



Středoškolská technika 2024

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Návrh a konstrukce nástroje k ukončení drátků za sběrníci

Jindřich Eichler, Lubomír Hušek

SPŠT

Belgická 4852, Jablonec nad Nisou

V prvním pololetí školního roku 2023/2024 jsme navštívili výrobní závod AGC AUTOMOTIVE CZECH, A.S. v Bílině, za účelem účasti v celostátní soutěži Technowizz, kterou organizuje Ústecká komunitní nadace.

Ve středu zájmu v AGC AUTOMOTIVE CZECH, A.S. v rámci společenské odpovědnosti leží také podpora technického vzdělání mladých lidí, například prostřednictvím této soutěže.



AGC AUTOMOTIVE CZECH, A.S. je součástí japonské skupiny AGC s více než staletou historií. Skupina je největším výrobcem plochého skla na světě.

V rámci skupiny AGC patříme k divizi AGC AUTOMOTIVE EUROPE, která zajišťuje všechny závody na výrobu autoskel skupiny AGC v Evropě.

Historie společnosti sahá až do roku 1925, kdy se v továrně v Chudeřicích, založené rodinou továrníka Edmunda Weinmanna, začalo vyrábět sklo.

Klíčovým produktem jsou automobilová skla. Zaměřují se na vývoj a výrobu všech typů autoskel, které jsou důležité pro rostoucí konektivitu automobilů a infotainment.



Zadání

V rámci výroby automobilových skel je provoz zjednodušeně řečeno rozdělen na vyhřívání a nevyhřívání.

Toto téma je zaměřeno na autoskla vyhřívání. Konkrétně na přípravu PVB (polyvinylbutyral) fólie, kterou vyhřívána skla obsahují. Fólie se upravuje na HWW zařízení.

Úprava fólie spočívá v přerušení drátků za sběrnici (viz Obrázek 1). Drátek nesmí přesahovat více jak 1mm za sběrnici. Počet drátků na jedné fólii se pohybuje kolem 600 kusů. Drátky jsou vyrobeny z wolframu a jejich průměr je přibližně $0,025\mu\text{m}$.

Naším úkolem je navrhnout nové řešení jako náhradu stávajícího skalpelu.

Nový nástroj by měl být univerzální a zároveň umožnit snadné, rychlé, bezpečné a dostatečně přesné přerušení drátků. Při přerušení drátků je potřeba dbát velkého důrazu na zamezení kontaminace fólie.



Obrázek 1 - řezání drátků skalpelem

Současné řešení

Přerušování drátků v současnosti probíhá mechanicky za pomoci skalpelu. Toto řešení má hned několik nevýhod. Kvůli ostrému nástroji může jednoduše dojít k porušení fólie nebo pořezání pracovníka. Dále může docházet k nepřesnostem a vyšší časové náročnosti, protože skalpel nemá žádné vedení a je ovládán jen lidskou rukou.

Naše návrhy řešení

V našem řešení problému jsme se rozhodli místo mechanického přerušování drátků zkonstruovat nástroj, který bude přerušovat drátky pomocí stejnosměrného elektrického proudu. K finální konstrukci nás dovedlo navrhování a zkoušení různých modelů a v této části vám je popíšeme.

4.1. Návrh A

Jako první možnost jsme zvažovali zkonstruovat nějaký střížný nástroj, to ale bylo ještě před navštívením výrobní linky, kde jsme zjistili, že fólie musí zůstat neporušená. Po tomto zjištění jsme od této možnosti upustili.

4.2. Návrh B

Druhá možnost byla vymyslet nějaký nástroj, který bude drátky přerušovat mechanicky. Při vymýšlení jsme se dostali k tomu, že stávající řešení tímto způsobem jen tak nepřekonáme bez prodloužení času, který operace vyžaduje a abychom zároveň zachovali nízkou cenu. Potom nás napadlo na přerušování drátků použít stejnosměrný elektrický proud a tak začal vznikat další návrh.

