



Středoškolská technika 2025

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

SignalTron a Laserové řezání

Kryštof Schwetter

Střední průmyslová škola strojnická

škola hlavního města Prahy

110 Betlémská 4/287, Praha 1 - Staré město

Vedoucí práce: Ing. Ondřej Růžička

Anotace

Tato práce se zabývá projektem, který se snaží replikovat a znovu obnovit sestrojení jednotky SignalTron. Tyto přístroje byly nahrazeny novými jednotkami, které pracují bez lidského vlivu. Tyto starožitné stroje byly zapovězeny a není možno koupit celý prvek. Proto se kroužek a další příznivci přidali k obnovení těchto strojů a možnosti navrhnutí lepších variant. Jednou ze součástí, která nebyla dostupná jsou překlápěcí listy, které jsme si samy vyřezali pomocí laserové rezačky.

Klíčová slova

SignalTron

Pragotron

Laser

Laser řezání

Annotation

This thesis focuses on a project aimed at replicating and reconstructing the SignalTron unit. These devices have been phased out and replaced by modern systems operating autonomously, without human intervention. Due to their obsolescence, complete units are no longer available for purchase. Consequently, a group of enthusiasts and researchers has undertaken the restoration of these machines, seeking not only to revive their functionality but also to develop improved alternatives. One of the unavailable components was the flip plates, which we manufactured ourselves using a laser cutter.

Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Růžičkovi, který byl velice ochotný mě začlenit do konstrukčního kroužku, ale také mi dát prostor na uplatnění se v rámci projektů. Dále bych poděkoval koordinátorce kroužku Gábině Urbánkové. Ve zbytku děkuji členům konstrukčního kroužku, kteří mi byli ochotni pomoci s mými otázkami na toto téma a poskytnutím potřebné literatury

Anotace

Tato práce se zabývá projektem, který se snaží replikovat a znovu obnovit sestrojení jednotky SignalTron. Tyto přístroje byly nahrazeny novými jednotkami, které pracují bez lidského vlivu. Tyto starožitné stroje byly zapovězeny a není možno koupit celý prvek. Proto se kroužek a další příznivci přidali k obnovení těchto strojů a možnosti navrhnutí lepších variant. Jednou ze součástí, která nebyla dostupná jsou překlápěcí listy, které jsme si samy vyřezali pomocí laserové řezačky.

Klíčová slova

SignalTron
Pragotron
Laser
Laser řezání

Annotation

This thesis focuses on a project aimed at replicating and reconstructing the SignalTron unit. These devices have been phased out and replaced by modern systems operating autonomously, without human intervention. Due to their obsolescence, complete units are no longer available for purchase. Consequently, a group of enthusiasts and researchers has undertaken the restoration of these machines, seeking not only to revive their functionality but also to develop improved alternatives. One of the unavailable components was the flip plates, which we manufactured ourselves using a laser cutter.

Keywords

SignalTron
Pragotron
Laser
Laser

Obsah

1.	Signaltron.....	11
1.1	Popis Signaltron.....	11
1.2	Prvky Signaltron	11
1.2.1	Case.....	12
1.2.2	Překlápěcí listy.....	12
1.2.3	Hřídel	13
1.2.4	Držák listů.....	13
1.2.5	Ozubená kola	14
1.2.6	Kódový bubínek.....	14
1.2.7	Motorek.....	14
1.3	Mechanismus a konstrukce	15
1.4	Listy	16
2	Laserové řezání	17
2.1	Výroba Laserového paprsku	19
2.2	Řezné vlastnosti	20
2.3	Části laseru.....	22
2.3.1	Laserová Hlava	22
2.3.2	Plynová tryska.....	23
2.3.3	Řezací nástavce.....	23
2.3.4	Palety	24
2.3.5	Paletový výměník	25
2.3.6	Světelná brána.....	25
2.3.7	Vzduchotechnika	25
2.3.8	Ochranná skříň nástroje	26
2.4	Program pro řezání.....	27
2.5	Proces řezání listů	28
2.6	Jiné metody	29
3	Grafika Listů	29
3.1	Harmonika	30
3.1.1	Polepení	30
3.1.2	Laserové gravírování	30
4	Školení ve firmě.....	31
	Závěr.....	33
5	Seznam použitých zdrojů.....	34
6	Přílohy.....	35

Úvod

Při vyslovení slov Signaltron nebo Laserové řezání projdou posluchači myšlenky ze sci-fi světa. V této maturitní práci ukážu, že se nejedná o sci-fi, ale o nejmodernější technologický proces, který je pro mě, jakožto studenta dostupný.

V rámci konstrukčního kroužku pod velením pana Ing. Růžičky máme plán. Tím je obnovení kousku historie, který kdysi zdobil naše vlakové stanice, nebo ukazoval kdy vám odletí letadlo. Jedná se o přesýpací hodinovou tabuli s názvem Signaltron.

Signaltron byly ukazatele, které fungovali na poměrně jednoduchém principu. Hodiny obsahují několik překlápěcích listů, které v různých kombinacích tvořili požadovaný informační údaj. Vyráběli se v 70. letech 20. století. Firma, která je kdysi vyráběla, se zaměřila na výrobu modernějších technologií a výroba těchto hodin skončila.

Jelikož se hodiny Signaltron již nevyrábí, tak nejsou dostupné náhradní díly, ze kterých bychom mohli v rámci kroužku postavit funkční repliku. Museli jsme nastudovat několik papírů o těchto hodinách abychom zjistili, co je třeba k jejich provozu. Některé díly nebyly a nejsou k dohledání a nám nezbylo nic jiného, než si je vytvořit samostatně.

Poslední částí replikování bylo přijít na nejlepší způsob vytvoření překlápěcích listů, které nesou informace. Listy jsou velice tenké a jsou z hliníku, ale je jich přes 60. To znamená, že na výrobu všech 40 kusů bychom utratili větší množství peněz. Potřebujeme tedy něco, co je rychlé, efektivní, má nízkou cenu na provoz a dokáže vytvořit to, co chceme. A proto jsme zvolili metodu laserového řezání.

Laserové řezání je velice přesný a netradiční způsob obrábění. Používá se úzký svazek laserového záření o vysoké hustotě energie, který při dopadu na obráběný povrch materiál taví nebo odpařuje. Od tradičního obrábění je rozdílný v přesnosti, strusce, bezpečnosti a efektivitě.

V rámci kroužku nám také bylo poskytnuto školení s tímto druhem obrábění. Všichni jsme prošli týdenním kurzem, který končil obdržením certifikátu pro používání tohoto stroje.

Cílem mého maturitního projektu je popsat funkci laserového řezání, ale také popsat funkci a zhodnotit technologické postupy pro modernizaci prototypu informačních hodin Signaltron.

1. SIGNALTRON

Signaltron je produktem bývalé české firmy Pragotron, která se nyní nazývá Elektročas s.r.o. Produkt, o kterém se zde budu zmiňovat „byl vyvinut italskou firmou Enrico Boselli, S.p.A. v roce 1968“. Pragotron se specializoval na výrobu listových hodin, které se dnes už nevyrábí. Název je odvozený od místa, kde se firma sídlila. Jedná se o město Praha. Mezi další jejich produkty patřily píchací hodiny pro kontrolu docházky zaměstnanců. Vyráběli se v 60. a 70. letech minulého století. Tyto tabule ukazují na stanicích čas nebo příjezdy a odjezdy dopravních spojů. Nyní je můžeme najít v muzeích či na vlakovém nádraží, které si zanechalo svůj historický charakter ve Vraném nad Vltavou.

