud ovšem v průběhu let používání sečteme výdaje za častou údržbu a spotřebu barvy, celková cena technologie se i mnohonásobně zvýší. Další nevýhodou pro použití v automobilovém průmyslu je i fakt, že označení barvou na daném materiálu nemusí být trvalé.

Technologie značení laserem, hlavně pak vláknovým, má oproti ostatním neporovnatelnou životnost v řádu nižších stovek tisíc hodin. Toto číslo v praxi znamená desítky let provozu. Nevýhoda může být ve vyšších pořizovacích nákladech a nutnosti vyšší bezpečnosti například úplným zakrytím stroje. Jelikož ovšem tato technologie skoro nevyžaduje servis, a kromě elektrické energie neužívá žádný další spotřební materiál, protože je bezkontaktní a zbarvení zde dochází změnou materiálových vlastností zahřátím, v průběhu let se vyšší pořizovací náklady začnou vyplácet. Další výhodou je výkon a tím související rychlost značení, která převyšuje všechny ostatní technologie. Hlavní výhodou je při použití 3D řízeného laseru možnost značení i jinak tvarovaných dílů, které se mohou díky rychlému rozvoji automobilového průmyslu rok, co rok měnit. Vše bez nutnosti další modifikace mechanického natáčení, či posouvání daného dílu, které je u ostatních technologií, pokud se neznačí jen rovinná plocha, třeba.

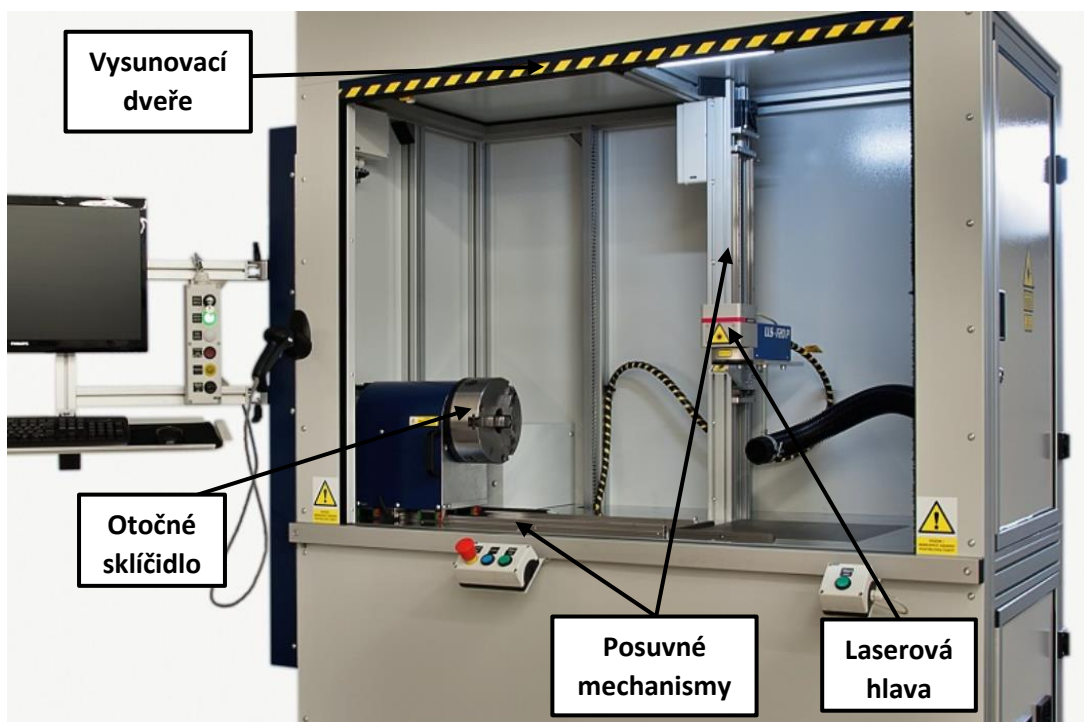
Pro značící stanici byla vybrána díky četným výhodám metoda laserového značení.

## 5 Možné provedení laserových značicích stanic

V praxi existuje několik variant laserových značicích stanic. Provedení jsou závislé na požadovaném tvaru a velikosti dílů, které mohou být v průběhu let používání proměnné, bezpečnostním požadavkům zákazníka, vhodné manipulaci nebo synchronizaci s jiným zařízením.

### 5.1 Posuvné otočné sklíčidlo a laserová hlava

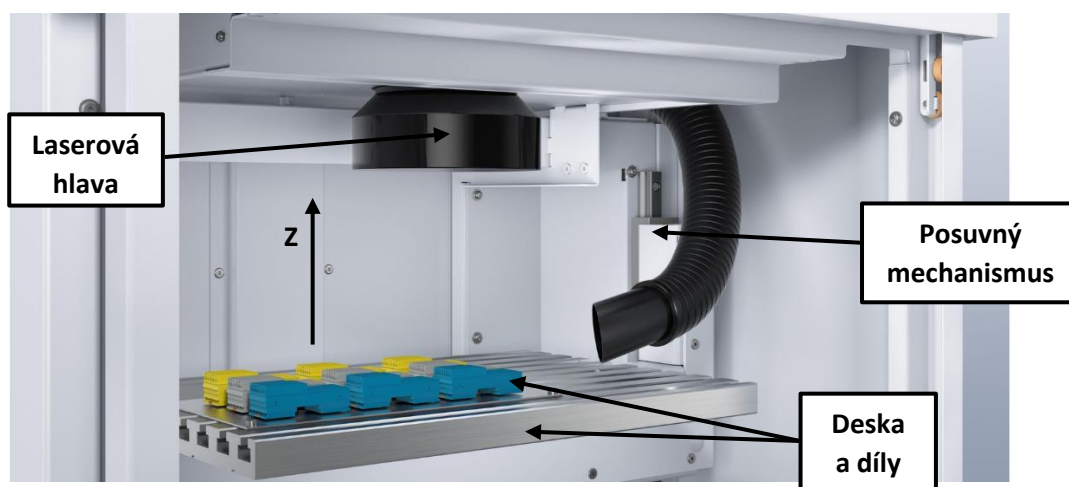
Pokud jsou potřeba popisovat rotační součásti, vhodným řešením je stanice s 2D řízeným laserem a otočnou osou. Díky synchronizaci osy, laseru a softwaru, lze označit součást po celém jejím obvodu. Na obrázku č. 17 je zobrazena stanice od firmy Lintech. Zpřístupnění pracovního prostoru zde probíhá přes vysunovací dveře ovládané pomocí zeleného tlačítka. Součást se upevňuje do sklíčidla, které má daný rozsah průměrů a nastavitelnou vzdálenost osy od popisovacího místa. Laser si díky vertikálnímu posunu nastavuje danou ohniskovou vzdálenost. Dveře se po spuštění operace automaticky zavřou a po dokončení otevřou. [29]



Obrázek 17: Stanice se sklíčidlem [29]

## 5.2 Posuvná deska a stacionární laserová hlava

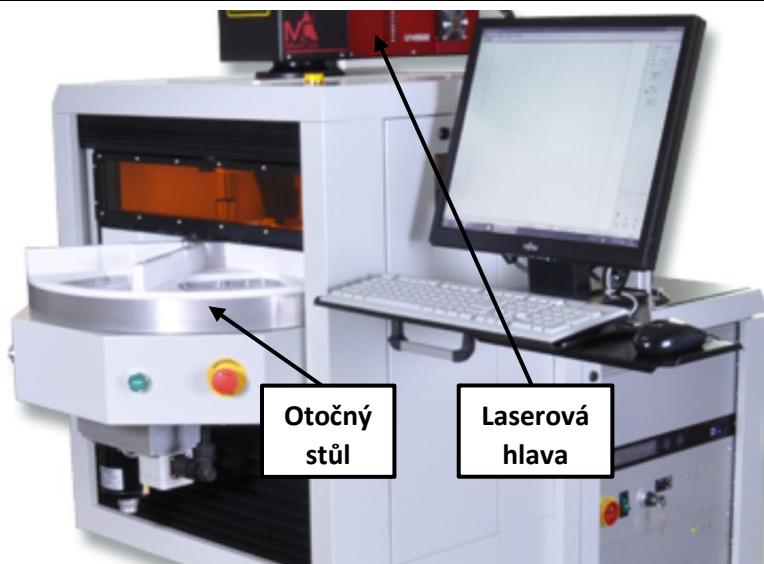
K popisu součástí, které jsou schopny samovolně ležet na desce uvnitř stanice a mají rovnou plochu, která je třeba označit, se používá podobný princip jako tomu bylo u předešlé varianty. Rozdíl je pak v absenci otočného sklíčovadla. Díky synchronizaci posuvu stolu v ose „Z“ a laseru, mohou být značené plochy různého tvaru a jiné ohniskové vzdálenosti vůči laseru. Stůl pracovního prostoru lze osadit držáky a uchytit tak na něj i nerovinné součásti. Na obrázku č. 18 je znázorněn pracovní prostor stanice firmy Trumpf. [30]



Obrázek 18: Universální stanice [30]

## 5.3 Otočný stůl a stacionární laserová hlava

Velice dobrou bezpečnost pracoviště a efektivitu celého procesu vykazují stanice s integrovanými otočnými stoly. Jedna taková je zobrazena na obrázku č. 19, od firmy Medicom. U toho provedení pracovník nezasahuje do značícího prostoru, protože součást je zde podávána na místo značení, pomocí otočení stolu, který může mít například od dvou do šesti poloh. Každá poloha je oddělena přepážkou tak, aby nebyl možný průchod paprsku ze značícího prostoru s laserem. Samotné značení spočívá ve vložení součásti do držáku, zmáčknutím tlačítka, které otočí stolem do další polohy a spustí samotné značení. Po otočení pracovník vyjme označenou součást, upevní další a celý proces se opakuje. Do jednotlivých poloh stolu lze umístit různé druhy upínacích přípravků a značit najednou i jiné součásti. Stanice se dá osadit i 3D řízeným laserem, který zajistí označení ještě většího spektra součástí. [31]



Obrázek 19: Stanice s otočným stolem [31]

## 5.4 Zhodnocení výhod/nevýhod daných provedení

Provedení s posuvným otočným sklíčidlem a posuvnou laserovou hlavou se stává výhodným, pokud má být stanice určena pouze k označení rotačních součástí a označení je vyžadováno po celém obvodu. Jelikož je ovšem pro tuto práci vyžadována aplikace různých druhů dílů a k označení dojde, z důvodu použití DataMatrix kódu, na relativně malé ploše, je toto provedení nevhodné.

Další způsob provedení s posuvnou deskou a stacionárním laserem je řešením, které lze použít již u více druhů dílů. Posuv stolu umožní i označení dílů nerovinných, či rotačních. Ovšem díky nutnosti vysouvání/zasouvání dveří a následné výměně označeného dílu za neoznačený, je značící proces jednoho dílu zdlouhavý. Jelikož je pro značení vybrána technologie laseru, která vyniká právě svou rychlostí označení, je tato varianta nevýhodná časově, a tím i ekonomicky.

Varianta provedení s otočným stolem se liší od předchozí jen ve způsobu dopravy dílů do prostoru značení. Její nespornou výhodou je časová úspora zakládáním nového dílu, zatímco se druhý značí. Dále je to vysoká míra bezpečnosti, protože obsluha při samotném značení nezasahuje do prostoru značení a přístup je umožněn jen při vypnutém stavu skrz servisní dveře. Jelikož je vyžadována aplikace různých druhů dílů s nerovinnou či rotační plochou k označení, stačí takovouto stanicí vybavit 3D řízeným laserem, čímž se splní všechny požadavky dané tvarem dílů.



## 6 Úvod do řešené problematiky

Zadávatel této bakalářské práce je ABB s.r.o., která vnesla požadavek na vytvoření značící stanice pro díly v automobilovém průmyslu. Samostatná stanice má oproti umístění značící technologie, do již existující výrobní linky výhodu ve flexibilitě. Jelikož je značící stanice samostatná jednotka, může být umístěna ve výrobní hale za jakýkoli úsek výroby, po kterém bude třeba dané díly označit a trvale na ně tak zapsat informace potřebné k traceability nebo název/logo společnosti.

Konstrukční požadavky se dají shrnout do tří hlavních částí.

### 1. Vyřešení bezpečnostních prvků:

Jelikož nebyla zadána konkrétní metoda značení, problematika bezpečnostních prvků je při použití různých technologií odlišná. Příkladem může být metoda mikroúderu, vyžadující dostatečné odhlučnění stanice, splňující hygienické limity stanovené zákonem. Laserové technologie zase vyžadují prvky zabraňující průniku paprsku ze značícího prostoru.

### 2. Požadavky rozměrů a váhy:

Značící stanice by měla být schopna označit rotační součásti jako jsou například ložiska nebo trubky. Dále by měla být schopna označit plochy, které jsou v odlišných úrovních a vznikne mezi nimi nakloněná rovina. Pro představu se může jednat o ohnutou rámovou konstrukci.