4.3. Návrh C

V dalším návrhu jsme se rozhodli použít stejnoměrný, elektrický proud. Tento způsob funguje na základě toho, že do zásuvky se připojí transformátor, na který se připojí 2 dráty. Jeden konec se přichytí ke sběrnici a druhý se bude postupně dotýkat jednotlivých drátků. Pokaždé když se zakončení dotkne drátku tak dojde k tomu, že se skrze sběrnici propojí oba vývody z transformátoru a jelikož jsou drátky, které máme přerušovat velmi slabé tak se prakticky hned přepálí. První nápad za použití elektrického proudu byl zkonstruovat rukojeť

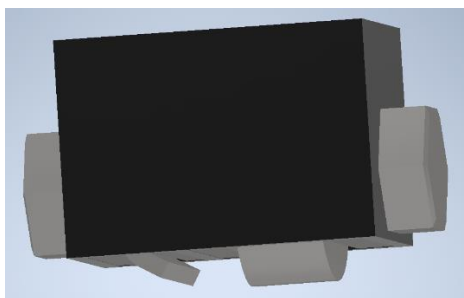
skrz, kterou by procházel jeden drát, který povede z transformátoru a na konci rukojeti bude napojený na hrot, se kterým postupně budeme pohybovat podél sběrnice a přepalovat drátky. Druhý drát, který též povede z transformátoru, bude zakončen skřípcem, který se vždy připojí ke sběrnici, u které budu chtít drátky přerušit.

4.4. Návrh D

Další vylepšení co nás napadlo, bylo oba dva dráty zakončit v jednom nástroji. Je to lepší kvůli rychlosti, protože není potřeba pokaždé připínat a odepínat skřípec ze sběrnice. A proud pokaždé bude procházet jen přes krátkou vzdálenost a tím pádem i optimalizace hodnot, na které bude transformátor nastaven, bude jednodušší.

4.4.1. Návrh D1

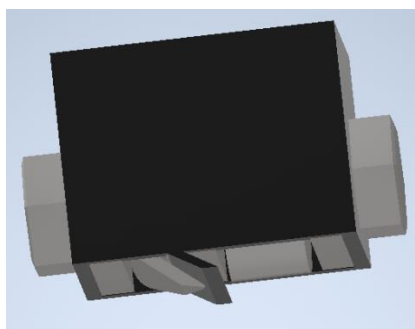
První verze návrhu D (viz. Obrázek 2) měla mít jednu elektrodu ve formě válečku, který se měl odvalovat po sběrnici a druhou elektrodou měl být kus ohnutého plechu, který by se dotýkal wolframových drátků.



Obrázek 2 - koncovka řezáku 1. verze

4.4.2. Návrh D2

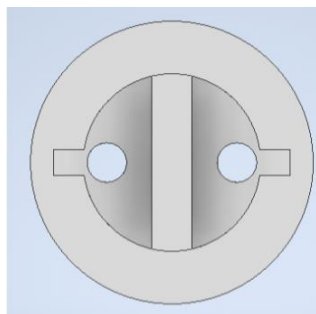
Druhá možnost byla velmi podobná té první, až na pár úprav (viz. Obrázek 3). Těmi jsou tvar elektrody vyrobené z plechu a byla přidána izolace, aby se elektrody nemohly propojit přes sběrnici.



Obrázek 3 - koncovka řezáku verze D2

4.4.3. Návrh D3

Další možnost už byla dost odlišná od té předchozí. Byla to tužka z jednoho kusu materiálu (viz Obrázek 4), do kterého se měl vsunout kondenzátor s připojenými elektrodami a potřebnými drátky. Od této možnosti jsme také upustili z důvodu přidání svorkovnice do zapojení.