Vojtěch Janda 3.A. - Signaltron.pptx

1.1 Popis Signaltron

A jak tyto hodiny fungují? Chod hodin probíhá z pravé části do levé, na začátku je umístěn elektromagnetický obvod, který při polarizovaných impulzech dává do chodu řadu ozubených převodů. Tyto převody jsou vyvedeny na osu minutového kotouče. Po obvodu kotouče je umístěno 60 překlápěcích hliníkových listů, na každém listu je na jedné straně horní polovina číselného nebo textového údaje a na druhé straně je spodní polovina chronologicky následujícího údaje. Aktuální list je ve svislé poloze přidržován plechovým jazýčkem, při pootočení mechanismu dojde k uvolnění listu, který přepadne do spodní polohy a tím odkryje následující list. V levé části osy minutového kotouče je umístěné ozubené kolo, které postupně během otáčení napíná dvojici pružin. Při přechodu z posledního listu na první jsou pružiny uvolněny a dojde k pootočení osy kotouče.

(Matyáš Kučera Signaltron Stretech 2024)

1.2 Prvky Signaltron

Aby hodiny vůbec fungovali, musí fungovat současně všechny prvky stroje. Zde si rozebereme Signaltron na jednotlivé díly.

1.2.1 Case

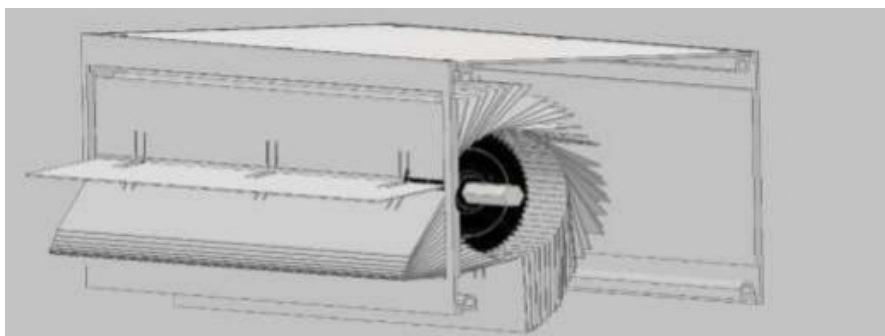
Jedná se o pouzdro, ve které jsou upevněny všechny části hodin. Zároveň slouží jako ochrana vůči okolním podmínkám, které by mohli ohrozit integritu jednotlivých částí jednotky.



Obrázek č.1.
Konstrukce držící Case

1.2.2 Překlápěcí listy

Jsou běžně vyrobené z hliníku, kvůli jeho vlastnostem jako například nízká váha. Tyto listy obsahují veškeré informace, které tyto hodiny/tabule mohou poskytnout. Listy mohou být jednotné (po celé délce hodin) a ukazovat třeba celé názvy. Dále mohou být rozděleny na několik menších listů, které společně dokážou vytvořit požadovaný nápis/čas/datum/název.



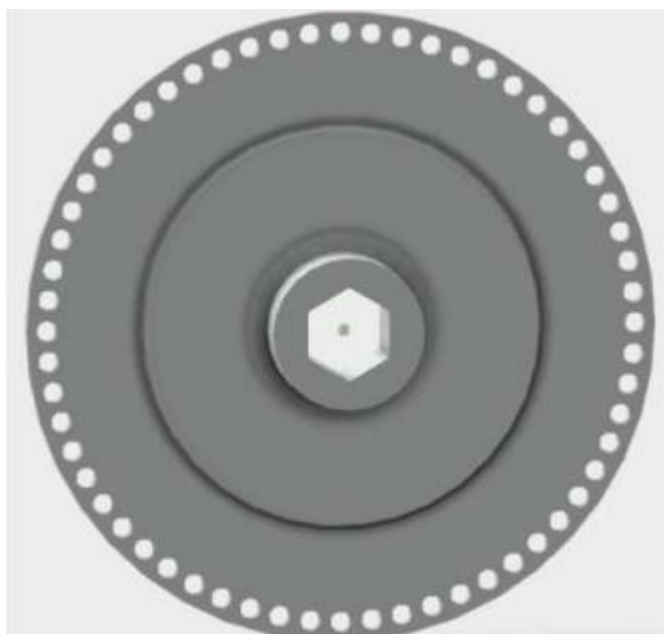
Obrázek č.2.
3D model listů na hřídeli

1.2.3 Hřídel

Jedná se o hlavní hřídel, která poskytuje rotační pohyb pro hodiny. Jsou na ni umístěny držáky listů. Svým otáčením převrací listy.

1.2.4 Držák listů

Držák listů je tenké kolečko, které má odsazené díry od vnějšího okraje kolečka. Do těchto děr jsou vloženy překlápěcí listy, které se překlápí vlivem rotace hřídele. Hodiny obsahují tolik koleček, podle potřeby délky jednotlivých listů. V našem případě je to 5 koleček. Toto kolečko jsme vytvořili pomocí 3D tisku, ale chtěli bychom zkusit vytvořit tyto díly pomocí vtláčování plastů do forem na odlitky.



Obrázek č.3.
3D model držáku listů

1.2.5 Ozubená kola

Slouží k převádění rotačního pohybu na hřídel. Zároveň je to hlavní pohon mechanických součástí ve stroji

1.2.6 Kódový bubínek

Je to jakýsi počítač, který řídí překlápění listů podle kombinace kartáčků, které zapadnou do díry. Podle předdefinovaných kombinací děr, ve kterých jsou kartáčky, se překlápí listy v hodinách.



Obrázek č.4.

Kódový bubínek

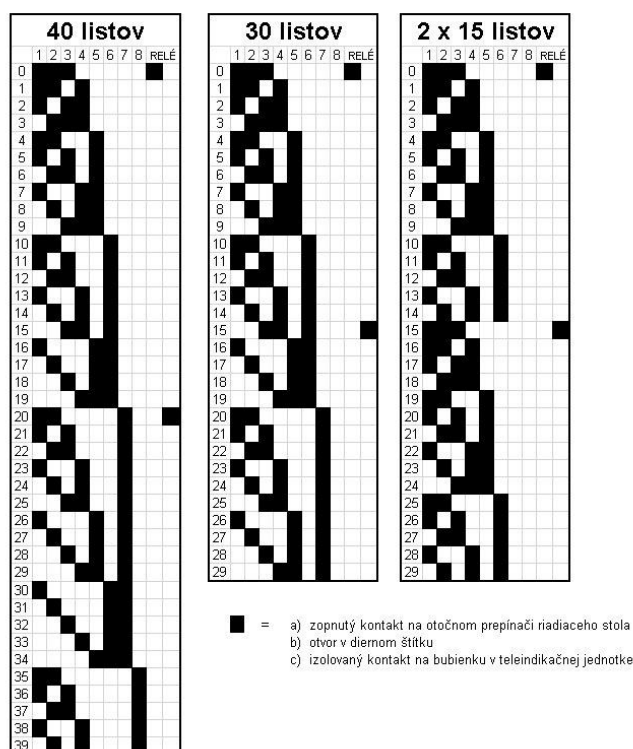
1.2.7 Motorek

Řídí funkci všech mechanických jednotek v hodinách a je řízen kódovým bubínkem.

(Matyáš Kučera Signaltron Stretech 2024)

1.3 Mechanismus a konstrukce

Mechanismus těchto hodin je řízen počítačem. V dnešní době si většina počítač představí jako notebook nebo stolní počítač. Zde jde ve skutečnosti o válec s dírami a kartáčky. Tento válec se otáčí po směru axiální osy. Na bubínku jsou po obvodu umístěny drážky, do kterých zapadají vodící kartáčky. Stejně jako u prvních počítačů, je tento počítač řízen podobně jako binární soustava. Kombinace kartáčků v jednotlivých dírach určuje pohyb hlavní hřídele, která otočí s listy podle kombinace kartáčku v drážkách.