Maximální rozměry značených dílů jsou pak:

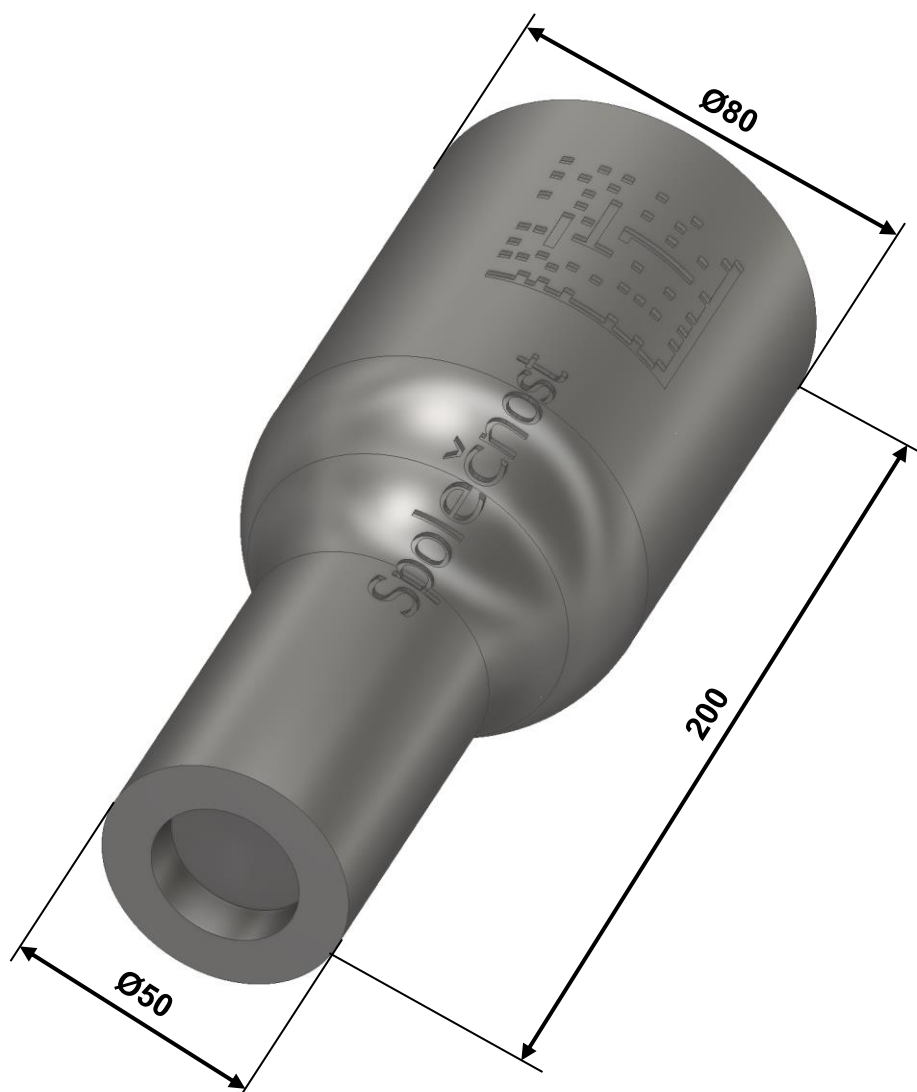
- Délka = 200 mm
- Šířka = 150 mm
- Výška = 100 mm

Jelikož může být značící stanice ovládaná ženou i mužem, maximální hmotnost jednoho dílu nesmí překročit 15 kg. Tato hmotnost je stanovena daným hygienickým limitem pro ženu při častém zvedání a přenášení.

### 3. Požadavky označení:

Vybraná metoda značení by měla být schopna označit ocelové (případně i z jiného materiálu) díly 2D kódem, který může být v případě potřeby doplněn textem reprezentující například název společnosti.

Pro představu vyžadovaných ploch značení a celkových rozměrů dílů, které bude možné označit, byl vytvořen reprezentativní model (Obr. 20). Tento model splňuje rozměrové požadavky laserové technologie. Díl se skládá ze dvou rotačních částí rozdílného průměru, které splňují podmínku nerovinných ploch nacházejících se v rozdílné ohniskové vzdálenosti vůči laseru. Plocha vytvořená mezi dvěma rozdílnými průměry tvoří kužel, poukazující na vynikající možnosti 3D řízeného laseru. Model splňuje maximální možné rozměry jen ve své délce. Ostatní rozměry byly zvoleny menší, protože při menším poloměru rotační součásti vzniká zaoblenější povrch, lépe reprezentující možnosti značení.





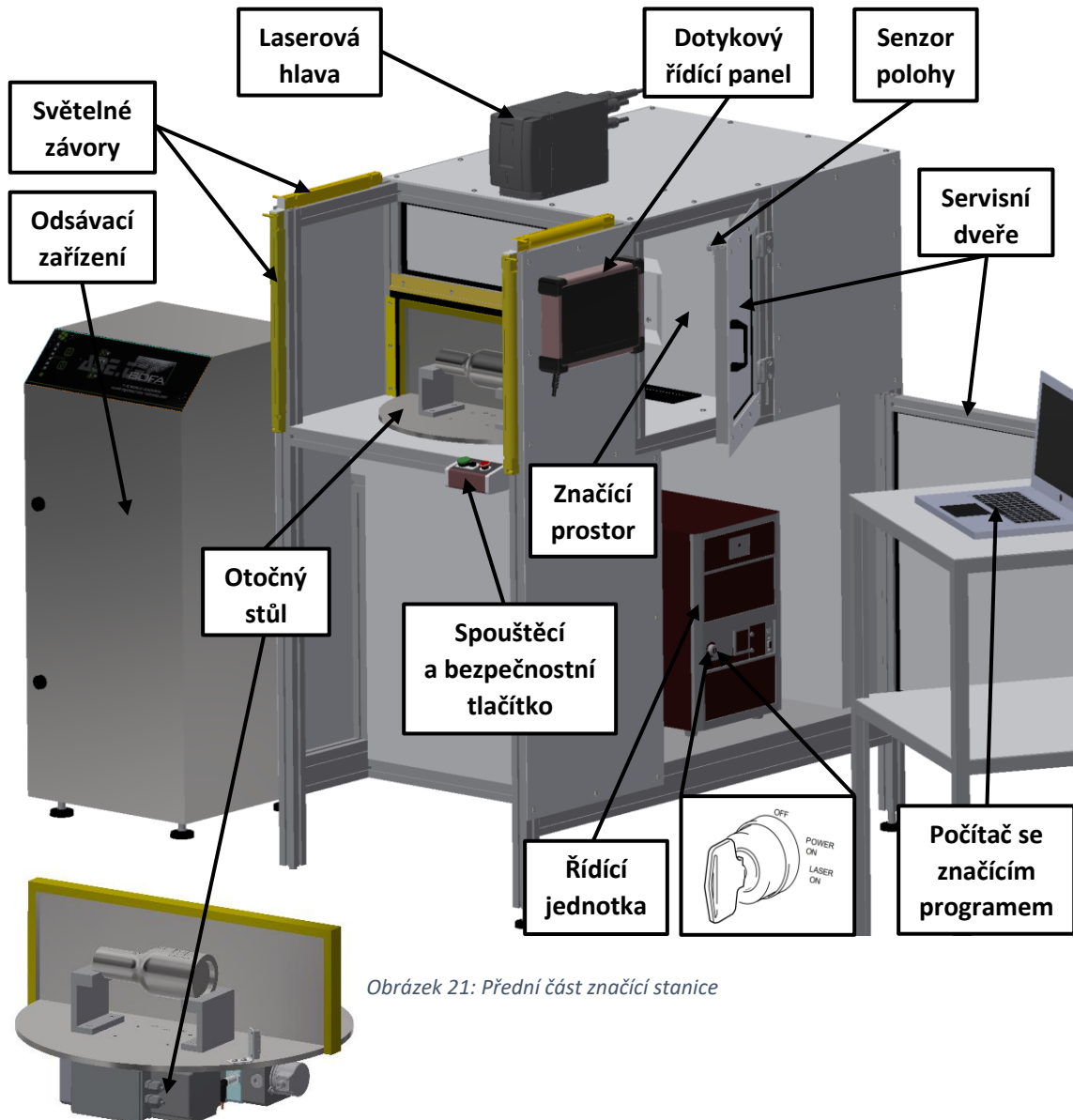
## 7 Představení celého zařízení

Díky porovnání možných provedení značících stanic a metod značení, byla vybrána varianta s otočným stolem a laserovou technologií.

V této kapitole bude celá značící stanice popsána jako celek, z hlediska umístění jednotlivých součástí a jejich funkcí. Dále bude popsána ergonomie celého pracoviště a princip samotného značení.

### 7.1 Umístění hlavních komponent

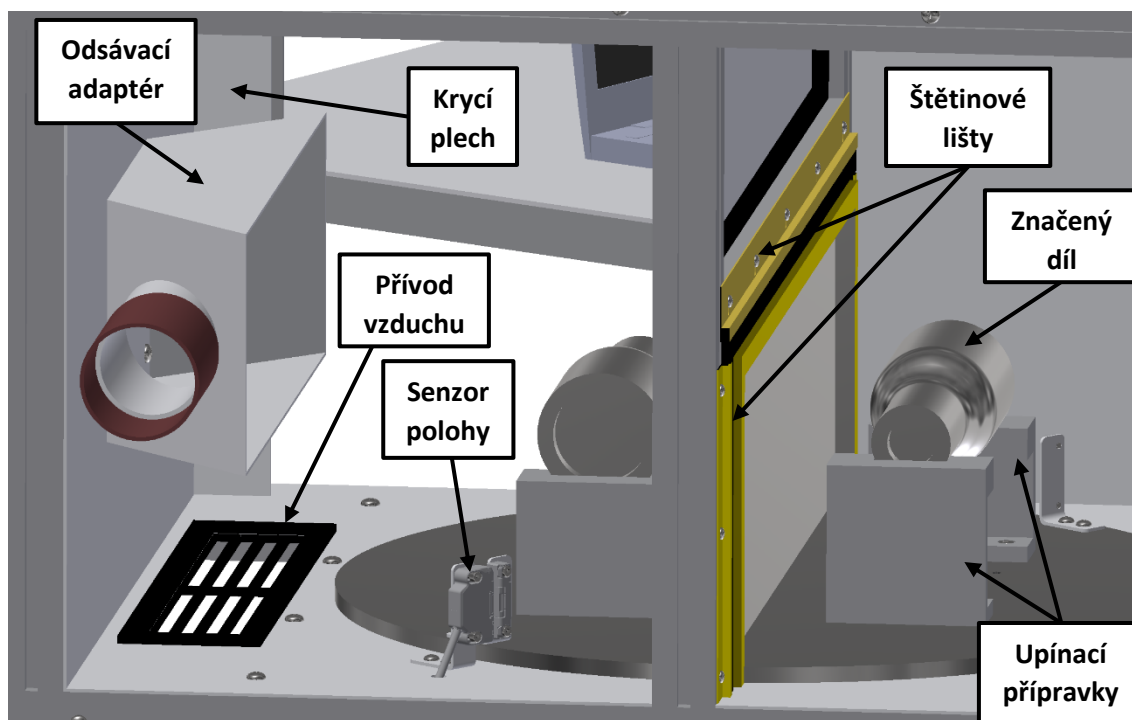
Na obrázku č. 21 jsou zobrazeny všechny hlavní komponenty stanice. Laserová hlava byla umístěna na vnějším plášti. Propojena je pomocí optického vlákna s řídicí jednotkou. Při konstrukci bylo zapotřebí brát v úvahu maximální poloměr ohnutí těchto vláken. Otočný stůl byl umístěn na konstrukci vytvořenou z hliníkových profilů, která bude podrobněji popsána v kapitole 8 (Konstrukce zařízení). Dotykový řídicí panel sloužící k obsluze a nastavení laserové technologie je zavěšen na vnějším plášti. V případě potřeby je možné tento panel ovládat v ruce. Odsávací zařízení je umístěno vedle stanice. Bylo tak učiněno hlavně z rozměrových důvodů a potřeby nasávat/vyfukovat velké množství vzduchu. Stanice disponuje dvěma servisními dveřmi přichycenými pomocí závěsů přímo k rámu. Na přední straně stanice je umístěn panel se dvěma tlačítky. Zelené slouží k otočení stolu, a tedy spuštění samotného značícího procesu. Červené tlačítko je nouzové a slouží k zastavení jakéhokoli probíhajícího procesu v případě poruchy nebo jakékoli jiné potřeby. Osobní počítač se značícím programem lze položit na stůl vedle stanice tak, aby při samotném značení nepřekážel, protože je třeba jen při nahrání virtuálně označeného dílu.



Obrázek 21: Přední část značící stanice

## 7.2 Bezpečnostní prvky

Jako bezpečnostní prvek zabraňující průniku laserového paprsku ze značícího prostoru skrz 10 mm širokou mezeru mezi rámovou konstrukcí a obvodem rozdělení otočného stolu byly vybrány štětinové lišty (obr. 22). Tyto lišty doléhají na obvodovou plochu, která byla za tímto účelem zvětšena ocelovým čtvercovým dutým profilem. Aby bylo zabráněno průniku paprsku okolo horních servisních dveří, které z funkčního hlediska nemohou doléhat k rámu stanice, byl na ně namontován plech tvaru „U“ krycí tuto mezeru. Jelikož nebylo možné tento plech umístit na straně závěsů, byl přišroubován k rámové konstrukci zevnitř značícího prostoru (obr. 22).