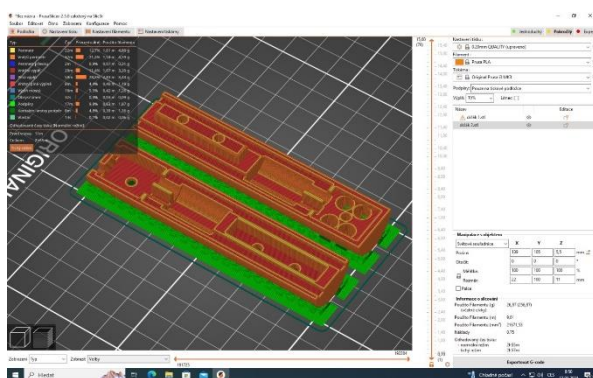


Obrázek 4 – verze řezáku D3

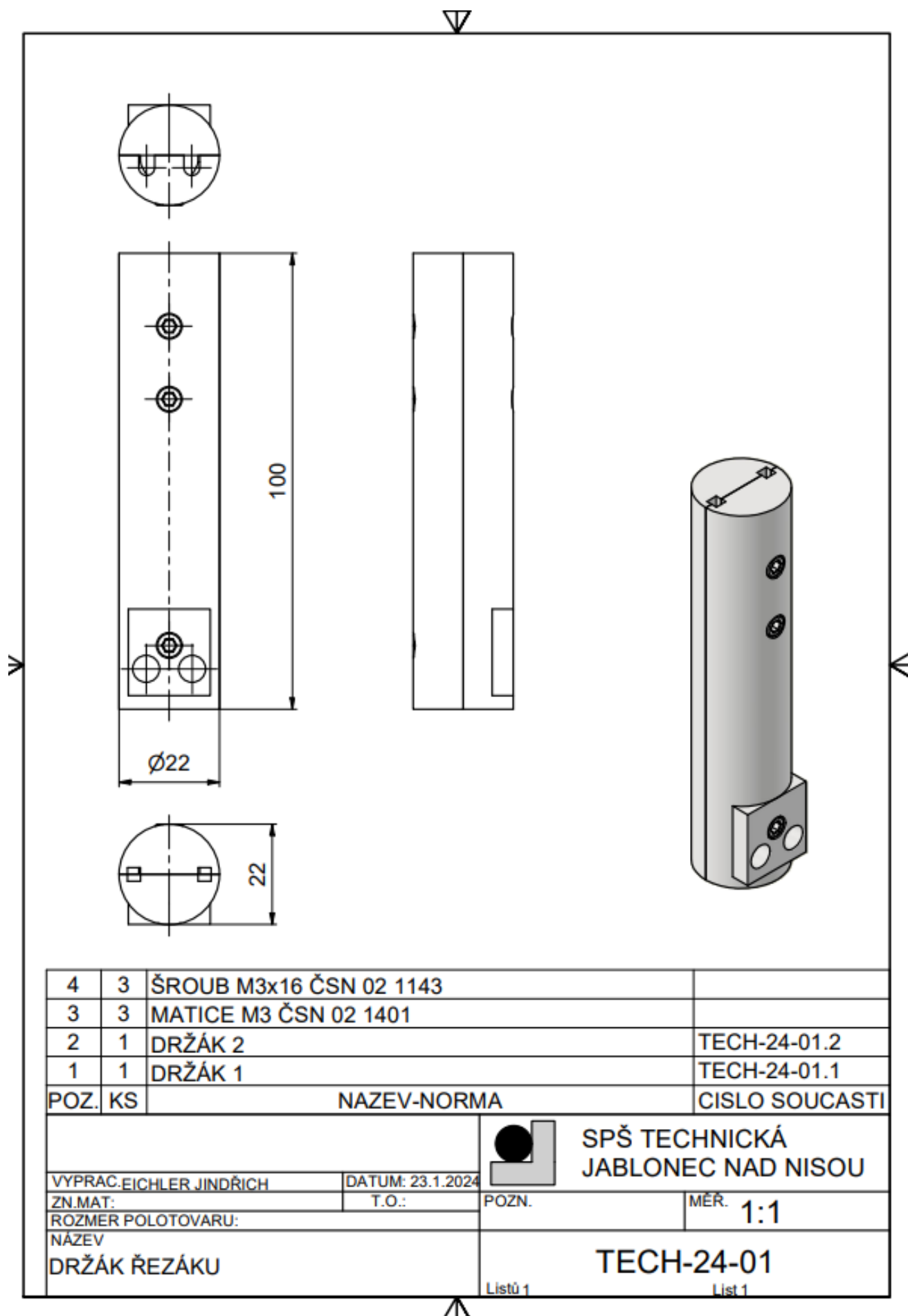
4.4.4. Návrh D4

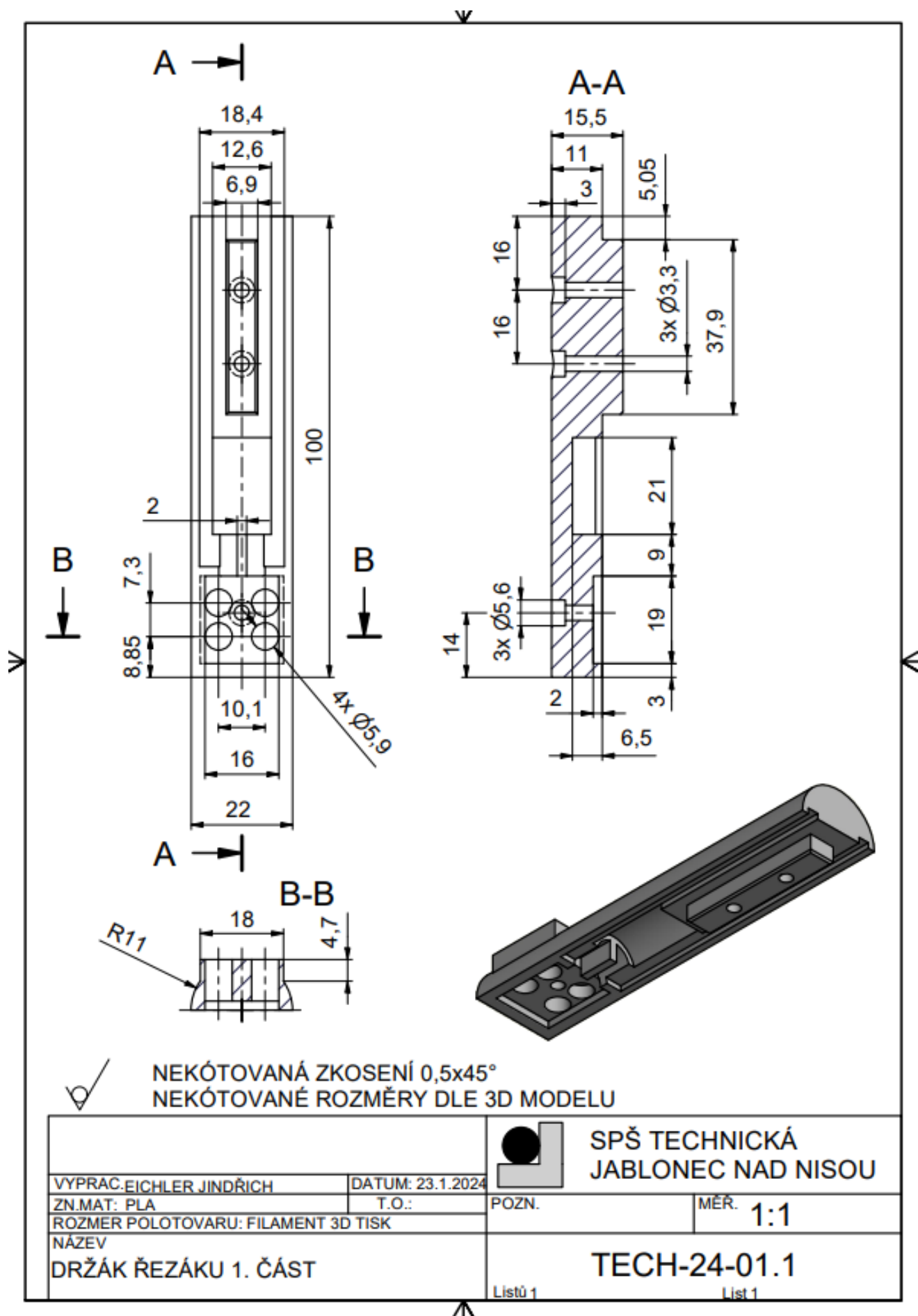
U tohoto návrhu jsme se rozhodli držák rozdělit na dva díly (viz příložená výkresová dokumentace). Obě části jsou k sobě spojeny pomocí šroubů a matic. Uvnitř těchto dílů je uložena elektronika řezáku (viz Obrázek 7). Hlavní výhodou tohoto řešení je snadná a rychlá výměna elektrod. K výměně stačí jen malý šroubovák a s ním povolit dva šrouby. Poté už stačí elektrody jednoduše vytáhnout, místo nich zasunout jiné a šrouby opět utáhnout.