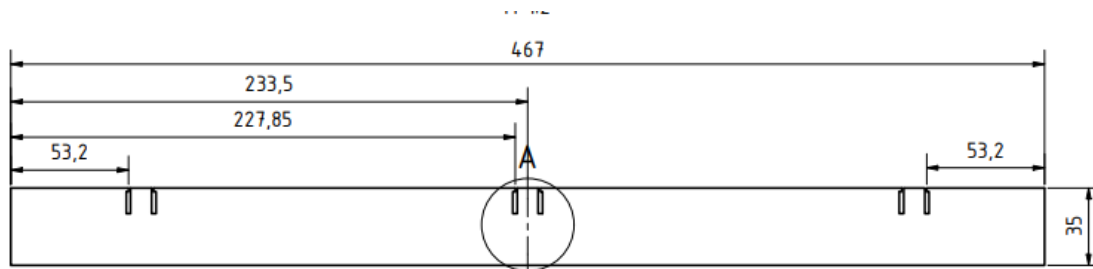


Obrázek č.5.

Schéma kombinací kartáčků

1.4 Listy

Listy v hodinách jsou k držení informací. Listy obsahují slova, nebo písmena, ze kterých se poté skládá nápis či věta. Obsahují tedy všechny důležité a požadované informace, které chceme na ukazateli promítat.



Obrázek č.6.
Technický výkres listu s kótami

Jelikož v kroužku chceme přijít na nejdostupnější proces, kterým se tyto hodiny dají vytvořit, zvolili jsme hliníkový profil o síle 0,5 milimetrů. Jedná se o velice tenký a lehký profil. Je to také z toho důvodu, že potřebujeme 60 listů. Pokud bychom zvolili například ocel, která má oproti hliníku větší hustotu a je tím pádem těžší, tak by se zkomplikoval celý chod hodin.

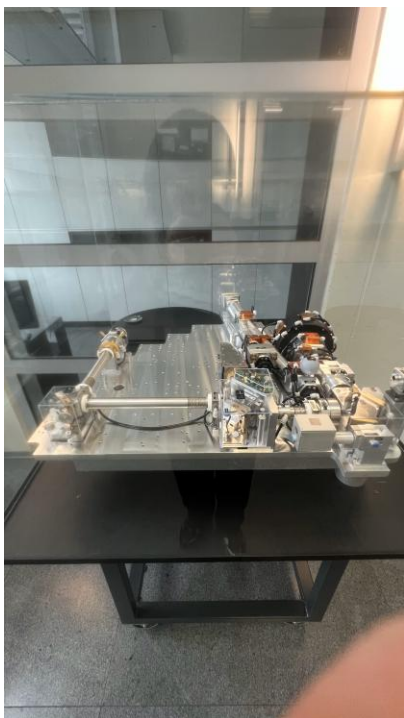
Výrobu listů jsme museli také promyslet. Nejlepší možností bylo laserové řezání, a to kvůli ceně a efektivitě. U řezání vodním paprskem je třeba brát v potaz ceny všech věcí, které jsou k chodu stroje potřebné. To je: elektrická energie, voda, brusivo, spotřební díly. Vyrábíme totiž 60 listů a cena by se odvíjela od všech jmenovaných věcí za kus.

U laserového řezání je potřebná jen elektrická energie. Stroj je sice dražší kvůli tomu, že je stroj relativně nový a věci potřebné k vytvoření laserového paprsku jsou velice drahé. Chod laserového stroje je ve finále levnější, a to z důvodu takového, že materiály potřebné pro chod stroje jsou jen: elektrická energie, spotřební díly v podobě kartáčků a řezacích nástavců a posledně pomocné plyny dusík a oxid uhličitý. Tyto plyny se mohou, ale nemusí používat.

2 LASEROVÉ ŘEZÁNÍ

Laserové řezání, jak z názvu vypovídá, je založený na funkci laseru.

Laser je optický zdroj elektromagnetického záření s vysokou energií. Světlo je z laseru vyzařováno ve formě úzkého svazku paprsků, které se při dopadu na pevnou látku buďto odrazí, nebo přemění na teplo. Jedná se o jednu z nejmodernějších netradičních metod obrábění. Na rozdíl od běžného obrábění se materiál odděluje pomocí intenzivního tenkého paprsku světla. Paprsek je o intenzitách 4-8 kW. To znamená, že po dopadu na povrch je velká část světla vstřebána a přemění se na tepelnou energii. Tato tepelná energie materiál buď odpaří nebo roztaví. Laser používán na řezání má vlnovou délku 1030 nm. Je to tedy v oboru neviditelného záření. Jelikož je laser o velkých energetických intenzitách a v oboru neviditelného světla, je proto velice nebezpečný pro oči. Stroj musí být opatřen ochrannou skříní nebo uživatel musí nosit speciální ochranné brýle, které zabrání tomuto světlu napadnout sítnici a poškodit tak zrakový vjem člověka. Některé skříně mohou být opatřeny sklem, kterým se dá do skříně bezpečně koukat, abychom mohli zjistit stav našeho produktu, který se třeba právě vyřezává.



Obrázek č.7.
Model laserového vyvolávacího zařízení

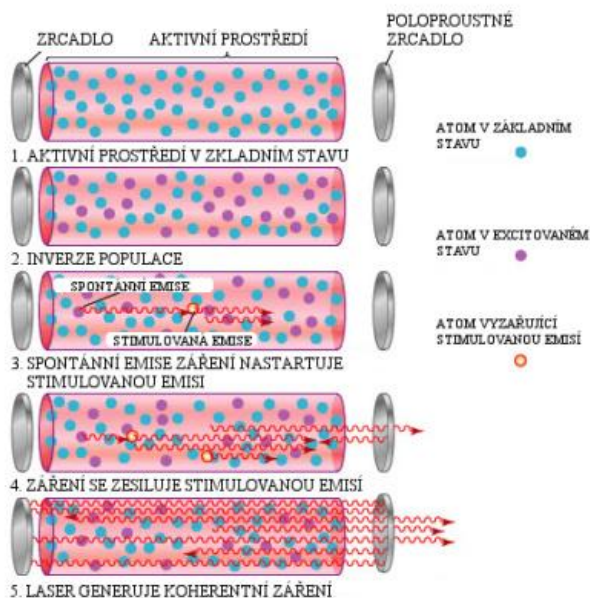
Odpařování kovu také není bezpečná záležitost. Do ovzduší se dostávají nano-částice kovu, které by v menších množstvích mohli připravit člověka o život. Proto musí být laser uzavřen v ochranné skříni a opatřen kvalitní vzduchotechnikou, která zbaví okolí laseru od těchto nano-částic¹.

¹ Nano částice jsou částice o velikosti v řádu nanometrů

2.1 Výroba Laserového paprsku

Laser je zkratkou „Light amplification by stimulated emission of radiation“ (L.A.S.E.R). V češtině zesilování světla stimulovanou emisí záření. Výroba laserového paprsku začíná ve vyvolávacím zařízení, který se také nazývá laser agregát.

Zde se nachází dutá uzavřená nádoba s laserově aktivním médiem. Toto laserově aktivní médium slouží k vytvoření koherentního^[1] paprsku o vlnové délce 1030nm. Funguje tak, že tímto médiem je veden intenzivní laserový paprsek vyzářen laserovou diodou. Intenzita tohoto laseru se pohybuje v hodnotách od 4 kW do 8kW. Po dopadu na laserově aktivní médium, což je většinou prvek Yb : YAG neboli granát itrito-hlinitý dotovaný ytterbiem. Už z názvu můžeme odvodit, že se nejedná o nic levného ani dostupného široké veřejnosti. Je to také jedna z nejdražších částí laseru. Po dopadu laseru na toto médium reagují elektrony v atomech tohoto prvku. Reagují tak, že vlivem přidané energie z laseru excitují elektrony na vyšší energetickou hladinu. Z Pauliho vylučovacího principu³ víme to, že elektron nemůže být na jiné vrstvě, než na té na které má být. Proto elektron z této vyšší energetické hladiny spadne na nižší. Při tomto skoku na nižší



Obrázek č.8.
Schéma popisující vznik laseru

²Koherentní = soudržný, dobře uspořádaný, nerozporný.