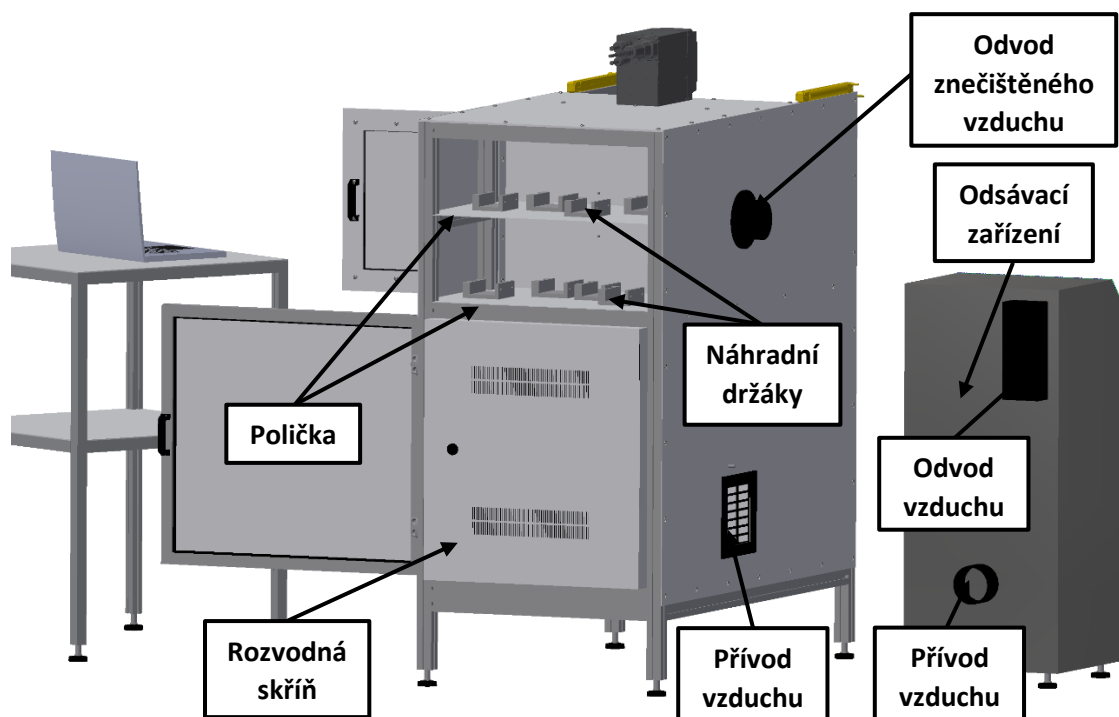


Obrázek 22: Značící prostor stanice

## 7.3 Umístění dalších potřebných komponent

Rozvodná skříň je vložena a následně přišroubována ze zadní strany stanice přímo do rámu (obr. 23). Je v ní umístěn rozvaděč, bezpečnostní relé a programovatelné PLC, které se stará o synchronizaci chodu otočného stolu, senzorů polohy, světelných závor a samotné laserové technologie.

Aby bylo možné odsávat vzduch z prostoru značení, bylo zapotřebí umožnit jeho přísun. Kdyby tak nebylo učiněno, vznikal by v prostoru stanice nežádoucí podtlak a odsávací zařízení by nemohlo plnit svou funkci. Učiněno tak bylo pomocí otvorů v krycích deskách, zakrytých plastovou mřížkou (obr. 22 a 23 – přívod vzduchu).

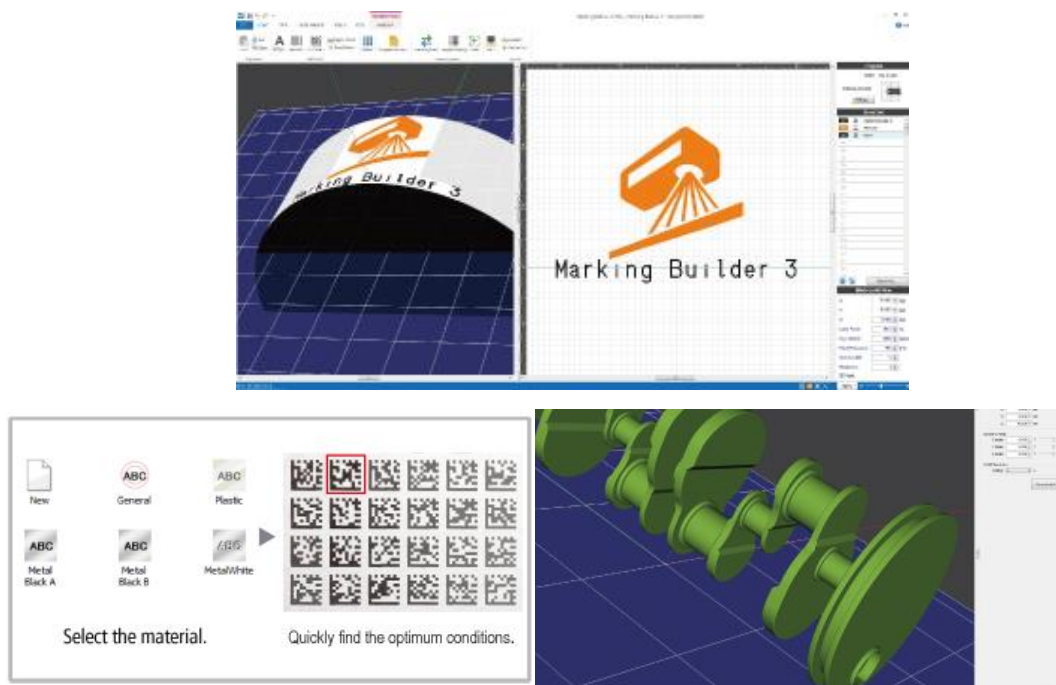


Obrázek 23: Zadní část značící stanice

## 7.4 Princip značení

Pracovník zapne napájení řídicí jednotky pootočením klíčku na řídicí jednotce do polohy (power on) a propojí jí s osobním počítačem, ve kterém už má připravenou virtuálně označenou součást pomocí programu Marking Builder 3 (Obr. 24). Z programu nahraje potřebné informace a pootočí klíčkem do další polohy (laser on), která aktivuje napájení laserové hlavy.

Samotné značení probíhá založením značeného dílu do upínacích přípravků a zmáčknutím spouštěcího zeleného tlačítka (obr. 21). Otočný stůl se otočí o 180° do polohy přesně kontrolované senzorem polohy (obr. 22). Stůl se díky elektronické brzdě okamžitě zastaví, zaznamenají-li světelné závory pohyb. Pokud se stůl otočí do správné polohy, Spustí se samotné značení. Za předpokladu, že již před tímto úkonem došlo ke značení, pracovník během práce laserové hlavy vyjme již označený díl a založí do držáku nový. Jelikož značení díky laserové technologii probíhá rychle, celý proces se po založení dílu znovu opakuje.



Obrázek 24: Značící program Marking Builder 3 využívající společnost Keyence [32]

## 8 Konstrukce součástí zařízení

Tato kapitola se zabývá samotnou konstrukcí celé značící stanice, specifikací vybraných součástí, jejich technickým popisem a případnou modifikací.

### 8.1 Otočný stůl

Jednou z nejdůležitějších komponent stanice je otočný stůl, díky kterému je možné dopravovat díly určené ke značení, bez zásahu obsluhy do značícího prostoru, což zajišťuje velice dobrou bezpečnost, na kterou je třeba při použití laserové technologie klást zvýšený důraz.

Pro stanici byly vybírány otočné stoly od renomované společnosti Stasto. Jejich třetí generace stolů má pověst nejspolehlivějších a nejvýkonnějších stolů vůbec. Na výběr jsou dvě možné provedení:

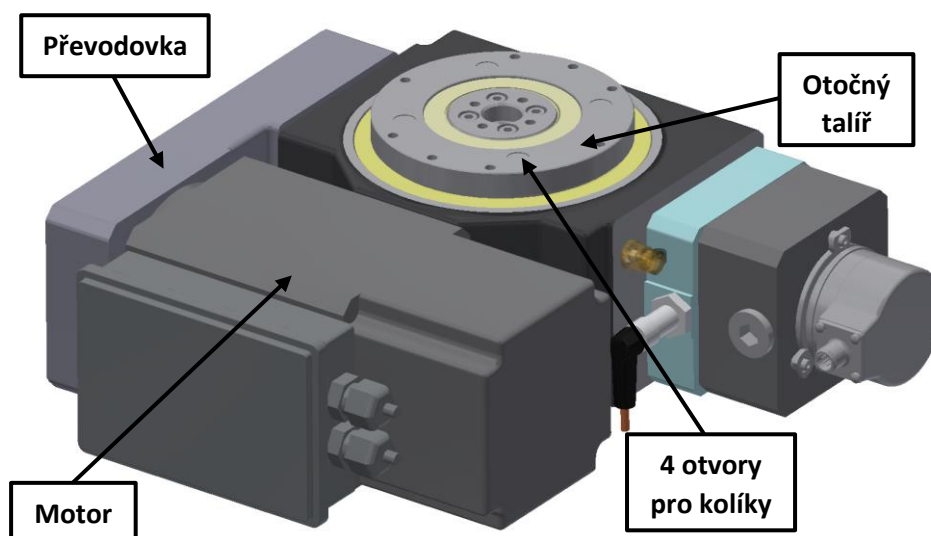
První je volně programovatelný stůl řady NC, u kterého lze díky WEISS Application Softwaru, nastavit až 128 pozic.

Druhou je otočný stůl s pevným počtem poloh řady TC, který lze v nižší modelové řadě volit v provedení poloh 2, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16 a 20. Řada TC a NC se od sebe dále liší pouze pohonem. U TC je zajišťován AC servomotorem a u NC třífázovým motorem.

Obě varianty jsou schopny docílit své polohy s přesností  $\pm 45$  úhlových vteřin, a to také díky integrované elektronické brzdě. Tento parametr je s ohledem na možnost automatické korekce polohy laseru plně dostačující.

Jelikož stanice vyžaduje k dopravě značených dílů pouze dvě polohy otočení, byla vybrána druhá varianta s pevným počtem poloh, která je zobrazena na obrázku č. 25. Jedná se o variantu s označením TC 120G, tedy s průměrem otočného talíře 120 mm s možností upnutí přídatné desky do maximálního průměru cca 600 mm. Konstrukce se skládá v základním provedení z tělesa stolu, otočného talíře, krokové převodovky s válcovou vačkou a hnací jednotky.

[33]

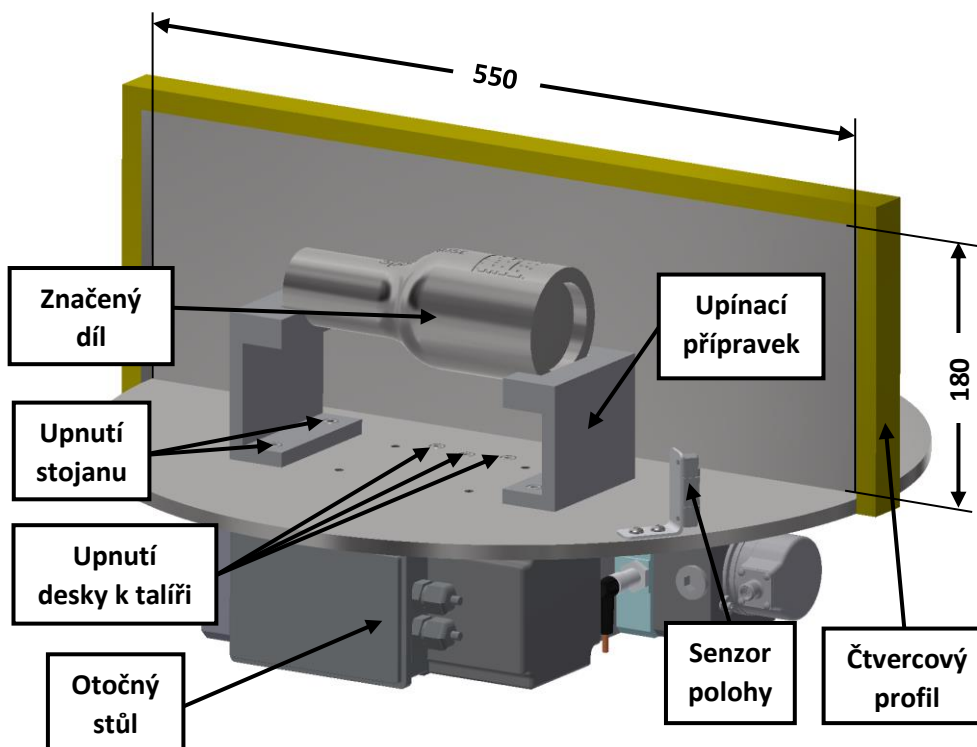


Obrázek 25: Otočný stůl

## 8.2 Deska otočného stolu

Pro uchycení a dopravu dílů do značícího prostoru, bylo zapotřebí zkonstruovat přídatnou desku (Obr. 26), která má dvě oddělené polohy odpovídající rozměrovým parametrům daného dílu. Průměr desky byl zvolen 550 mm, což zajišťuje v každé poloze plochu pro díl 220x260 mm. Výška 180 mm, do které je možné díl vložit, je dána výškou plechu, oddělující jednotlivé polohy. Na obvodu tohoto plechu je z důvodu zvětšení plochy, na kterou doléhají bezpečnostní štětinové lišty, přivařen ocelový čtvercový dutý profil.