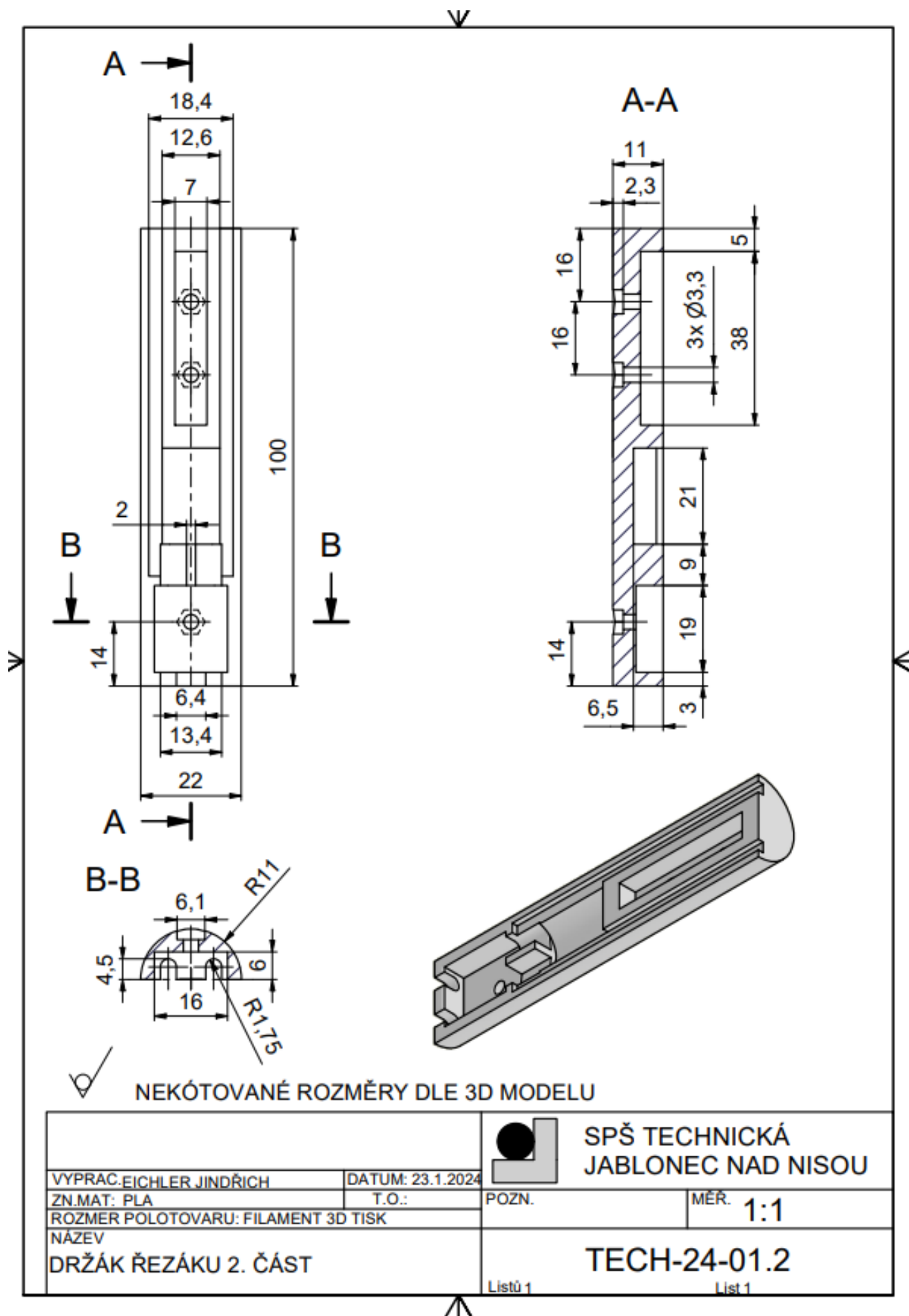
Těleso řezáku bylo navrženo v programu Autodesk Inventor Profesional. Model byl vyexportován do formát. stl a následně vyroben na 3D tiskárně PRUSA i3 MK3 (viz Obrázek 5).



Obrázek 5 - Nastavení modelů návrhu D4 řezáku na 3D tisk







4.4.5. Návrh D5

Předchozí verze umožňuje dosáhnout požadované přesnosti řezu jen velmi precizní prací. V této verzi bude přidáno vedení pro držák (viz Obrázek6), aby bylo možné jednoduše provést řez s dostatečnou přesností.

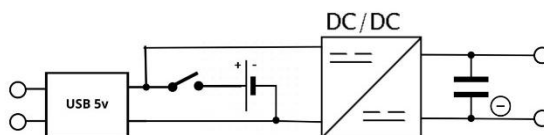


Obrázek 6 – vedení řezáku

4.4.6. Návrh D6 – BEZDRÁTOVÝ ŘEZÁK

Předchozí verze řezáků jsou navrženy pro připojení k regulovatelnému napájecímu zdroji pomocí kabelů. Toto zapojení má velkou výhodu v jednoduchosti zapojení a i spolehlivosti při používání. Vzhledem k jednoduchosti zapojení je hmotnost řezáku malá, což je opět velkou výhodou při používání během celé směny. Další velkou výhodou je, že zde odpadá starost s dobíjením baterií. Nevýhodou je nižší komfort při řezání tímto řezákem z důvodu připojení kabelem.

Návrh D6 řeší tuto nevýhodu připojení pomocí kabelů, ale ztrácí předchozí výhody týkající se hmotnosti řezáku a také zde vzniká starost s dobíjením řezáku. U bezdrátového řezáku byla použita kobalt lithiová baterie z notebooku, která dává napětí 3,7 voltů, ale potřebná hodnota pro řezání je 25 voltů, a proto byl do zařízení přidán měnič, který zvýší napětí z 3,7 voltů na požadovaných 25 voltů. Toto zapojení podávalo požadovaný výboj při řezání. Do obvodu byl zařazen ještě spínač pro jednodušší a bezpečnější manipulaci, aby šel měnič odpojit od napájení (viz Obrázek7).