³ Pauliho vylučovací princip říká, že dva fermiony nemohou být nikdy ve stejném kvantovém stavu.

energetickou hladinu zároveň vyzáří zbytkovou energii, která mu byla dodána laserem, v podobě elektromagnetického záření o vlnové délce 1030nm.

Viditelné barevné spektrum má vlnové délky od 380 do 740 nm. Jedná se tedy o námi neviditelné světlo v oboru infra⁴. Zde cesta laseru ještě není u konce. Vytvořili jsme koherentní paprsek fotonů, ale potřebujeme ho ještě amplifikovat a dostat do laserové hlavy, kde se paprsek usměrní na velmi tenký přesný bod. Amplifikace probíhá stále ve vyvolávacím zařízení. Uskutečňuje se v uzavřené duté válcové nádobě, která obsahuje sérii nepropustných, polopropustných zrcátek. Zde se paprsek odráží z jedné strany na druhou a vlivem vrážení do ostatních částic a jejich další excitaci se světlo amplifikuje. Až dosáhne požadované intenzity, projde skrze polopropustné zrcátko a polarizační filtr, který zajistí skutečně stálou hodnotu vlnové délky paprsku. Paprsek je poté veden z laser agregátu optickou drahou, která je tvořena z optických kabelů. Jsou to stejné optické kabely, které nesou televizní přenos nebo internet. Po optickém kabelu se dostane do ochranné skříně stroje, kde je konečně přiveden do laserové hlavy. Zde je paprsek naposledy usměrněn pomocí čoček a zrcátek, aby vytvořil ohnisko na řezané ploše. Je to z toho důvodu, že ohnisko je bodové a je středem největší energie z celého paprsku. Proto ho chceme, aby přesně dopadalo na povrch a došlo tak k velice přesnému a rychlému řezu.

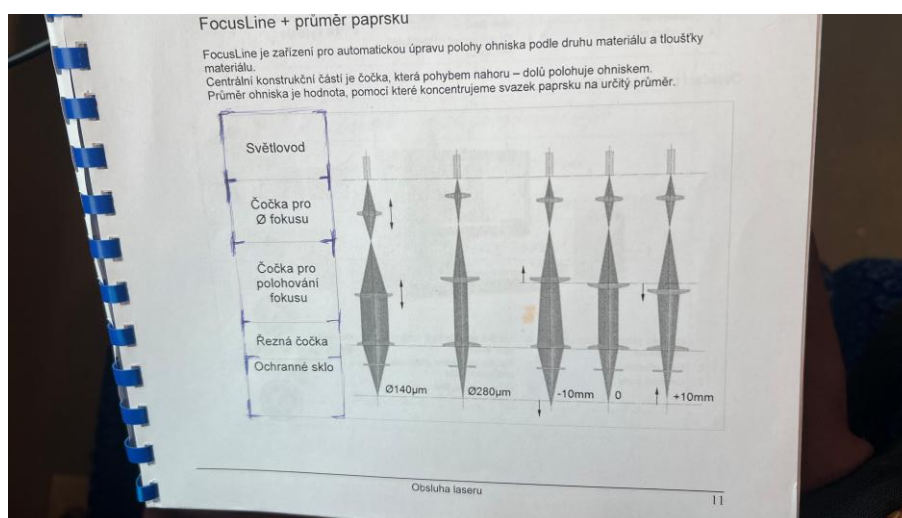
2.2 Řezné vlastnosti

Laser byl v dřívějších dobách usměřňován pomocí zrcátek, které vedly z laser agregátu do stroje a na střed osy řezací trysky. Toto je v současné době nahrazeno optickým kabelem, který je dražší, ale šetrnější a bezpečnější. Optický kabel vede rovnou do řezací trysky, kde je světelný proud přesněji usměrněn podle nastavení řezacího programu.

Laser od firmy Trumpf má v počítači několik předdefinovaných programů pro řezání nejrozličnějších druhů materiálu. Tloušťka a druh materiálu nám totiž určuje různé řezné vlastnosti. To je: řezná rychlost, výkon laseru, tlak plynu, šterbina řezu a poloha ohniska.

⁴ Obor infra – oblast vlnové délky charakteristická pro infra-světlo

Kvalita laserového paprsku a poloha ohniska musí být kontrolována. Učiní se tak přes laserovou diagnostiku, kde v krátkém intervalu nasvítíme laser na foto reaktivní pásku. Podle typu vypálené díry zjistíme kvalitu nastavení čoček, které usměrňují laser do přesného ohniska.



Obrázek č.9.
Schéma popisující usměrnění čoček

Na přesnou toleranci hrubosti povrchu u tohoto procesu nelze spoléhat. Jelikož jde o proces, kdy se kov taví nebo rovnou odpařuje, vznikají tak při různých tloušťkách různé druhy nerovností v místech řezu. Stejně jako u řezání vodním paprskem se nerovnost v místě řezu zhoršuje s větší silou profilu a také jejími řeznými podmínkami. Tyto nerovnosti poté napodobují vroubky na stranách profilu v místech řezu. Tavený kov také ne vždy opustí povrch řezaného plechu. Vznikají tak ořepy na hranách nebo kovové kapky, které přesahují přes stanovenou tloušťku profilu.

Druh ořepu	Popis	Příklad
Perlovitý ořep	Perlovitý nebo kapkovitý ořep s kovově lesklým povrchem; silně přilnavý ořep. Příklad: Konstrukční ocel, tloušťka plechu 15 mm Poloha ohniska +5	
Hrudkovitý ořep	Přilnutí taveniny v podobě jemného, hrudkovitého ořepu; snáze odstranitelný než ostrý ořep. Příklad: Konstrukční ocel, tloušťka plechu 15 mm Poloha ohniska -1	
Ostrý ořep	Roztřepený, hrubý a ostrohranný ořep; zčásti silně přilnavý. Spodní strana plochy řezu je zdrsňená. Příklad: Ušlechtilá ocel, tloušťka plechu 8 mm Poloha ohniska -4	
	Jemný, ale ostrohranný ořep, roztřepený a přilnutý ke spodní straně. Příklad: Ušlechtilá ocel, tloušťka plechu 8 mm Poloha ohniska -11	

Obrázek č.10.
Tabulka druhů nerovností

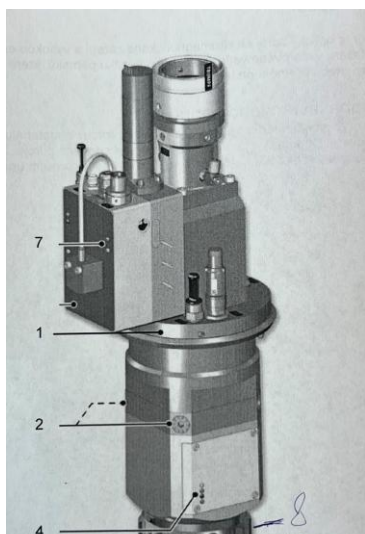
2.3 Části laseru

Vyvolávací zařízení

Mezi základní prvky laserového řezače je jednotka TruDisk. Jedná se o laser agregát, kde vzniká koherentní paprsek laseru o vlnové délce 1030nm. Laser zde je vytvořen, následně amplifikován a posledně převeden pomocí optických kabelů do laserové hlavy.