Deska je při montáži zajištěna do správné polohy pomocí čtyř kolíků (Obr. 25). Následně je k otočnému stolu připevněna pomocí šesti zapuštěných šroubů M6 s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem. Obsahuje také připravené díry na šrouby stejného typu, díky kterým jsou k ní upnuty držáky, do kterých se vkládají díly.



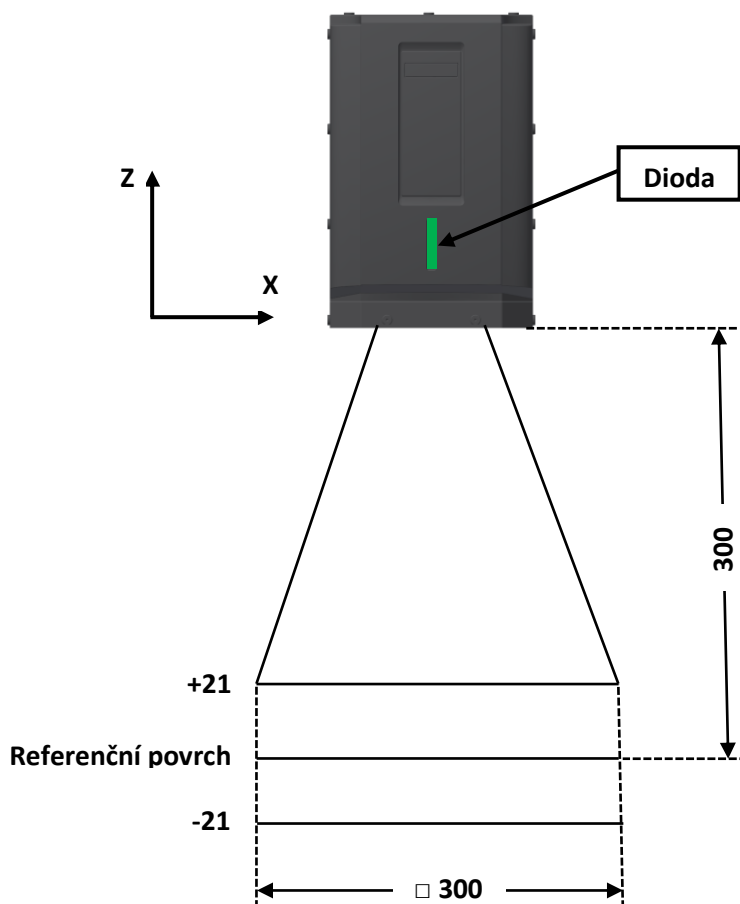
Obrázek 26: Deska přimontovaná na otočném stole

### 8.3 Laserová technologie

Technologie, která převyšuje svými výhodami pro aplikaci dané značicí stanice ostatní, je vláknový laser. Vybrán byl laserový systém od firmy KEYENCE, s označením MD-F5220 a výkonem 50 W. Tento výkon zaručuje na rozdíl od 30W varianty, která je také na výběr, dvakrát větší úběr materiálu při stejné rychlosti značení. Je proto vhodnější variantou pro značení dílů v automobilovém průmyslu, které mohou vyžadovat po označení například natření ochrannou barvou.

Na obrázku č. 27 jsou schematicky zobrazeny rozměrové možnosti značení. Laser je schopen označit ve vzdálenosti 300 mm plochu, která má rozměr 300x300 mm. Zároveň dokáže při samotném značení automaticky upravit ohniskovou vzdálenost v ose „Z“ od referenčního povrchu o 21 mm v kladném i záporném směru. Znamená to tedy, že se značené povrchy proměnných tvarů mohou nacházet v prostoru o rozměrech 300x300x42 mm.



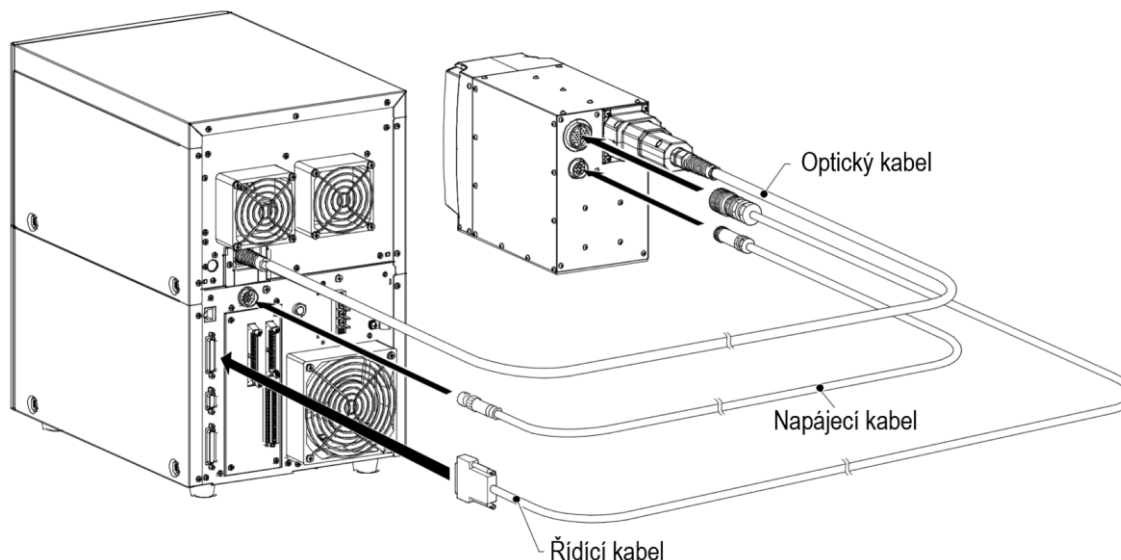


Obrázek 27: Rozměrové možnosti značení

Laserovou hlavu bylo vhodné, díky pevně dané vzdálenosti, ve které je schopna značit a ochraně IP64 před okolními vlivy automobilového průmyslu, umístit na vnější plášť stanice. Dojde tak k ušetření materiálu konstrukce a zviditelnění diody umístěné na přední straně laserové hlavy, signalizující značení, či poruchu.

Laserová hlava je propojena trojicí kabelů s řídicí jednotkou umístěnou ve spodní části stanice (obr. 21). Jedná se o kabely napájecí, řídicí a optický, který dopravuje vytvořený paprsek (obr. 28). Hlava obsahuje natáčecí zrcátka, které určují směr vycházejícího paprsku a ohniskovou vzdálenost. O jejich synchronizaci a veškeré úkony laserové technologie se stará právě řídicí jednotka. Ta mimo jiné disponuje bezpečnostní technologií, která v případě poruchy okamžitě zastaví dopravu paprsku do laserové hlavy. Jelikož jsou optická vlákna náchylná na přeložení a následné zlomení, bylo při konstrukci nutné počítat s maximálním poloměrem 85 mm příslušného ohybu.

O synchronizaci úkonů všech elektrických součástí stanice s laserovou technologií se stará PLC umístěné v rozvodné skříni spolu s bezpečnostním relé.



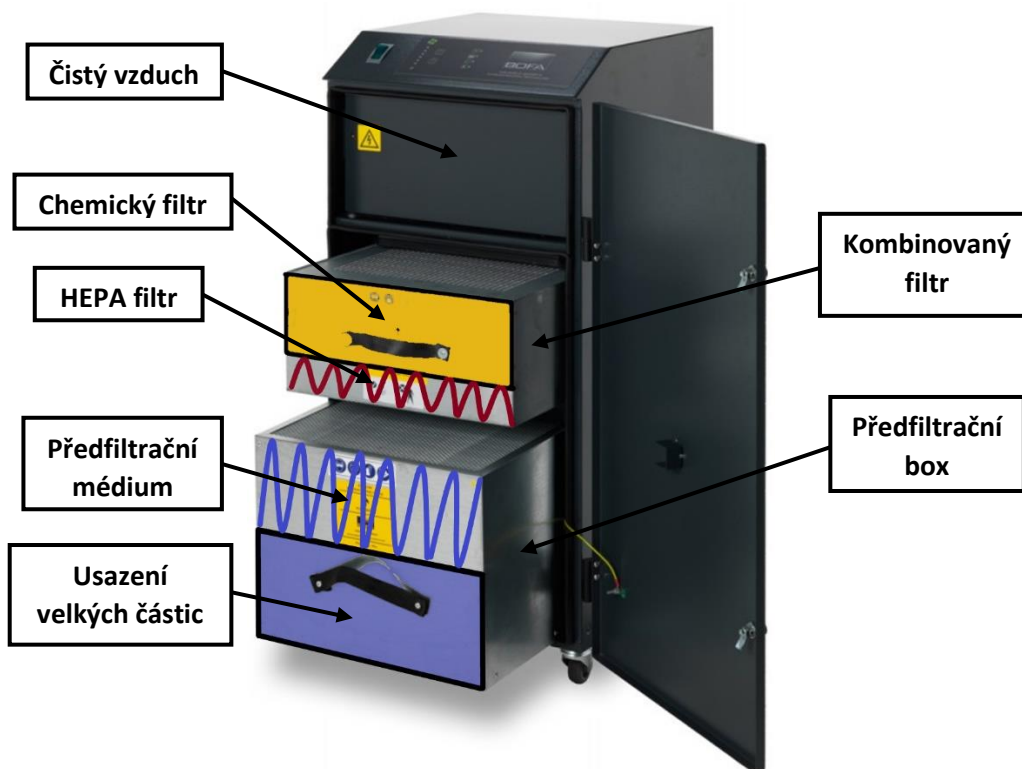
Obrázek 28: Propojení Laserové hlavy s řídicí jednotkou [32]

## 8.4 Odsávací zařízení

Velice důležitým prvkem celého zařízení, je možnost odsávání škodlivého prachu, či kouře z prostoru značení. Prach vzniká v důsledku tepelného rozkladu materiálu na povrchu značeného dílu a skládá se ze směsi pevných částic a plynné hmoty. Hlavní důvody, díky kterým je nezbytné značící stanici osadit odsávacím zařízením jsou dva. První je důvod provozní. Znamená to, že pokud je vznikající kouř nebo prach ignorován, usazuje se na laserovou optiku, což může poškodit objektiv a kvalita celého značení se velice zhorší. Druhý důvod je zdravotní a bezpečnostní, protože prach z materiálů jako jsou kovy, se skládá především z pevných částic. Tyto částice dosahují velikosti menší než jeden mikron a spadají tak do respirabilního rozsahu. Takové částice mohou způsobit například bronchitidu nebo poškození plic.

Vybráno bylo odsávací zařízení do firmy BOFA, s označením AD Oracle PC. Toto zařízení je schopno odsát 380 m<sup>3</sup>/hod. Znečištěný vzduch je zde přiváděn ze zadní strany do předfiltrace (obr. 23), ve které se velké částice usazují ve spodní části boxu a středně velké částice jsou zachytávány v povrchu

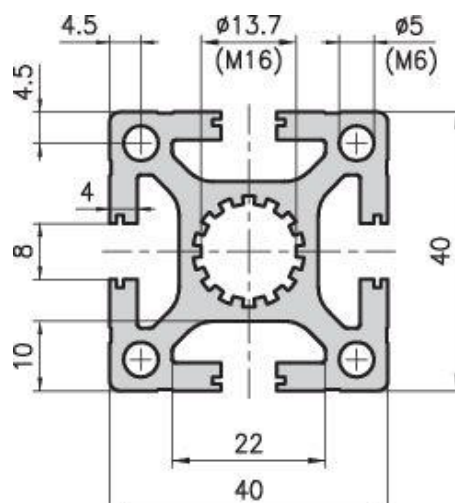
předfiltračního média. Vzduch dále proudí do kombinovaného filtru, kde jsou v HEPA filtru zachyceny zbytkové malé částice a v chemickém filtru chemické škodliviny. Čistý vzduch je vyveden ze zadní strany v horní části zařízení (obr. 23). Účinnost předfiltrace, která je schopna zachytit částice do velikosti 0,9 mikronů je 95%. Účinnost kombinovaného filtru, který je schopen zachytit částice do 0,3 mikronů je 99,997%. Na obrázku č. 28 jsou příslušné části zařízení zobrazeny.