Obrázek 7: Zapojení řezáku návrhu D6

Výše bylo zmíněno, že je potřeba upravit dodávané hodnoty napětí na potřebné napětí 25V. Na tuto úpravu byl použit měnič stejnosměrného napětí, zkráceně DC/DC měnič. Je to elektronické zařízení, které mění stejnosměrný proud na střídavý proud pomocí tranzistorového přepínače, který vyrábí požadovanou frekvenci. Střídavý proud se následně transformuje transformátorem na požadovanou hodnotu a střídavý proud se následně usměrní na stejnosměrný proud pomocí usměrňovače, popřípadě pomocí kondenzátorů a jiných součástek vyfiltruje proud téměř k dokonalosti.

Druhy měničů:

- **Buck měnič:** Tento typ měniče snižuje vstupní napětí na požadované výstupní napětí (nebyl použit).
- **Boost měnič:** Tento typ měniče zvyšuje vstupní napětí na požadované výstupní napětí (byl použit).
- **Buck-boost měnič:** Tento typ měniče může snižovat i zvyšovat vstupní napětí na požadované výstupní napětí (nebyl použit).

Výhody:

- Vysoká účinnost
- Malá velikost a hmotnost
- Možnost regulace výstupního napětí
- Možnost galvanického oddělení vstupu a výstupu (nebylo použito)

Nevýhody:

- Vyšší cena
- Složitější konstrukce
- Elektrický šum (Elektrický šum u bezdrátového řezáku by neměl být problém, protože šum dokáže zkazit reprodukováný zvuk nebo ovlivnit složité elektrické zařízení což u řezáku je nepodstatné.)

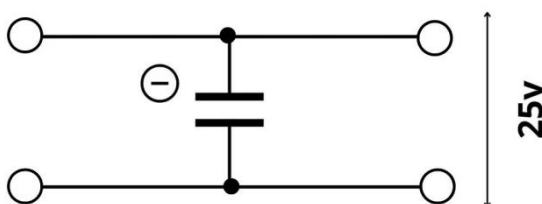
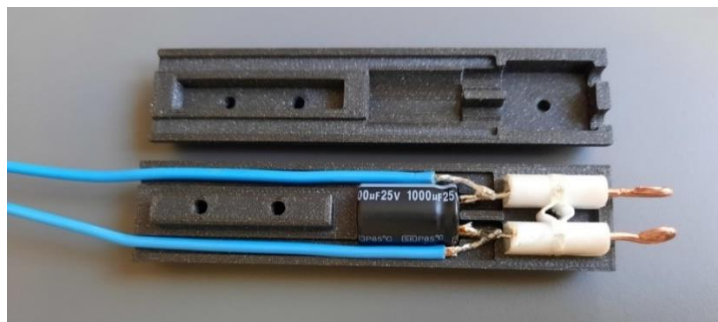
Baterie řezáku bude nabíjena přes USB kabel (viz obrázek 8).



Obrázek 8: Nabíjení řezáku

Zapojení řezáku návrhu D4 a D5

Pro konstrukci a zapojení řezáku byly použity následující komponenty:



Obrázek 9: Zapojení řezáku návrhu D5

5.1. Regulovaný napájecí zdroj

Pro napájení řezáku byl použit regulovaný napájecí zdroj Geti GLPS 3010 (viz Obrázek 8). Geti je laboratorní zdroj určený pro napájení nejrůznějších elektronických zařízení. Plynule reguluje výstupní napětí a výstupní proud. Spolehlivě udržuje nastavené hodnoty bez ohledu na kolísání napájecího napětí nebo připojenou zátěž. Napětí výstupu je nastavitelné v rozmezí 0V

- 30V a proud výstupu je nastavitelný 0A - 10A. Zařízení je opatřeno ochranou proti zkratu tak, aby v případě nenadálé události bylo bezpečné pro uživatele a zároveň nedošlo k jeho zničení.



Obrázek 8 - regulovaný napájecí zdroj Geti GLPS 3010

Byly zjišťovány optimální hodnoty proudu a napětí pro přerušení wolframových drátků za sběrnicí. Hodnoty napětí byly postupně navyšovány až na hodnotu 25V, kdy docházelo k rychlému nabíjení kondenzátoru a stoprocentnímu přerušení drátků.

5.2. Kondenzátor

Pro dosažení potřebné energie výboje byl do obvodu připojen elektrolytický kondenzátor. Byla vyzkoušena celá řada kondenzátorů. Nejlepší výsledky byly zaznamenány při použití elektrolytického kondenzátoru, jehož výhodou je vysoká měrná kapacita. Nevýhodou však to, že nesmí být přepólován a také pokud kondenzátor není dlouhou dobu pod napětím, jeho kapacita se zmenší. Elektrolytické kondenzátory se vyrábějí s různými el. parametry.