2.3.1 Laserová Hlava

Slouží k usměrnění paprsku na požadované místo a také k držení řezného nástavce, který poté slouží jako podrobnější přizpůsobení řezných vlastností. Paprsek je veden skrz optický kabel z vyvolávací bedny přímo do hlavy. Dále je paprsek přesněji usměrněn přes pomocné čočky. Na konci hlavy je ochranné sklíčko. Je zde z důvodu takového, jelikož celá soustava čoček je v chráněném prostředí, kam se nesmí dostat znečištění. Toto ochranné sklíčko se nachází nad koncem hlavy, kde se vkládá řezný nástavec. Sklíčko se jednou za čas musí čistit, jinak by byla narušena integrita mechanismu ve hlavě a také samotná kvalita řezu. Hlava je držena v pneumatickém nástavci. Tento pneumatický nástavec slouží k tomu, že když se zasekne nebo vyletí výrobek do trysky, aby se tryska nerozbila. Je lepší když se uvolní, než kdyby v plné síle pokračovala dále ve směru překážky. Při vyklouznutí z této pneumatické pochvy se proces ihned ukončí a je třeba uživatelského zasahování, aby ji vrátil zpět do své původní pozice. Celá hlava se pohybuje v osách X,Y,Z neboli 3D a to po drahách v ochranné skříni. Pohybuje se po kolejnicových drahách s velikou přesností, protože se jedná o nejpřesnější druh obrábění. Posuv po



Obrázek č.11.
Obrázek staré laserové hlavy



Obrázek č.12.
Obrázek nové laserové hlavy

drahách je definovaný v programu, ale může ji ovládat uživatel pomocí šipek na počítači stroje. Pohybuje se po drahách lineárně a lze nastavit rychlost posuvu v procentech na ovládací konzoli.

2.3.2 Plynová tryska

Je umístěna vedle vyústění laseru. Slouží primárně k odfouknutí taveniny z obrobku, aby na povrchu nevznikali kapky taveniny. Používá se buďto oxid uhličitý nebo dusík. Je to také kvůli tomu, že se jedná o inertní plyny. Při řezání vzniká na povrchu vysoká teplota a může dojít k nechtěné oxidaci. Proto se vytváří kolem řezu inertní atmosféra, do které nedokáže vstoupit kyslík a tím pádem nemůže vzniknout na povrchu oxidace.

2.3.3 Řezací nástavce

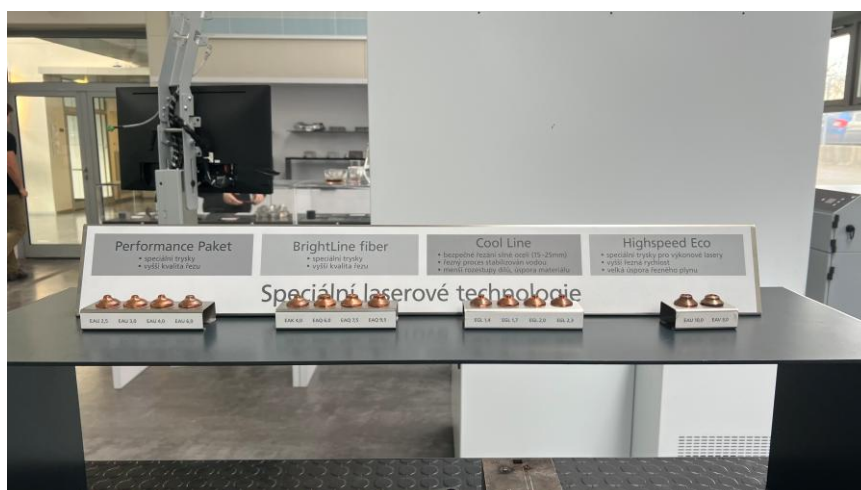
Řezací nástavce jsou z mosazi. Umisťují se na konci řezné hlavy, kde je ohnisko laseru.

Jejich tvary jsou rozdílné podle způsobu použití, a to zejména šířka štěrbin, kterou prochází laser. Širší štěrbina na silnější materiály a užší na tenčí. Dále existují řezací nástavce se speciální adicí. Například tryska s přívodem vodní páry, která nese název CoolLine. Slouží k lokálním ochlazování, aby nevznikl požár.



Obrázek č.13.

Řezací nástavec



Obrázek č.14.
Řezací nástavce jiných druhů

2.3.4 Palety

Palety slouží k držení polotovaru, ze kterého chceme udělat obrobek. Samotná paleta je tvořena z rámu a několika tenkých profilů, které připomínají pilu. Jsou to trojúhelníkové zářezy, které tvoří bodový povrch. Kdyby to byl deskový povrch bez děr, tak ji konstantně propaluje laser a také výpary a smetí by potřebovali jiný způsob odvádění. Na tyto trojúhelníky jsou položeny desky, ze kterých chceme něco vytvářet



Obrázek č.15.
Palety na paletovém výměníku

2.3.5 Paletový výměník

Drží 2 palety najednou a je umístěn za přístrojem. Když uživatel zadá výměnu palet, nadzvedne se jedna paleta pomocí hydraulického výtahu, aby kola palety byla souměrná s dráhou kolejnice do samotného stroje. Výměna poté funguje stejně jako první vjetí palet.

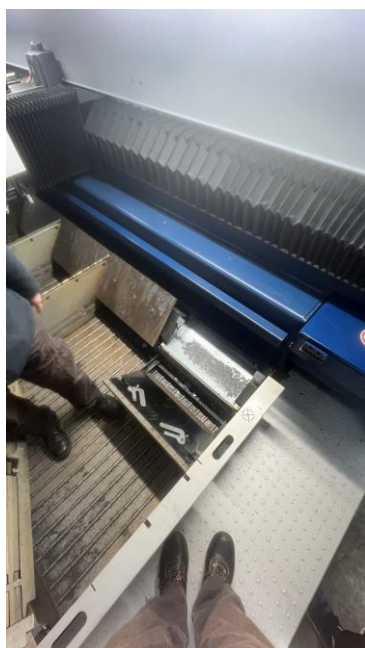
Palety jsou na sáních s kolečky, které srovnává s dráhou hydraulický výtah. Hydraulický výtah vyměňuje palety a zároveň srovnává kola palety s dráhou stroje, aby se paleta dostala bez problémů na pozici, na které mají být.

2.3.6 Světelná brána

Okolí paletového výměníku je chráněno světelnou bránou. Tato brána je tvořena sloupci se zrcátky, od kterých se odráží červený slabý laser. Vytváří neviditelnou světelnou bránu, Když je světelná brána narušena, je funkce přístroje ihned zastavena, aby nevzniklo žádné nebezpečí. Aby stroj mohl vůbec fungovat, je třeba před jeho provozem aktivovat světelnou bránu pomocí ovládacího panelu pro výměnu palet.

2.3.7 Vzduchotechnika

Vzduchotechnika je v tomto prostředí jednou z nejdůležitějších částí stroje. Je to z důvodu takového, jelikož laser během používání vytváří nano částice-. Vznikají odpařováním kovu. Kov se taví a odpařuje. Při tavení se vytváří velice drobné kuličky, které jsou životu nebezpečné. Bez vzduchotechniky by se musely v budově používat respirátory kategorie FFP3. Vzduchotechnika vede po celém obvodu bedny. Vzduch je veden do ventilačního přístroje, kde prostřednictvím trubky je přiváděn prach ze stroje. Tento prach vede přes odstředivý buben, který rozdělí prach na větší a menší části prachu. Tyto části jsou potom rozděleny do barelů. Jeden pro větší částičky prachu a druhý barel na velmi jemné neviditelné prachové části. Tyto barely se potom musí vyvážet speciální firmou, která se zaměřuje na likvidaci toho specifického odpadu. Částí bedy s dopravníkem jsou vzduchové komory. Je to kvůli tomu, že stroj lokalizuje místo, kde se obrábí daný materiál a tuto oblast vzdušně izoluje. Vzniká tak lokální odvod prachových částic, který je velice efektivní a zaručuje se díky tomu vysoká bezpečnost.