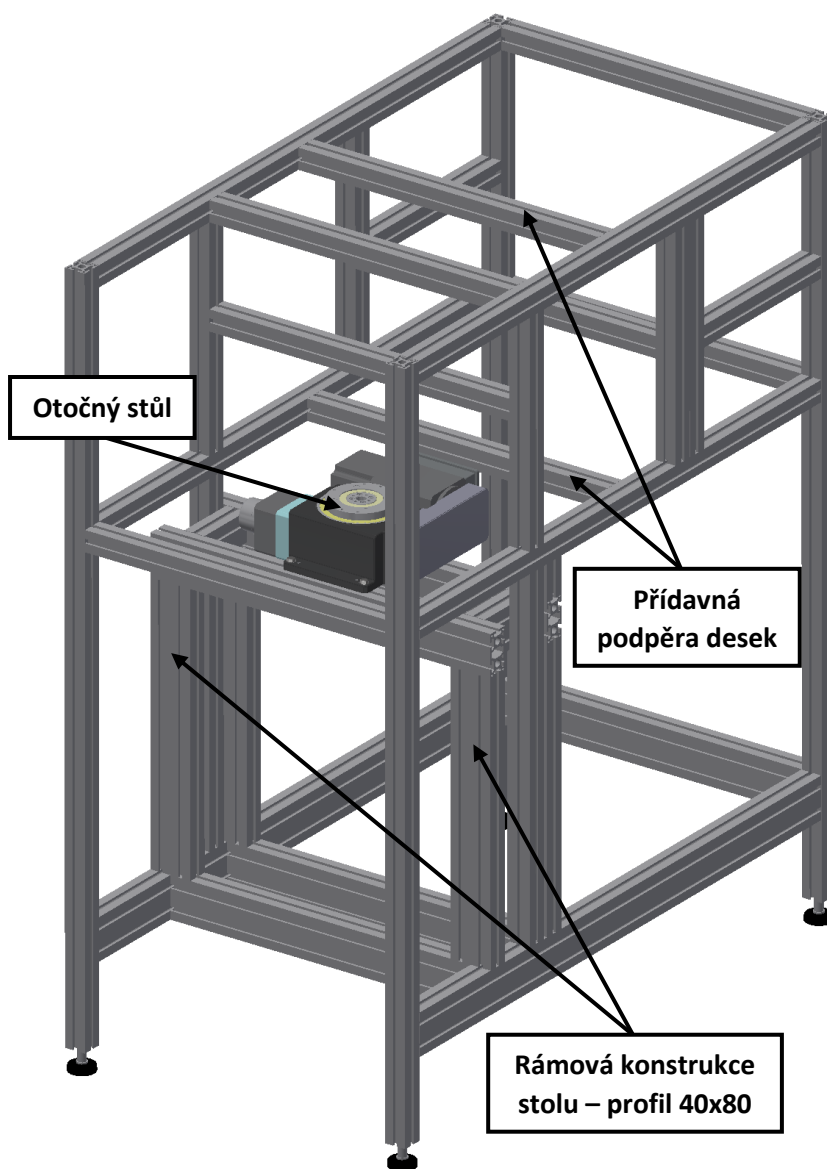
Obrázek 29: Odsávací zařízení

## 8.5 Rám značící stanice

Pro zhotovení rámové konstrukce byly vybrány profily z hliníkové slitiny base extrusion 40 od společnosti Kanya. Ta disponuje mimo jiného velmi rozšířeným výběrem příslušenství, které bylo pro rám dané stanice třeba. Veškeré rozměry příčného průřezu profilu jsou okótovány na obrázku č. 30.



Obrázek 30: Hliníkový profil base extrusion 40

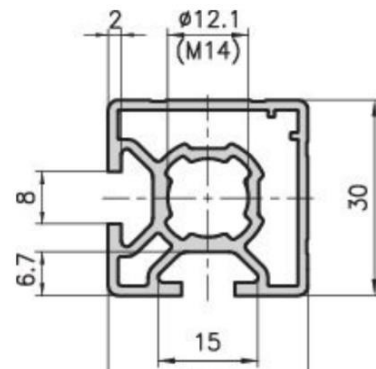


Obrázek 31: Celý rám značící stanice

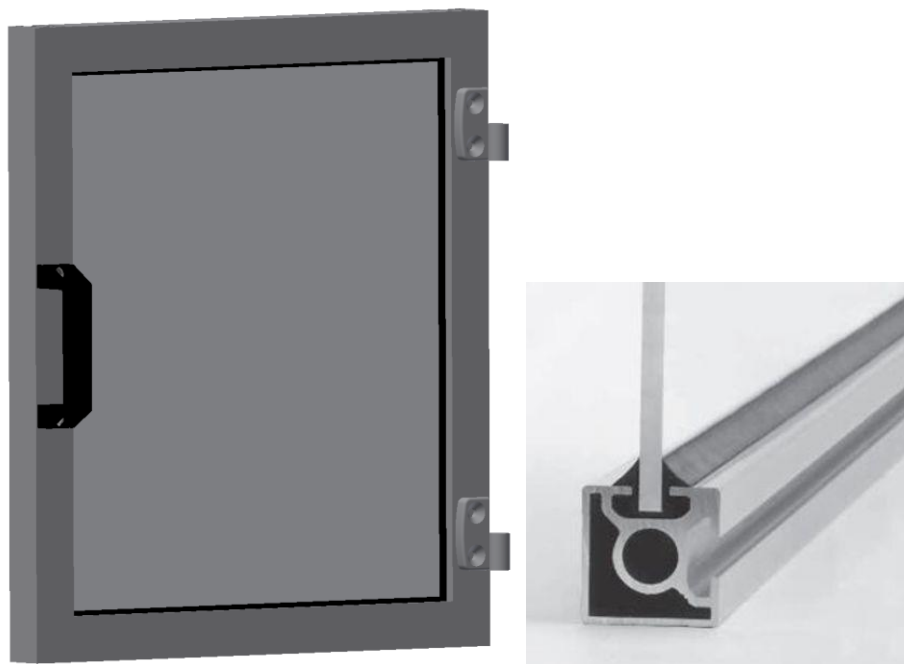
Aby nedošlo k poddimenzování celého rámu, byla pro otočný stůl vytvořena separovaná konstrukce ze širších profilů zajišťující vyšší stabilitu, pevnost a odolnost proti setrvačným silám. Stůl je k rámové konstrukci přichycen pomocí čtyř šroubů M8 se šestihrannou hlavou s přírubou tak, jak to doporučuje výrobce a umožňují hliníkové profily. Konstrukce je pak uchycena k celému rámu, aby došlo k zamezení pohybu z důvodu setrvačných sil při rozjezdu a zastavení stolu.

Při konstrukci rámu bylo zapotřebí podepřít dvě plechové desky, aby nedošlo k jejich prohnutí (obr. 31). Jedná se o horní desku, která je součástí pláště a nese na sobě uchycenou laserovou hlavu. Další deska tvoří dolní část značícího prostoru, kryje před paprsky laseru, které by mohli projít pod otočným stolem a zároveň je svým rozsahem přes celou stanici.

Součástí stanice, která byla také vytvořena pomocí hliníkových profilů, jsou servisní dveře. U konstrukce byl použit profil corner extrusion 30. Příčný průřez je okótován na obrázku č. 32. Plech vyplňující čtvercový prostor dveří, je připevněn do hliníkového profilu pomocí pryžové lišty (Obr. 33).



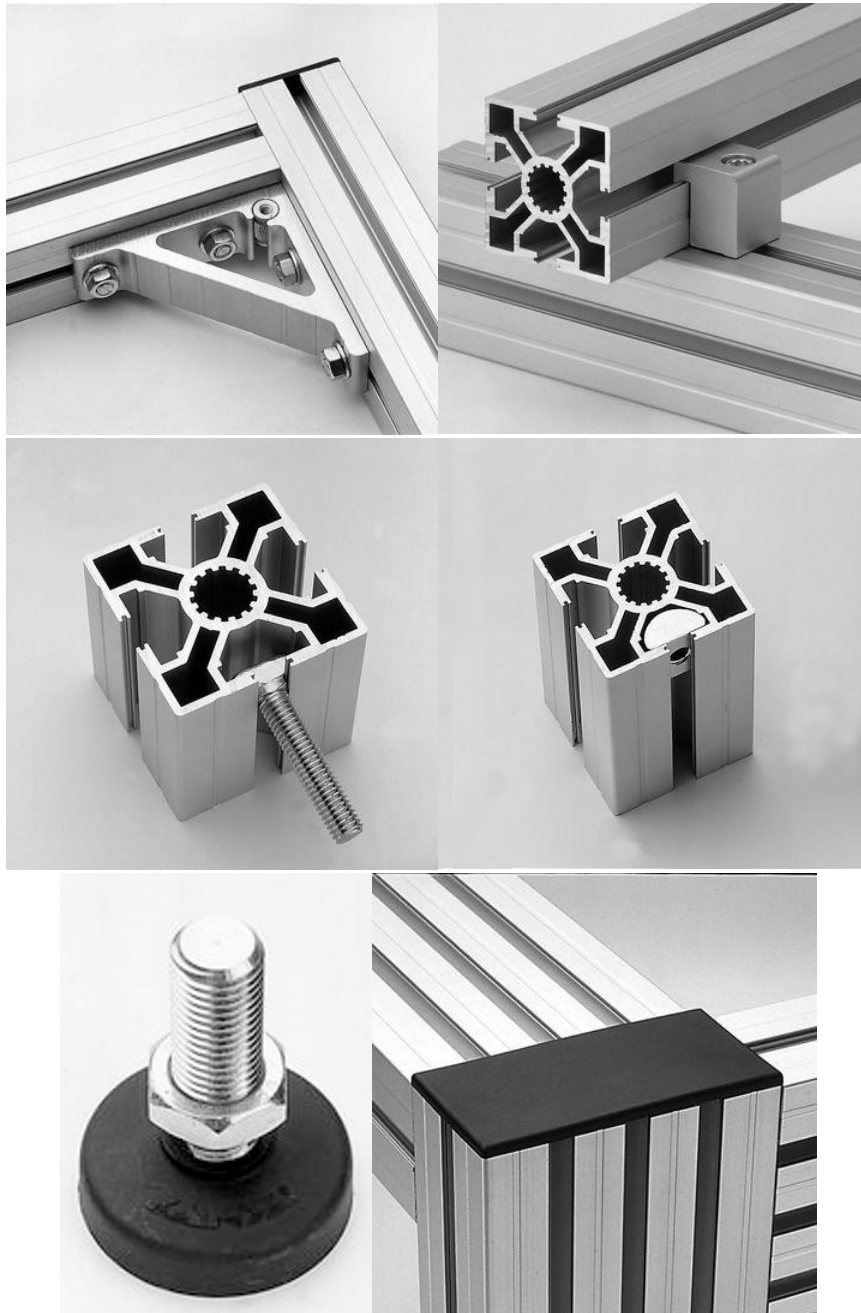
Obrázek 32: Hliníkový profil corner extrusion 30



Obrázek 33: Servisní dveře

### 8.5.1 Příslušenství rámové konstrukce

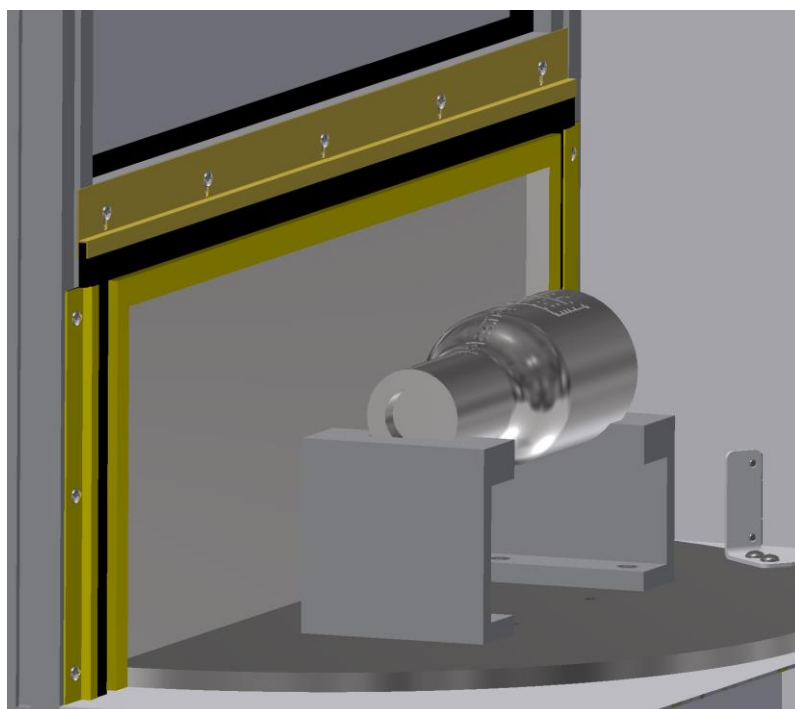
Hliníkové profily od společnosti Kanya disponují širokým výběrem příslušenství, potřebného k sestavení rámu jako takového a nejrůznějšími estetickými, či funkčními doplňky. Jelikož již bylo zobrazeno rozložení hliníkových profilů rámu, zbývá je k sobě jen přimontovat. To je umožněno pomocí originálního příslušenství Kanya. Niže, na obrázku č. 34 jsou ukázky toho nejdůležitějšího, co společnost pro tuto aplikaci nabízí.