Nejlepší výsledky byly zaznamenány při použití elektrolytického kondenzátoru, který má kapacitu 1000 μF a napětí 25V (viz Obrázek 9). Při použití tohoto kondenzátoru docházelo k přerušení wolframových drátků, ale fólie nabyla nijak poškozena.



Obrázek 9- elektrolytický kondenzátor

Při zapojení kondenzátoru s kapacitou 500 μF a napětí 25V se drátky pouze zahřátím problikly, ale při bližším prozkoumání nebyla většina drátků přepálená.

Při použití kondenzátoru s hodnotou kapacity 2000 μF a napětí 50V se drátky přepálily všechny, ale při přepalování drátku malou i velkou rychlostí se výbojem poškodila a očudila i folie. Poškození fólie bylo tak výrazné, že opal na fólii, nešel hadříkem setřít.

5.3. Elektrody

Při konstruování řezáku bylo zjištěno, že na optimální řezání drátků má vliv nejen materiál elektrod, ale i tvar elektrod.

Jako první elektrody byl použit měděný drát o průřezu 1,5mm². Wolframové drátky byly přerušovány, ale docházelo k výraznému opotřebení hrotů elektrod, proto byly vyrobeny nové elektrody z měděného drátu o průřezu 2,5mm². I s těmito elektrodami byly výsledky přerušování wolframových drátků velice slibné, ale po delší době používání řezáku byl opět problém s opotřebením elektrod. Z těchto důvodů bylo vyzkoušeno několik dalších materiálů, z kterých byly zhotoveny elektrody. Hledal se materiál, který by byl více odolný na opotřebení opalem.

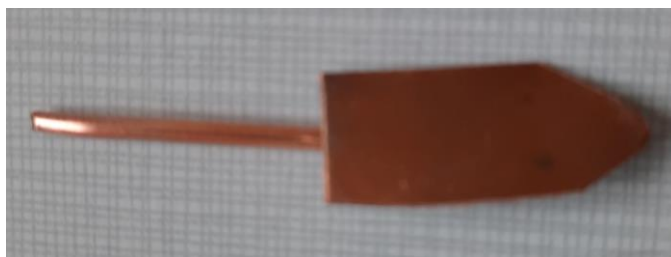
Jedním z odzkoušených materiálů byla nerezová ocel. Při řezání elektrodami z nerezové oceli docházelo k jasnému výboji, což bylo nepříjemné na oči a nedocházelo ke stoprocentnímu přerušování drátků.

Dále jako elektrody do řezáku byla použita netavící se wolframová elektroda na svařování metodou TIG (viz Obrázek 10). Tyto elektrody jsou vyrobeny z wolframu, což je tvrdý a pevný kov, který se vyznačuje vysokou teplotní odolností. Výsledky řezání byly srovnatelné s řezáním elektrodou z nerezové oceli.



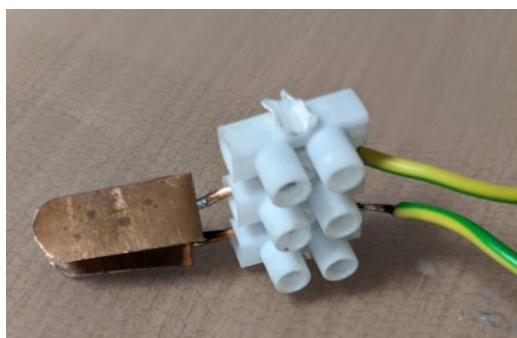
Obrázek 10 -wolframové elektrody

Nejlépeší výsledky při řezání měly elektrody z mědi. Proto bylo vyzkoušeno několik tvarů elektrod z mědi. U elektrody z měděného plechu s ostřejším hrotem byl problém, že docházelo k vynechávání drátků elektrodou, a proto se drátky nepřepálily (viz Obrázek 11).