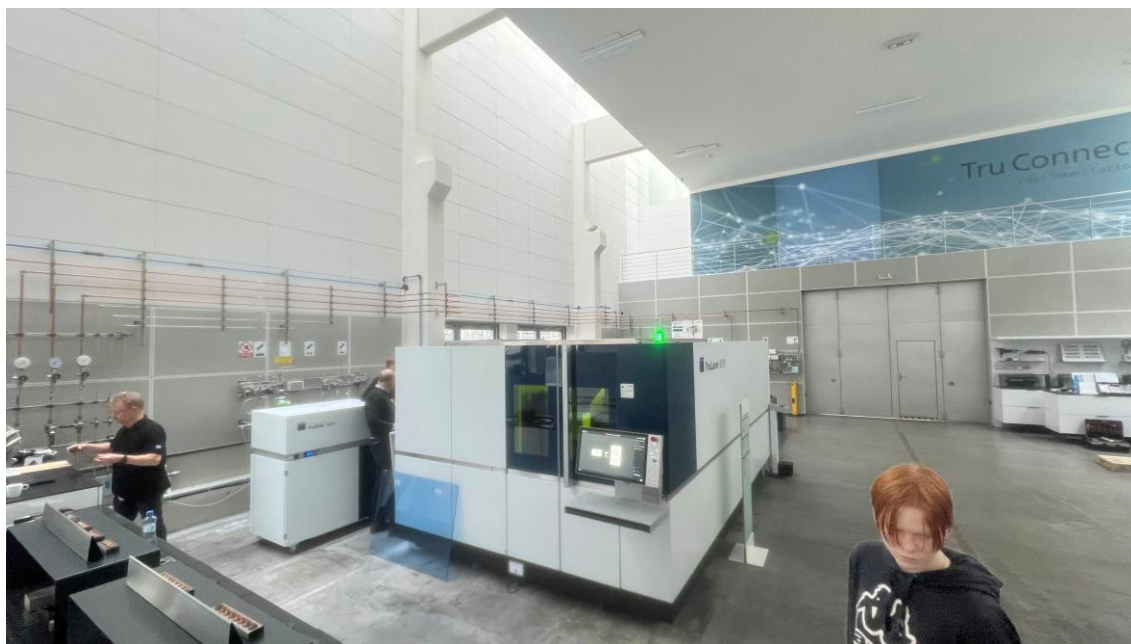


Obrázek č.16.

Pohled uvnitř ochranné skříně s náhledem do
dráhy vzduchotechniky

2.3.8 Ochranná skříň nástroje

Slouží k vytvoření uzavřeného prostředí, díky kterému neuniká zbytkové záření z laseru, které by nám mohlo poškodit sítnici. Dále zabraňuje nekontrolovatelnému šíření prachových částic, které by mohli napadnout respirační orgány a vést k smrti nechráněného jedince. Hlavní bedna také obsahuje okno, které má na svém povrchu speciální folii, která zajistí to, aby se uživatel kdykoliv v průběhu práce mohl kouknout a zjistit stav jeho obrobku.



Obrázek č.17.

Ochranná skříň

2.4 Program pro řezání

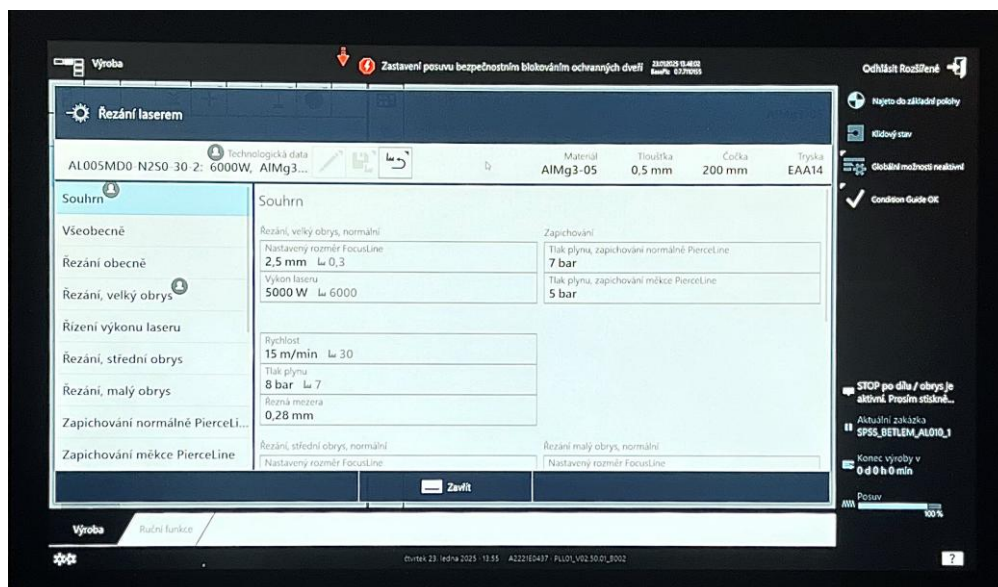
Jak už jsem zmínil, firma Trumpf a jejich lasery mají mnoho přednastavených programů podle toho, jaký druh materiálu o určité síle se zrovna bude řezat. Tyto programy mají nadefinované všechny řezné vlastnosti.

Jediné, co je třeba, aby programátor nadefinoval pozice požadovaných obrobků na profil a trasu laseru. Nákresey obrobků mohou být ve formátu SPL nebo DXF. Většinou si program dokáže určit sám trasu laseru a vytvoří si nejefektivnější dráhu s ohledem na čas a efektivitu.

Po nadefinování a uspořádání dostaneme od stroje list, který obsahuje veškeré informace o daném programu. To je: celková doba běhu, prořez v procentech, počet tabulí, množství obrobků, délka řezu, surovina, rozměry, hmotnost.

2.5 Proces řezání listů

Nejprve jsme připravili eloxovaný hliníkový profil. Ten jsme položili na paletu, která je součástí paletového výměníku. Zde končí naše manuální práce a musíme se přenést



Obrázek č.18.

Program použitý na řezání listů s upravenými hodnotami

k počítači. Po zajištění našeho profilu a aktivaci světelné brány jsme došli k počítači. Na počítači jsme nastavili, aby paleta s naším profilem vjela do strojové bedny s laserem. Zjistili jsme nulové body, tj. kde se nachází naše deska a seřídili jsme řezací hlavu. Následně jsme nahráli řezací program, který obsahuje všechny potřebné informace. Jako například řeznou rychlost, intenzitu paprsku, tlak plynu a podobné. Pak už stačilo jen zapnout ventilaci a spustit program. Jelikož jsme potřebovali zjistit nejvýhodnější podmínky pro řezání našich listů, zastavovali jsme řezací program po každém výrobku, abychom zjistili, jak náš list vypadá. Zvolený předdefinovaný program nám bohužel nevyhovoval, jelikož výsledný obrobek měl silně otřepené hrany. Museli jsme tedy do programu zasáhnout a předdefinovat výšku ohniska, výkon laseru, řeznou rychlost a tlak plynu. Po těchto úpravách jsme měli hrany lehce otřepené. Jediná věc, které nešlo dosáhnout byly tupé hrany. To nám nevadilo, jelikož tyto drobné otřepky šli obrousit ochrannou rukavicí. Po dosažení nejvýhodnějších podmínek pro řezání našich listů jsme se rozhodli nechat dodělat všechny listy na tomto programu.

Celý program běžel okolo 3 minut. Měli jsme 2 kovové profily, takže můžeme říct, že trval 6 minut. Počítaje s průměrnou cenou 4 Kč/kWh a průměrnou spotřebou 15kW by

vyšla cena za elektrickou energii okolo 6 Kč. Dále jsme použili dusík, jako řezný plyn. TruLaser má průměrnou spotřebu dusíku 6 l/h. To vychází na 0,6 litrů dusíku, což stojí 0,4 Kč. Celkově se tedy dá říct, že celý program na všech 60 listů vyšel cenově přibližně na 6,4 koruny. Toto bohužel nesouhlasí s reálnou situací kvůli dalším poplatkům firmy. Reálná cena by odpovídala hodnotě 100-200 korun na 1 profil.