Obrázek 34: Příslušenství rámové konstrukce

## 8.6 Bezpečnostní prvky

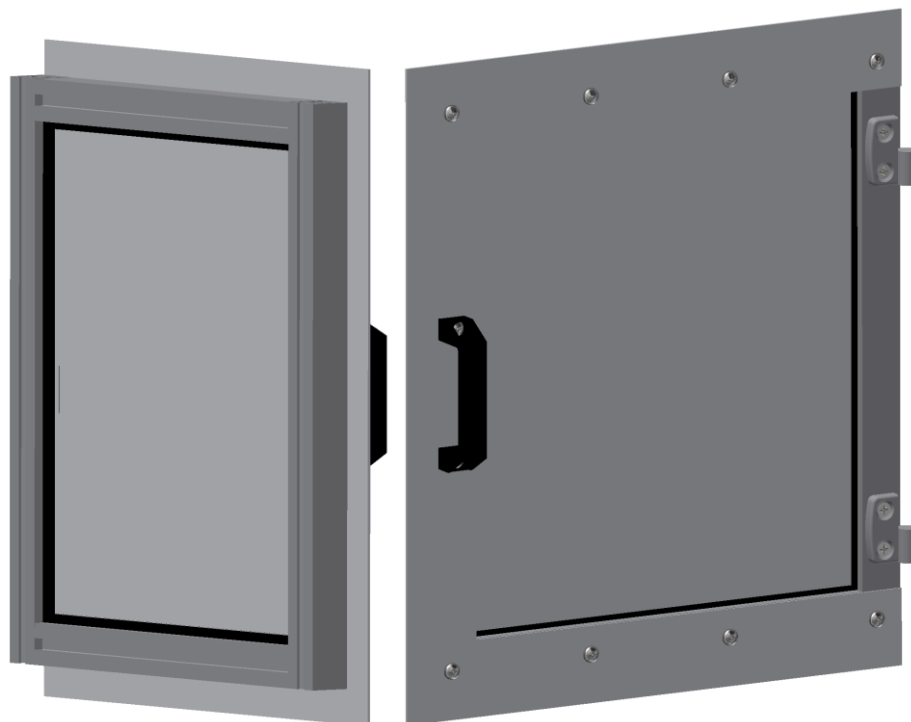
Jak již bylo řečeno, nejdůležitějším bezpečnostním aspektem při použití laserové technologie, je zabránění průniku paprsku ven z pracovního prostoru. Jako bezpečnostní prvek proti průniku mezi obvodem rozdělení otočného stolu a rámovou konstrukcí byly zvoleny štětinové lišty (Obr. 35). Jelikož lze štětiny vkládat do velkého množství již zhotovených lišt, bylo zapotřebí zvolit jen správnou délku, šířku a uložení dovolující jejich správnou funkci. Při konstrukci rámu a připevnění stolu vznikají různé odchylky od požadovaných rozměrů. Pro zajištění nulové mezery jsou v lištách zhotoveny oválné díry pro šrouby. Tyto díry umožňují přesné přiložení štětin k požadované ploše a následné upevnění.



Obrázek 35: Štětinové lišty zabráňující průniku paprsku z prostoru značení



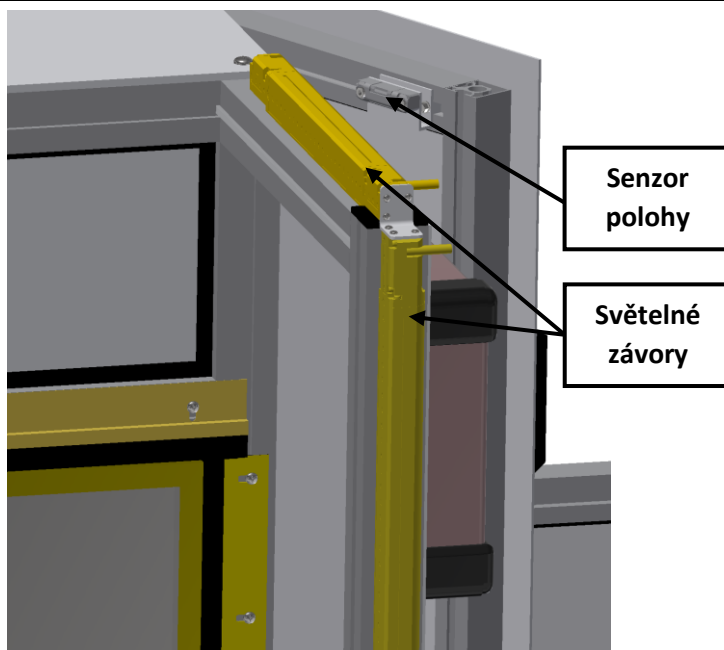
Jako bezpečnostní prvek zabraňující průniku paprsku mezerou mezi servisními dveřmi a rámem byl zvolen krycí plech (dveřní lemy) (Obr. 36). Ten má na dveřích tvar „U“ a je připevněn pomocí šroubů M6, stejně jako plášť stanice. Z funkčního hlediska nebylo možné toto krytí zhotovit na straně závěsů. Tento problém byl vyřešen umístěním plechu z vnitřní strany přišroubováním přímo k rámu (Obr. 22). Krycí plech přečnává rám dveří o 25 mm na každé straně. Tyto lemy také upravují úhel otočení, a tedy zavření dveří do vždy stejné polohy.



Obrázek 36: Dveřní lemy

Dalšími bezpečnostními prvky jsou senzory. Pro stanici byly použity senzory polohy hlídající polohu otočného stolu a servisních dveří. Dále světelné závory, které jsou umístěné zepředu stanice po obvodu rámu (obr. 37). Ty jsou umístěny do takové vzdálenosti, aby bylo možné v okamžiku rozpoznání předmětu (ruka), bezpečně zastavit otočný stůl před možným poraněním.



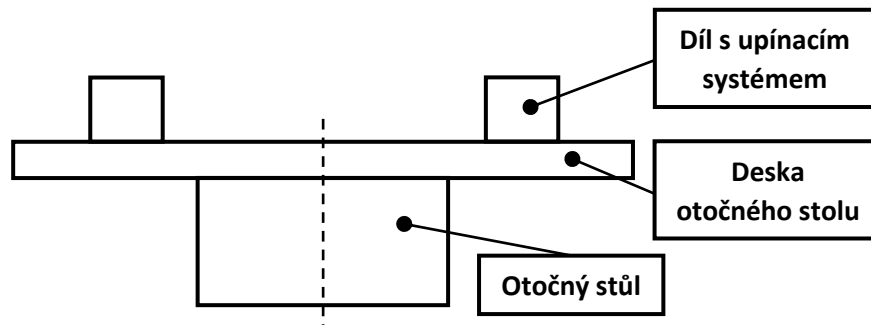


Obrázek 37: Umístění senzoru polohy a světelných závor

## 9 Výpočtová část

Před samotnou konstrukcí bylo nutné zkontrolovat jednotlivé nejvíce namáhané části značící stanice z hlediska jejich únosnosti. Jedná se o otočný stůl a část rámové hliníkové konstrukce, která nese váhu otočného stolu. Pro výpočty bylo nutné stanovit největší možné hmotnosti jednotlivých součástí (obr. 38) potřebných k výpočtům.

Hmotnosti:



Obrázek 38: Součásti vyžadující stanovení hmotnosti

- Pro značený díl byla stanovena v závislosti na hygienických limitech hmotnost 15 kg
- Upínací systém se skládá ze dvou upínacích přípravků, kde každý váží maximálně 2 kg
- Hmotnost vyráběné desky otočného stolu byla stanovena pomocí softwaru Autodesk Inventor na 26 kg
- Otočný stůl včetně motoru má výrobcem stanovenou hmotnost 22 kg

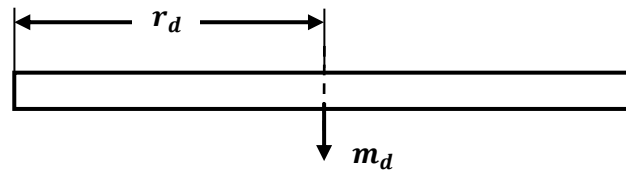
### 9.1 Mechanika otočného stolu

Jelikož je otočný stůl součástí zakoupená od výrobce Stasto, má již předepsané maximální hodnoty sil a momentů, které na něj mohou působit. Veškeré výpočty jsou provedeny pro maximální hodnoty veličin, které mohou nastat.

Aby se co nejvíce minimalizovala odstředivá a setrvačná síla působící na značený díl při zastavení stolu, byla zvolena největší možná doba otočení jedné polohy ( $180^\circ$ ) **2,66 sekund**. Při této hodnotě výrobce udává maximální možný moment setrvačnosti působící na otočný stůl:  $J_{max} = 4,94 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ .

### 9.1.1 Výpočet momentu setrvačnosti

Moment setrvačnosti desky:



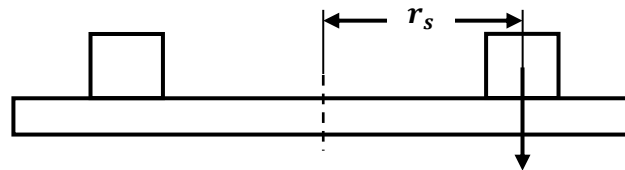
Obrázek 39: Schéma pro výpočet momentu setrvačnosti desky

$$J_d = 0,5 \cdot r_d^2 \cdot m_d = 0,5 \cdot 0,275^2 \cdot 26 = 0,983 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (9.1)$$

Kde  $r_d$  – poloměr desky

$m_d$  – hmotnost desky

Moment setrvačnosti dílů s upínacím systémem:



Obrázek 40: Schéma pro výpočet momentu setrvačnosti dílu s upínacím systémem

$$J_s = 1,1 \cdot r_s^2 \cdot m_s \cdot n = 1,1 \cdot 0,098^2 \cdot 19 \cdot 2 = 0,401 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (9.2)$$

Kde  $r_s$  – poloměr k upínacímu systému

$m_s$  – hmotnost dílu s upínacím systémem

$n$  – počet dílů s upínacím systémem

Výsledný moment setrvačnosti:

$$J = J_d + J_s = 0,983 + 0,401 = 1,384 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (9.3)$$

$J_{max} > J \rightarrow$  vyhovuje

### 9.1.2 Zatížení otočného talíře

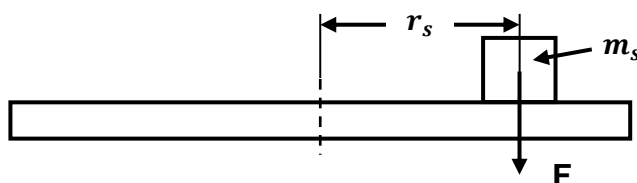
Otočný stůl má výrobcem dané maximální hodnoty zatížení pro stojící středový díl i otočný talíř. Jelikož je deska otočného stolu připevněna pouze k otočnému talíři, středový díl není zatěžován žádnou silou ani momentem. Kontrola byla provedena pouze pro předepsané hodnoty otočného talíře (obr.39).

Pro otočný talíř					
Povolený klopný moment na zajištěném otočném talíři	<b>200 Nm</b>	Povolená síla, působící svisle na zajištěný otočný talíř	<b>3300 N</b>	Povolený tangenciální moment na zajištěném otočném talíři	<b>120 Nm</b>
Povolená radiální síla na zajištěném otočném talíři	<b>2000 N</b>				

Obrázek 41: Maximální hodnoty zatížení otočného stolu [33]

### Povolený klopný moment na zajištěném otočném talíři

- Největší klopný moment na zajištěném otočném talíři může nastat, pokud bude na desku upnut pouze jeden díl s jedním upínacím systémem.



Obrázek 42: Schéma pro výpočet klopného momentu

Působící síla:

$$F_d = m_s \cdot g = 19 \cdot 9,81 = 186,39 \text{ N} \quad (9.4)$$

Klopný moment:

$$M = F_d \cdot r = 186,39 \cdot 0,098 = \mathbf{18,27 \text{ N} \cdot \text{m}} \rightarrow \mathbf{\text{vyhovuje}} \quad (9.5)$$

Kde  $m_s$  – hmotnost dílu s upínacím systémem

$g$  – gravitační zrychlení

$r_s$  – poloměr k upínacímu systému

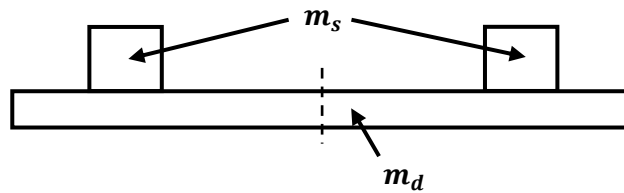
Povolená radiální síla na zajištěném otočném talíři

- Na zajištěný otočný talíř není vyvíjena žádná radiální síla.

Povolený tangenciální moment na zajištěném otočném talíři

- Na zajištěný otočný talíř nepůsobí žádný tangenciální moment

Povolená síla, působící svisle na zajištěný otočný talíř



Obrázek 43: Schéma pro výpočet působící svislé síly

Hmotnost:

$$m = m_d + 2 \cdot m_s = 26 + 2 \cdot 19 = 64 \text{ kg} \quad (9.6)$$

Síla vyvolaná na talíř:

$$F_t = m \cdot g = 64 \cdot 9,81 = 627,84 \text{ N} \rightarrow \text{vyhovuje} \quad (9.7)$$

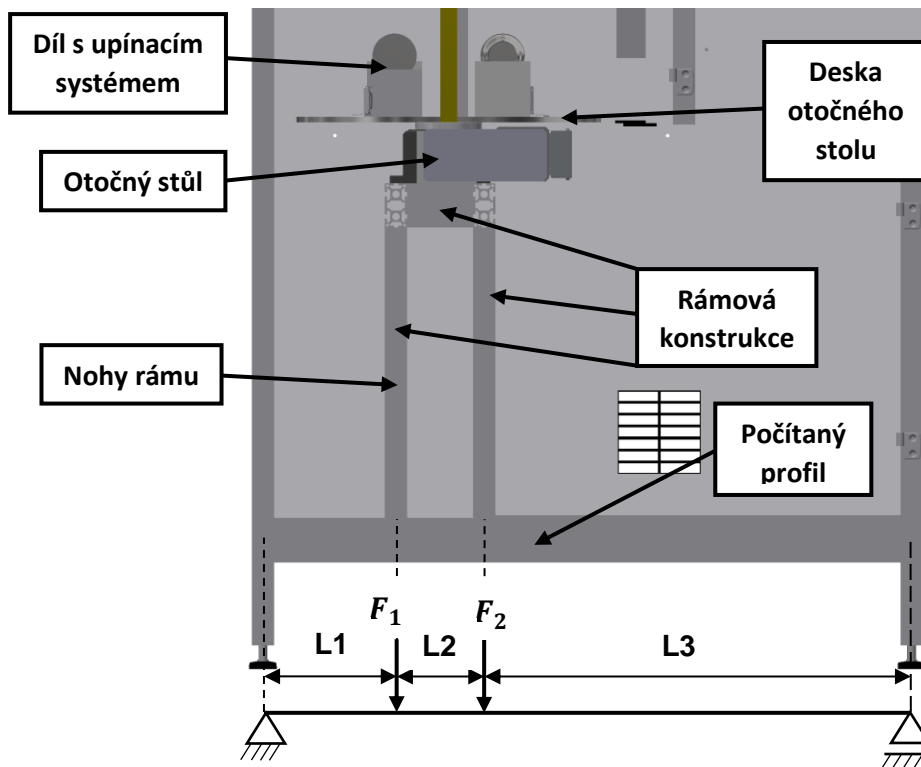
Z výsledných hodnot je patrné, že otočný stůl snese působení mnohem větších zátěžných sil.