2.6 Jiné metody

Metod na výrobu těchto listů je mnoho. I přesto jsme zvolili metodu laserového řezání, jelikož jsme s tím v minulosti měli velice pozitivní zkušenosti. Naše listy obsahují velice malé drážky (viz. Obrázek 22; výkres [1] v příloze), aby se mohly uchytit do držících nástavců. Také náš plech je velice tenký. Kdybychom použili řezání pomocí plasmy či vody, nedosáhli bychom tak přesných úzkých drážek. Dále by tyto metody byly možná i dražší a komplikovanější na naše potřeby.

3 GRAFIKA LISTŮ

V poslední řadě potřebujeme dostat na povrch listů to co chceme, aby ukazovali.

Ukazatel musí vzbudit dojem na člověka, aby si ho vůbec dokázal všimnout. Proto se používá nejčastěji kontrast černé a bílé barvy.

Metody, které se používali dříve na grafiku listů jsou nám neznámé. Proto jsme museli přijít na způsob, jak nejjednodušeji vytvořit na listech kontrast. Naše možnosti jsou: polepení, vytvoření harmoniky s popisem listů a posledně laserové gravírování na elektrolytickou oxidační vrstvu hliníku.

Zvolili jsme proces laserového gravírování, a to kvůli tomu, že jsme nechali naše hliníkové profily pokrýt oxidační vrstvou, která udělala povrch profilu čistě černým. Laserovým gravírováním jde dosáhnout čisté bílé barvy, která je nejlepší kontrastní barvou pro barvu černou.

3.1 Harmonika

Název neklame, jelikož se skutečně jedná o harmoniku, ale ne o hudební nástroj. Dá se vytvořit pomocí listu A4 a sešívačky. Proces je následovný. Nejprve se list A4 přeloží v půlce nejkratší strany. Text by měl být na papír napsán kolmo na nejkratší stranu a do poloviny papíru. Papíry se poté sešijí sešívačkou po stranách listů, aby se vytvořila harmonika, která se dá navlíknout na listy hodin. Jedná se o nejjednodušší způsob pro grafiku listů.

3.1.1 Polepení

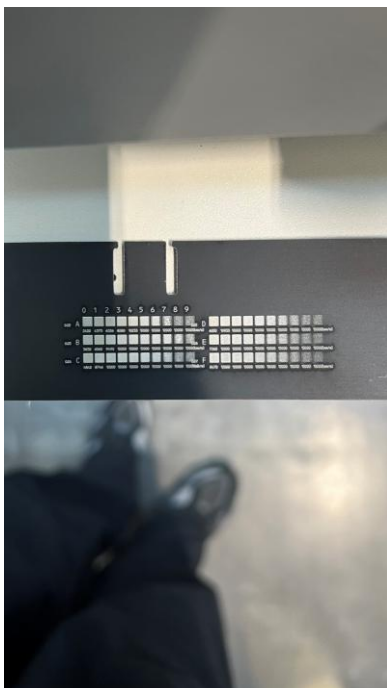
Jednoduchý proces, kdy se na folii pomocí speciálních tiskáren natiskne požadovaný text. Tato fólie se poté vystřihne podle potřeb a nalepí na povrch listu. Je to také jednoduchý proces, ale oproti harmonice je poněkud dražší a komplikovanější.

3.1.2 Laserové gravírování

Tento proces zahrnuje laser. Od ostatních procesů vyniká vytrvalostí výsledku, přesností, rychlostí a flexibilitou. Pužívá se nikoliv stálý paprsek laseru ale pulzní laser, aby nedocházelo k tavení a odpařování materiálu. Tyto pulzy jsou o velice krátkých intervalech.

List se uloží do gravírovacího přístroje, kde se položí tak, aby jeho orientace vyhovovala našemu textu. Text je upraven v počítači v grafickém programu, kde se zároveň dají upřesnit parametry pro gravírování. Dále se stroj zabezpečí, aby neunikalo žádné škodlivé

záření a pracuje. Laser odpařuje tenkou vrstvu materiálu z povrchu. Laser vytvoří jemně hrubý povrch, který odráží světlo pod daným úhlem tak, aby se odrážela požadovaná barva. Oproti harmonice je proces možná dražší, ale jedná se o nejefektivnější a trvalý druh grafiky, který lze odstranit jen hrubou silou. Také je výhodný v tom, že není závislý



Obrázek č.19.

Přehled tónů barev vygravírováno do listu

na druhu materiálu a lze skutečně gravírovat cokoliv.

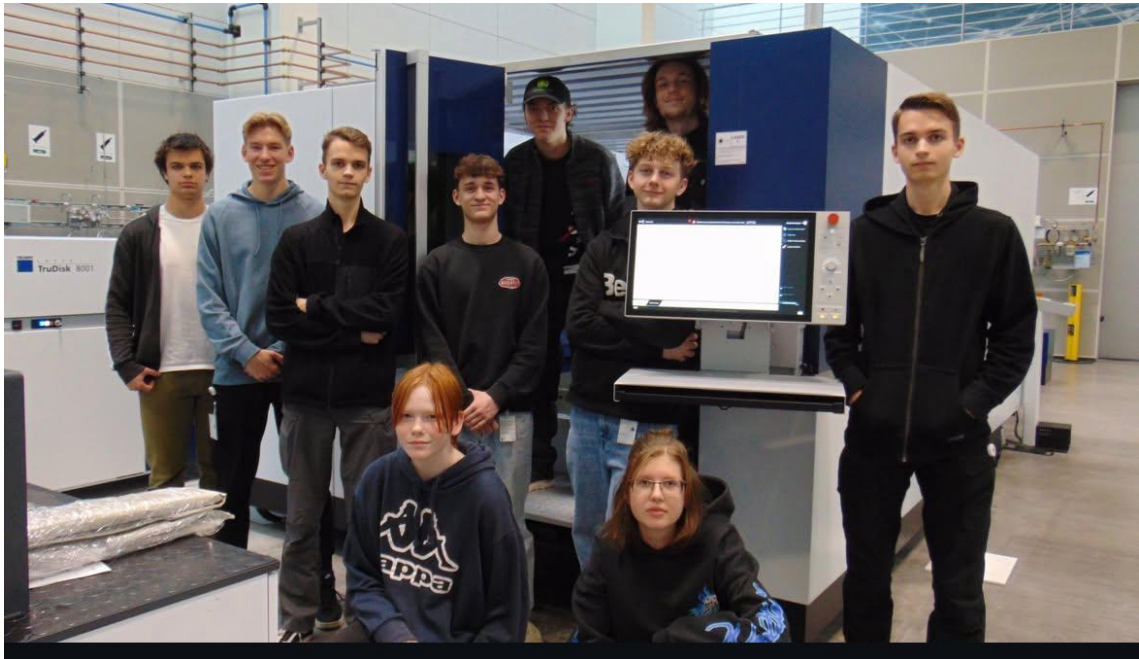
Gravírování nám bylo umožněno udělat ve firmě Bosch v Českých Budějovicích.

4 ŠKOLENÍ VE FIRMĚ

Jak už jsem se zmiňoval v předešlých kapitolách, tak jsme skutečně absolvovali kurz, který nám umožnil se strojem samovolně operovat. V naší škole je řezání laserem dostupné, ale jenom s dohledem kantora, který je kvalifikovaný na práci s laserem. To znamená, že studenti mohli mít příležitost řezat jenom v rámci dalšího kroužku.

Náše školení probíhalo v období od 21. do 24. Ledna. Každý den se sešla skupina konstrukčního kroužku v 8:30 před firmou Trumf. Zde jsme trávili 8 hodin denně. Nejprve jsme dostali učebnici obsahující všechny důležité informace, co se týče operace

se strojem TruLaser. Také jsme byli naučeni veškeré bezpečnosti, které musíme znát před tím, než s Laserem začneme pracovat. Postupně jsme listovali stranu po straně, pečlivě



Obrázek č.20.

Konstrukční kroužek na školení ve firmě Trumpf

poslouchali našeho školícího a zapisovali si poznámky. Člověk, který nás měl na starost měl letitou praxi ve svém oboru a celý průběh školení díky tomu byl zábavnější. Kolem 3. dne ve firmě jsme dostali možnost operovat s TruLaser a konečně jsme měli příležitost si vyřezat potřebné díly na náš projekt. Ke konci školení nám firmou byly představeny i jejich dostupné technologie.

ZÁVĚR

Cílem mé maturitní práce je modernizace a sestavení plné repliky hodin. Sestavení jednotky ale není nic jednoduché. Firma, která hodiny dříve vyráběla, je již nevyrábí. Proto skoro veškeré díly jsou nesehnatelné a musí se přijít na způsob, jak je v dnešní době může udělat jakýkoliv technický nadšenec, ale také i nějaká firma.

Důvod nedostatku dílu nás dovedl k tomu, že jsme si jako kroužek museli vytvořit překlápěcí listy jednotky samostatně. To ve finále nebyl problém. V rámci naše kroužku jsme totiž podstoupili týdenním výcvikovým kurzem s laserovou řezačkou ve firmě Trumpf s.r.o.. Po seznámení s jedním z nejmodernějších kusů technologie jsme měli možnosti si samy vyřezat potřebné listy. Zároveň se nám potvrdilo, že laserové řezání je pro vytvoření těchto listů jedna z nejlepších zvolených metod. Ne jenom kvůli své rychlosti a přesnému řezu, ale také co se týče ceny za výrobek.

Dále jsme se potýkali s problémem vyřešení grafiky listů. Jako kroužek jsme zhotovili všechny metody, ale nejvíce se nám hodila metoda laserového gravírování. Laserové gravírování je z variant nejlepší, kvůli své trvalosti a kvalitě grafiky. Proces není zrovna nejdostupnější a nejvýhodnější. Přesto se nám ho povedlo zhotovit ve firmě Bosch v Českých Budějovicích. Zde jsme také měli možnost nahlédnout na nespočet druhů strojů. Zaujalo nás zde tisknutí kovu a vytváření plastových forem na plastové odlitky pomocí přesných 3D tiskáren, které nepoužívají filament v podobě struny.

Měli jsme možnost se podívat do světa nejmodernější technologie, což není věc, na kterou má každý příležitost. Je to hlavně z důvodu, abychom zhodnotili různé technologické postupy a přišli na nejjednodušší a nejvíce vyhovující metodu, jak zhotovit repliku modelu. Tato metoda může sloužit do budoucna, jako přehledná mapa pro kohokoliv, kdo má zájem si tento model zhotovit samostatně anebo se inspirovat a vytvořit tak vlastní způsob zhotovení jakéhokoliv kusu techniky.

5 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

BETLÉMSKÁ. *Konstrukční kroužek*. Živě. 2025. Dostupné z: <https://www.betlemska.cz/>. [cit. 2025-03-30].

Moje železnice: interní bulletin SŽDC. Praha: Správa železniční dopravní cesty, 2013-2019. Dostupné také z: <http://www.szdc.cz/index.html>.

RŮŽIČKA, Bohdan (ed.). *LASER50: sborník příspěvků multioborové konference : Zámecký hotel Třešť, 4. - 6. října 2010*. [Brno]: Ústav přístrojové techniky AV ČR, 2010. ISBN 978-80-87441-01-5. Dostupné také z: <https://kramerius.lib.cas.cz/uuid/uuid:6aa62c17-e03e-440b-b145-08ea48bd12d4>.

STRETECH. *Signaltron Matyáš Kučera*. Online. 2024. Dostupné z: https://stretech.fs.cvut.cz/2024/sbornik_2024/pdf/69.pdf. [cit. 2025-03-30].

TRUMPF SE + CO. KG. *Laserové řezání*. Online. 2025. Dostupné z: https://www.trumpf.com/cs_CZ/. [cit. 2025-03-30].

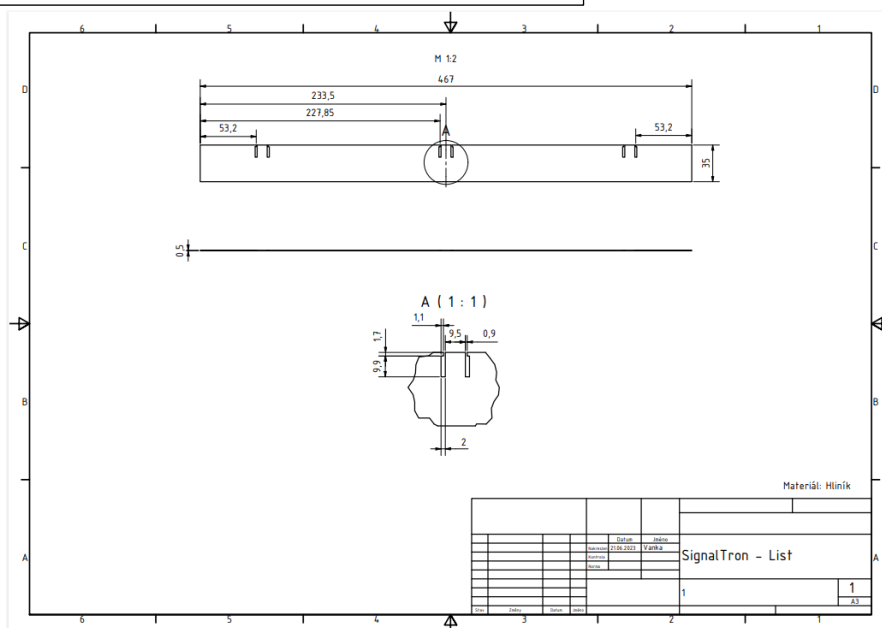
WIKIPEDIE. *Laser*. Online. 2007. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Laser>. [cit. 2025-03-30].

6 PŘÍLOHY

1. Výkres překlápěcího listu
2. Výkres držáku listů
3. Výkres ozubeného kola jednotky

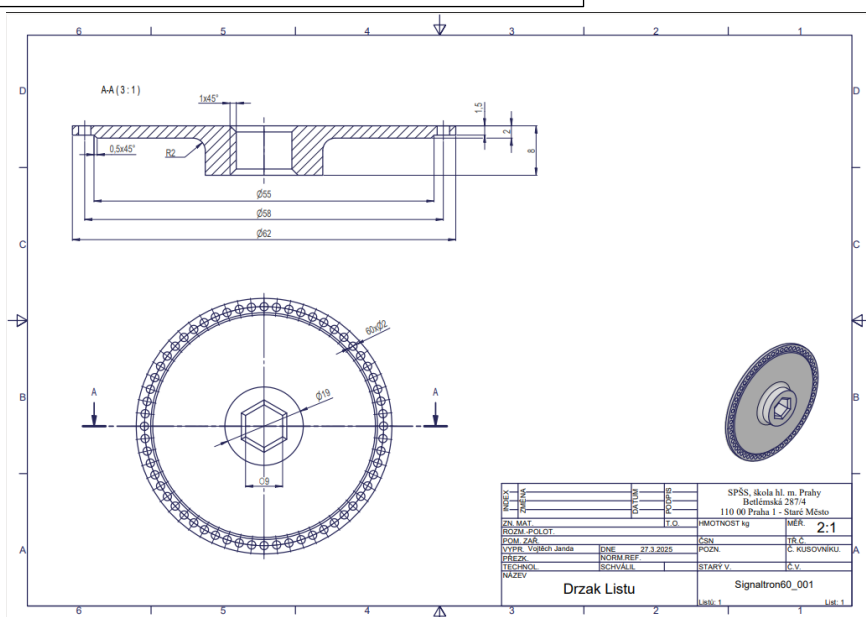
Výkres č.1.

Technický výkres překlápěcího listu



Výkres č.2.

Technický výkres držáku lisů



Výkres č.3.

Technický výkres ozubeného kola jednotky