## 9.2 Kontrola rámové konstrukce na dovolené napětí

Mezi nejvíce namáhané součásti rámové konstrukce patří dva hliníkové profily 40x80 base extrusion (obr. 44), nesoucí tíhu rámové konstrukce otočného stolu, otočného stolu, desky otočného stolu, upínacího systému a samotných dílů. Celá rámová konstrukce s otočným stolem je také znázorněna na obrázku č. 30.

Jelikož nejsou nohy rámu pevně připevněny k podlaze, výpočet je prováděn dle modelu s pevnou a posuvnou vazbou. Výpočet tedy bude staticky určitý.

### 9.2.1 Výpočet statického zatížení



Obrázek 44: Stěžejní součásti zatížení se zjednodušeným schématem pro výpočet

- Pro výpočet statické síly je zapotřebí znát veškeré hmotnosti
- Z minulých výpočtů je známa celková hmotnost stolu a všech součástí, které jsou na něm upevněny
- Hmotnost rámu je zapotřebí dopočítat

Hmotnost rámu

- Hliníkový profil 40x80 váží na jeden metr 3,7 kg

Celková délka profilů:

$$L_{\text{rámu}} = 3294 \text{ mm} = 3,3 \text{ m}$$

Hmotnost:

$$m_{\text{rámu}} = L_{\text{rámu}} \cdot 3,7 = 12,2 \text{ kg} \quad (9.8)$$

Celková hmotnost soustavy

$$\begin{aligned} m_{\text{celk.}} &= 2 \cdot m_{\text{dílu}} + 4 \cdot m_{\text{upínák}} + m_{\text{desky}} + m_{\text{stolu}} + m_{\text{rámu}} \\ &= 2 \cdot 15 + 4 \cdot 2 + 26 + 22 + 12,2 = \mathbf{98,2 \text{ kg}} \end{aligned} \quad (9.9)$$

Vyvolaná síla

$$F_{celk.} = m_{celk.} \cdot g = 98,2 \cdot 9,81 = 963 \text{ N} \quad (9.10)$$

Síla působící na jednotlivé nohy rámu:

- Síla se rozloží rovnoměrně, protože je soustava symetrická

$$F_{1,2,3,4} = \frac{F_{celk.}}{4} = 240,8 \text{ N} \quad (9.11)$$

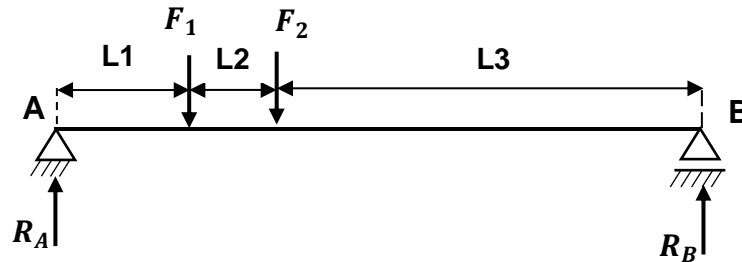
Materiál a průřez hliníkového profilu:

Hliníkový profil je vyroben ze slitiny **AlSi1MgMn** dle normy **EN AW-6082**

Modul průřezu v ohybu:  $W_o = 20490 \text{ mm}^3$

Mez kluzu materiálu:  $\sigma_k = 240 \text{ MPa} \Rightarrow \sigma_D = \frac{\sigma_k}{2} = 120 \text{ MPa}$

### 9.2.2 Výpočet reakcí $R_A, R_B$



Obrázek 45: Schéma pro výpočet reakcí

Moment k bodu A:

$$M_A: R_B \cdot (L1 + L2 + L3) - F_2 \cdot (L1 + L2) - F_1 \cdot L1 = 0 \quad (9.12)$$

Moment k bodu B:

$$M_B: R_A \cdot (L1 + L2 + L3) - F_1 \cdot (L2 + L3) - F_2 \cdot L3 = 0 \quad (9.13)$$

Výsledné reakce:

$$R_A = \frac{F_1 \cdot (L2 + L3) + F_2 \cdot L3}{L1 + L2 + L3} = 353,95 \text{ N} \quad (9.14)$$

$$R_B = \frac{F_2 \cdot (L1 + L2) + F_1 \cdot L1}{L1 + L2 + L3} = 127,64 \text{ N} \quad (9.15)$$

Kde  $F_1 = F_2 = 240,8 \text{ N}$

$L1 = 220 \text{ mm}$

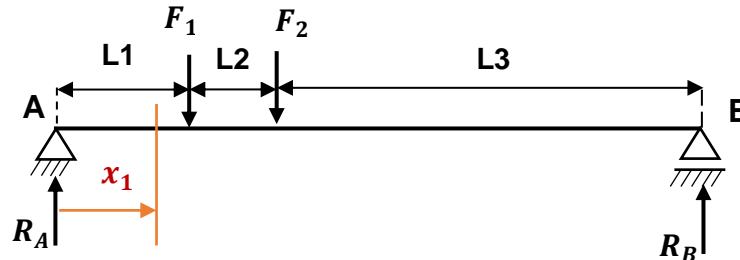
$L2 = 159 \text{ mm}$

$L3 = 751 \text{ mm}$

### 9.2.3 Výpočet průběhu momentu a ohybového napětí

Výpočet je proveden pomocí metody řezu zleva a bude tedy potřebná jen reakce  $R_A$ . Nosník obsahuje tři intervaly řešení. Průběh momentu se tedy určí pomocí tří řezů dle obr. 46, 47 a 48.

První interval řešení



Obrázek 46: První řez nosníku

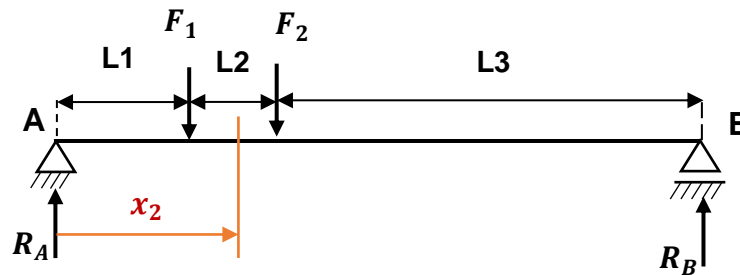
Ohybový moment v obecném místě na intervalu  $I1 = \langle 0 ; L1 \rangle$ :

$$M_{o1}(x) = R_A \cdot x_1 \quad (9.16)$$

Maximální ohybový moment  $I1$  je ve vzdálenosti  $x_1 = L1$ :

$$M_{o1(L1)} = R_A \cdot L1 = 77869 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (9.17)$$

Druhý interval řešení



Obrázek 47: Druhý řez nosníku

Ohybový moment v obecném místě na intervalu  $I2 = \langle 0 ; L1+L2 \rangle$ :

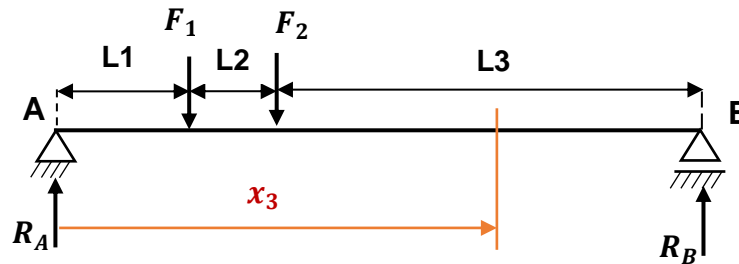
$$M_{o2}(x) = R_A \cdot x_2 - F_1 \cdot (x_2 - L1) \quad (9.18)$$

Maximální ohybový moment  $I2$  je ve vzdálenosti  $x_2 = L1 + L2$ :

$$M_{o2(L1+L2)} = R_A \cdot (L1 + L2) - F_1 \cdot (L1 + L2 - L1) = 95859,85 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (9.19)$$



## Třetí interval řešení



Obrázek 48: Třetí řez nosniku

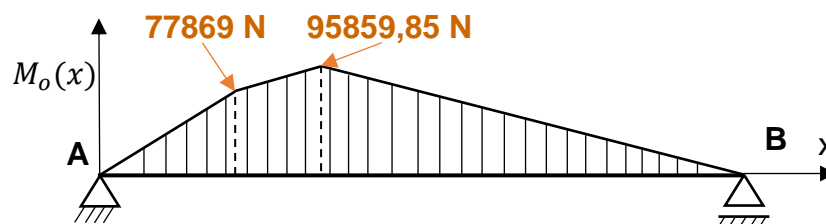
Ohybový moment v obecném místě na intervalu  $I_3 = \langle 0 ; L_1 + L_2 + L_3 \rangle$ :

$$M_{o3}(x) = R_A \cdot x_3 - F_1 \cdot (x_3 - L_1) - F_2 \cdot (x_3 - (L_1 + L_2)) \quad (9.20)$$

Maximální ohybový moment  $I_3$  je ve stejné vzdálenosti  $x_3 = L_1 + L_2$ :

$$M_{o3(L_1+L_2)} = 95859,85 \text{ N} \cdot \text{mm} = M_{o(\max)} \quad (9.21)$$

Maximální ohybový moment je tedy v místě působení síly  $F_2$ . Jeho hodnota je 95,86 N·m. Pomocí této metody dopočítáme ohybové napětí. Průběh momentu je zobrazen na obr. 49.



Obrázek 49: Průběh momentu

Maximální ohybové napětí

$$\sigma_{o(\max)} = \frac{M_{o(\max)}}{W_o} = \frac{95859,85}{20490} = 4,67 \text{ MPa} \quad (9.22)$$

$$\sigma_{o(\max)} < \sigma_D(120 \text{ MPa}) \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\text{Kde } F_1 = F_2 = 240,8 \text{ N}$$

$$R_A = 353,95 \text{ N}$$

$$L_1 = 220 \text{ mm}$$

$$L_2 = 159 \text{ mm}$$

$$L_3 = 751 \text{ mm}$$

Z výsledku je patrné, že profily z hliníkových slitin snesou mnohem větší zatížení. Z tohoto pohledu není nutné se dalšími pevnostními výpočty zabývat.

## 10 Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout značící stanici primárně ocelových dílů automobilového průmyslu. Taková stanice slouží k označení dílů 2D kódy, či textem a napomáhá tak ve sledování jednotlivých výrobků skrz výrobní proces.

V teoretické části práce je nejprve přiblížena problematika 2D kódů. Z té vyplývá, že z důvodu čitelnosti a menší potřebné plochy k označení je nejvhodnějším a zároveň nejvíce používaným kódem v průmyslu DataMatrix.

Dále bylo zapotřebí vybrat metodu značení. Z důvodu dlouhé životnosti, spotřebě pouze elektrického proudu a dlouhých intervalů jednotlivých servisních prohlídek byla vybrána laserová technologie. Ta má automaticky řízené všechny tři osy a nevyžaduje tak další mechanické posuvy značeného dílu či samotné laserové hlavy. Díky této technologii je také možné označit i mnoho jiných materiálů než ocelových.

Zapotřebí bylo také zhodnotit možná provedení značících stanic s vybranou technologií. Jako nejvhodnější varianta zde vyšla varianta s otočným stolem. Dochází u ní k šetření času celého procesu a jelikož obsluha nezasahuje do značícího prostoru, vykazuje vysokou míru bezpečnosti.

V praktické části byl v úvodu definován reprezentativní díl. Tento díl odpovídá zadaným požadavkům značených ploch. Jsou to plochy rotační nacházející se v rozdílné ohniskové vzdálenosti a plocha nakloněná, či kuželová.

Následně bylo představeno vlastní řešení celé stanice, která byla nejprve popsána z hlediska umístění jednotlivých komponent dle jejich důležitosti. Veškeré komponenty stanice byly také popsány jak z hlediska konstrukčního, tak principu fungování. Byly také uvedeny stěžejní rozměry a příslušenství potřebné k sestavení rámu, či další elektronické součástky jako například programovatelné PLC potřebné k synchronizaci všech elektronických součástí stanice.

Z důvodu použití laserové technologie bylo zapotřebí vyřešit bezpečnostní prvky zabraňující průniku paprsku do vnějšího prostoru stanice. To bylo vyřešeno použitím štětinových lišt přiléhajících k obvodu rozdělení poloh stolu a osazení



dveří plechovými lemy. Prevenci před úrazem dopomáhají také světelné závory a nouzové tlačítko zajišťující okamžité zastavení veškerých procesů.

Všechny důležité součásti značící stanice byly navrženy nebo zkonstruovány dle platných katalogů jednotlivých výrobců nebo předepsaných norem. Jedná se v první řadě o otočný stůl, laserovou technologii a rámovou konstrukci. Jelikož byl použit otočný stůl od společnosti Stasto, byla zapotřebí jeho kontrola únosnosti předepsaných maximálních sil a momentů dle katalogu. Všechny počítané hodnoty vyhověly se značnou rezervou. Dále bylo zapotřebí zkontrolovat použitý hliníkový profil, který nese váhu celého stolu s komponenty a vlastním rámem na dovolené napětí. Všechny požadavky vyhověly a dokázaly možnost mnohem většího zatížení a tím pádem dostatečné tuhosti celého rámu.

# 11 Seznamy

## 11.1 Obrázky

Obrázek 1: Rozdíl mezi 1D a 2D kódem [3] .....	13
Obrázek 2: Code 49 [6] .....	14
Obrázek 3: PDF417 [6] .....	14
Obrázek 4: QR kód v porovnání s Micro QR kódem [14] .....	15
Obrázek 5: DataMatrix [10] .....	17
Obrázek 6: Porovnání velikosti DataMatrix a QR kódu [7] .....	17
Obrázek 7: Označení ocelového dílu pomocí DataMatrix a textu [13] .....	18
Obrázek 8: Zařízení PRYOR namontované na značící stanici [16] .....	19
Obrázek 9: Ruční značení [17] .....	20
Obrázek 10: Označení číslem VIN pomocí rytí [18] .....	20
Obrázek 11: Rycí zařízení namontované na značící stanici [18] .....	21
Obrázek 12: CIJ vs DOD [23] .....	23
Obrázek 13: Tisk pomocí přenosného zařízení [20] .....	23
Obrázek 14: Schéma principu vláknového laseru [28] .....	25
Obrázek 15: Rozdíl v označení 2D vs 3D řízeného laseru [27] .....	25
Obrázek 16: Způsoby značení [26] .....	26
Obrázek 17: Stanice se sklíčidlem [29] .....	28
Obrázek 18: Universální stanice [30] .....	29
Obrázek 19: Stanice s otočným stolem [31] .....	30
Obrázek 20: Reprezentativní model .....	32
Obrázek 21: Přední část značící stanice .....	34
Obrázek 22: Značící prostor stanice .....	35
Obrázek 23: Zadní část značící stanice .....	36
Obrázek 24: Značící program Marking Builder 3 využívající společnost Keyence [32] .....	37
Obrázek 25: Otočný stůl .....	39
Obrázek 26: Deska přimontovaná na otočném stole .....	40
Obrázek 27: Rozměrové možnosti značení .....	41
Obrázek 28: Propojení Laserové hlavy s řídicí jednotkou [32] .....	42
Obrázek 29: Odsávací zařízení .....	43
Obrázek 30: Hliníkový profil base extrusion 40 .....	44
Obrázek 31: Celý rám značící stanice .....	44
Obrázek 32: Hliníkový profil corner extrusion 30 .....	45
Obrázek 33: Servisní dveře .....	45
Obrázek 34: Příslušenství rámové konstrukce .....	46
Obrázek 35: Štětinové lišty zabraňující průniku paprsku z prostoru značení .....	47
Obrázek 36: Dveřní lemy .....	48
Obrázek 37: Umístění senzoru polohy a světelných závor .....	49
Obrázek 38: Součásti vyžadující stanovení hmotnosti .....	50
Obrázek 39: Schéma pro výpočet momentu setrvačnosti desky .....	51
Obrázek 40: Schéma pro výpočet momentu setrvačnosti dílu s upínacím systémem .....	51
Obrázek 41: Maximální hodnoty zatížení otočného stolu [33] .....	52
Obrázek 42: Schéma pro výpočet klopného momentu .....	52



Obrázek 43: Schéma pro výpočet působící svislé síly .....	53
Obrázek 44: Stěžejní součásti zatížení se zjednodušeným schématem pro výpočet .....	54
Obrázek 45: Schéma pro výpočet reakcí.....	55
Obrázek 46: První řez nosníku.....	56
Obrázek 47: Druhý řez nosníku .....	56
Obrázek 48: Třetí řez nosníku .....	57
Obrázek 49: Průběh momentu.....	57



## 11.2 Použitý software

- **Text** MS Word 2016
- **Prezentace** MS Powerpoint 2016
- **Obrázky** MS Word 2016  
Malování  
Autodesk Inventor 2017
- **Výkresy** Autodesk Inventor 2017

## 11.3 Přílohy

### 11.3.1 Výkresy

Značící stanice	01-00-BP0243-00; 01-00-BP0243-K
Základní rám s opláštěním	01-01-BP0243-00; 01-01-BP0243-K
Otočný stůl	01-02-BP0243-00; 01-02-BP0243-K
Deska otočného stolu	01-02-BP0243-03
Upínací přípravek	01-02-BP0243-08

### 11.3.2 CD

- Elektronická verze BP BP0243\_Karas\_2019.pdf
- 3D model Značící\_stanice.stp
- Výkresová dokumentace Značící\_stanice.pdf

## 11.4 Použitá literatura

- [1] RÖSSLEROVÁ, Klára. QR kódy jako zvláštní druh dvourozměrného kódu. Ikaros [online]. 2011, ročník 15, číslo 5 [cit. 2019-02-24]. urn:nbn:cz:ik-13641. ISSN 1212-5075. Dostupné z: <http://ikaros.cz/node/13641>
- [2] Čárové a plošné kódy: Rozdělení čárových kódů. : <http://grafikpromedia.spspzlin.cz> [online]. ČR: SPŠP-COP, 2015 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <http://grafikpromedia.spspzlin.cz/technologie/carove-a-plosne-kody>
- [3] In: [Http://www.lt.cz](http://www.lt.cz) [online]. Říčany: Leonardo technology, ©2002-2019 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <http://www.lt.cz/e-learning/carove-kody-2d-kody-a-rfid/2d-dvoudimenzionalni-kody>
- [4] ČÁDA, David. Využití 2D kódů v běžné praxi [online]. Zlín, 2016 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: [http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/38447/%C4%8D%C3%A1da\\_2016\\_dp.pdf?sequence=1](http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/38447/%C4%8D%C3%A1da_2016_dp.pdf?sequence=1). Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [5] KOLÁŘ, Vojtěch. Zlatý věk 2D kódů teprve přichází. Logistika.ihned.cz [online]. Praha: Economia, 2016, 2. 12. 2016 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <https://logistika.ihned.cz/c1-65536750-zlaty-vek-2d-kodu-teprve-prichazi>
- [6] GMBH, Barcodat. Code 16K. In: Commons.wikimedia.org [online]. Německo: Wikimedia Commons, 2007 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Code\\_16K\\_wikipedia.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Code_16K_wikipedia.png)
- [7] BÍLÍ, Michal. GS1 DataMatrix vs. GS1 QR Code. Gs1-akademie [online]. ČR: GS1, 2018, prosinec 2018 [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <http://www.gs1-akademie.cz/info-859/gs1-datamatrix-vs-gs1-qr-code-s611702509>
- [8] In: Onbarcode [online]. Onbarcode, 2015 [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <http://www.onbarcode.com/>
- [9] Co je to QR kód. QRcodes [online]. Bratislava: QRcodes, 2016 [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <http://qrcodes.cz/qrkody-qr-code.php>
- [10] Data Matrix. In: Wikipedia [online]. Wikimedia, 2019, 6.2.2019 [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Data\\_Matrix](https://en.wikipedia.org/wiki/Data_Matrix)
- [11] BLATOVÁ, Daniela. Požadavky na značení léků (FMD). Bartech [online]. Hodonín: Bartech, 2018, 13.06.2018 [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <http://bartech.cz/aktuality/pozadavky-na-znaceni-leku-fmd/>
- [12] Traceability Textbook. Keyence [online]. Itasca, Canada: keyence corporation of America, 2017 [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://www.keyence.com/>
- [13] Mikrobod - mikroúderové značení a gravírování. KOMPASS [online]. Praha: KOMPASS Czech Republic, ©2019 [cit. 2019-03-09]. Dostupné z:

<https://cz.kompass.com/p/mikrobod-mikrouderove-znaceni-a-gravirovani/1fcc9612-af44-447c-b95c-6ca5fa8af0d6/>

[14] TAYLOR, Lee. What Is A Micro QR Code?. In: Qrcode meetheed [online]. Lee Taylor, 2017, únor 2017 [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: <http://qrcode.meetheed.com/question39.php>

[15] Mikroúderové značení. Pramark [online]. Slaný: Pramark, ©2011-2017 [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: <https://www.pramark.cz/mikrouderove-stroje/mikrouderove-znaceni/>

[16] BenchDot - Dot Peen Marking. In: Pryormarking [online]. Sheffield: PRYOR, ©2019 [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: <https://www.pryormarking.com/products/bench-dot>

[17] SIC marking. In: Datamark [online]. Francie: Datamark, ©2019 [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: <http://www.directindustry.fr/prod/datamark-systems-sl/product-181186-1876056.html>

[18] BenchScribe. Pryortechnology [online]. Sheffield: PRYOR, ©2019 [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <http://www.pryortechnology.com/products/benchscribe>

[19] A Guide to Scribe Marking. Pryormarking [online]. Sheffield: PRYOR, ©2019 [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://www.pryormarking.com/knowledge-centre/blog/a-guide-to-scribe-marking>

[20] HANDHELD PORTABLE INKJET PRINTERS – A COMPARISON. In: Neumannmarking [online]. Edmonton, Kanada: Prosar, 2017, 9.2.2017 [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <http://neumannmarking.com/handheld-portable-inkjet-printers-comparison/>

[21] SÁNDOR, Václav. Značení výrobků v průmyslu [online]. Praha, 2017 [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/70010/F3-BP-2017-Sandor-Vaclav-Znaceni%20vyrobku%20v%20prumyslu.pdf?sequence=1>. Bakalářská práce. České vysoké učení technické. Vedoucí práce Ing. Martin Zůza.

[22] Značení a kódování dílů v automobilovém průmyslu. Bottling printing [online]. Brno: BOTTILING PRINTING, ©2018 [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://www.bprinting.eu/odvetvi/automobilove>

[23] Introduction to industrial inkjet printing. In: Imi aurope [online]. Cambridge, Spojené království: IMI Europe Limited, 2010 [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://imieurope.com/inkjet-blog/2016/2/8/industrial-inkjet-printing>

[24] KOŘÁN, Pavel. SERIÁL NA TÉMA LASERY - HLAVNÍ TYPY LASERŮ POUŽÍVANÝCH V PRŮMYSLU. LAO [online]. Praha: LAO - průmyslové systémy, 2013, 19. 02. 2013 [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery---hlavni-typy-laseru-pouzivanych-v-prumyslu-128>



- [25] KRUTINA, Jiří. Laserové aplikace a mechanické značení v oblasti automotive průmyslu. Automobil industry [online]. Domažlice: infocube s.r.o, 2014, 12.2.2014 [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <http://infocube.cz/cs/laserove-aplikace-a-mechanicke-znaceni-v-oblasti-automotive-prumyslu/>
- [26] NOVÁK, Lukáš. Základy laserového značení. Mega blog [online]. Česká republika: Megaflex, 2013, 3.5.2013 [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <https://www.mega-blog.cz/lasery/zaklady-laseroveho-znaceni/>
- [27] 3D Laser Marking vs. 2D. In: Youtube [online]. USA: keyence corporation, 2012, 30. 1. 2012 [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=PW40iyPxo9Y>
- [28] Princip vláknového - FIBER LASERU. In: Leonardo technology [online]. Hlohovec: Leonardo technology s.r.o, ©2019 [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <http://www.lt.cz/e-learning/laser/princip-vlaknoveho-fiber-laseru>
- [29] Universální laserová stanice s rotační osou. In: Lintech [online]. Domažlice: Lintech, ©2019 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <https://www.lintech.cz/produkty/laserove-technologie/komplexni-projekty-laser/universalni-laserova-stanice-s-rotacni-osou/>
- [30] TruMark Station 3000. In: Trumpf [online]. Praha: TRUMPF, ©2019 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: [https://www.trumpf.com/cs\\_CZ/produkty/stroje-systemy/popisovaci-systemy/trumark-station-3000/](https://www.trumpf.com/cs_CZ/produkty/stroje-systemy/popisovaci-systemy/trumark-station-3000/)
- [31] LASERyvo LYVO532-C - laserová popisovací stanice - vanadátový laser. In: Medicom [online]. Praha: MediCom [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <http://www.medicom.cz/p.php?p=prumyslove,produkty,popislaser,LYVO532C>
- [32] 3-Axis Hybrid Laser Marker. In: Keyence [online]. Itasca, Canada: keyence corporation, ©2019 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: [https://www.keyence.co.uk/products/marker/fiber-yvo4-yag-laser/md-x1000\\_1500/features/feature-05.jsp](https://www.keyence.co.uk/products/marker/fiber-yvo4-yag-laser/md-x1000_1500/features/feature-05.jsp)
- [33] Návod k obsluze. In: Stasto [online]. Německo: Stasto, ©2019 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.stasto.cz/data.aspx?data=b2c5165d-ad48-41f1-9eab-74997a97d8f8>