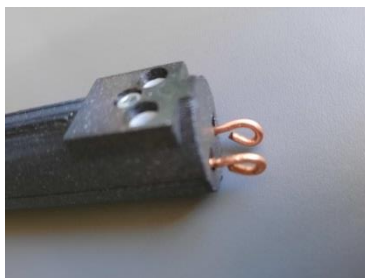
Obrázek 11 - elektrody z měděného plechu s ostřejším hrotem

Elektrody z měděného plechu se zaobleným tvarem špičky (viz Obrázek 12) měly lepší výsledky, protože nedocházelo k výrazné degradaci materiálu díky velké ploše dotyku a také nevznikaly mezery, mezi kterými by mohly vznikat elektrické oblouky. Zároveň bylo jednoduché používat přístroj, protože člověk nemusí dávat takový pozor, aby nenaklonil nástroj a zároveň, nemusí dávat pozor, jakou stranou nástroj používá. Díky tomu, že nevznikají okolo elektrod zbytečné výboje a oblouky je nástroj mnohem příjemnější na používání, protože vyzařované světlo není ani zdaleka tak intenzivní jako u minulých pokusů a elektrod s menší plochou dotyku.



Obrázek 12 - elektrody z měděného plechu se zaobleným tvarem

Posledním vyzkoušeným tvarem elektrod byl měděný drát kruhového průřezu ohnutý do kruhového oka (viz Obrázek 13). Tento tvar poskytl značný komfort při řezání a také docházelo k stoprocentnímu přerušení drátků. Další výhodou byl přijatelný světelný efekt při výboji a nemalou výhodou je i snadné vytvoření těchto elektrod. V případě nutnosti výměny elektrod z důvodu opalu je toto velkou výhodou.



Obrázek 13 - elektrody z měděného drátu

Finanční rozpočet řezáku

Byl zpracován cenový návrh řezáku pro nákup součástí a materiálů pro výrobu (viz tabulka č. 1). V cenovém návrhu jsou uvedeny ceny jednotlivých dílů, z kterých je řezák sestaven. Do ceny není započítána práce na vývoj a konstrukci řezáku.

Tabulka č. 1. Finanční rozpočet řezáku D5

položka	počet kusů/délka	cena za kus/metr	celková cena
zdroj Geti GLPS 3010	1 ks	3 811 Kč	3 811 Kč
kondenzátor	1 ks	19 Kč	19 Kč
svorkovnice/čokoláda	1 ks	28 Kč	28 Kč
měděný vodič	70 cm	8 Kč	6 Kč
1. část držáku	1 ks	20 Kč	20 Kč
2. část držáku	1 ks	20 Kč	20 Kč
vedení	1 ks	10 Kč	10 Kč
šroub M3x28	3 ks	1 Kč	3 Kč
matice M3	3 ks	1 Kč	3 Kč
celková cena	3 920 Kč		

Tabulka č. 2. Finanční rozpočet řezáku D6

položka	počet kusů/délka	cena za kus/metr	celková cena
nabíjecí modul	1 ks	50 Kč	50 Kč
baterie	1 ks	140 Kč	140 Kč
spínač	1 ks	4 Kč	4 Kč
měníč	1 ks	45 Kč	45 Kč
kondenzátor	1 ks	19 Kč	19 Kč
svorkovnice/čokoláda	1 ks	28 Kč	28 Kč
měděný vodič	30 cm	8 Kč	2 Kč
1. část držáku	1 ks	20 Kč	20 Kč
2. část držáku	1 ks	20 Kč	20 Kč
vedení	1 ks	10 Kč	10 Kč
víčko	2 ks	5 Kč	10 Kč
šroub M3x28	1 ks	1 Kč	1 Kč
matice M3	1 ks	1 Kč	1 Kč
šroub M3x10	2 ks	0,50 Kč	1 Kč
celková cena	351 Kč		

Závěr

Vypracováním návrhu D5 se nám úspěšně podařilo splnit zadaný úkol. Pracovníci ve firmě přerušovali drátky mechanicky za pomoci skalpelu. V našem řešení jsme se rozhodli místo mechanického přerušování drátků zkonstruovat nástroj, který bude přerušovat drátky pomocí stejnosměrného elektrického proudu. Bylo navrženo nejen zapojení řezáku, ale i konstrukce celého nástroje. Pro zhotovení držáku řezáku byla využita technologie 3D tisku. V práci je ukázka výkresové dokumentace návrhu D4 (výkres sestavy: DRŽÁK ŘEZÁKU, TECH-24-01, výrobní výkres: DRŽÁK ŘEZÁKU 1. ČÁST, TECH-24-01.1 a výrobní výkres: DRŽÁK ŘEZÁKU 2. ČÁST, TECH-24-01.2)

Vzhledem k doporučení zadavatele tématu byla práce doplněna o návrh bezdrátového řezáku. V práci je uvedeno schéma zapojení, popsány použité komponenty a výkresová dokumentace řezáku.

Funkci řezáku by bylo dobré vyzkoušet v podmínkách, které poskytuje již zavedené pracoviště ve firmě. Ve škole nemáme bohužel například stůl, na kterém můžeme dokonale vyrovnat řezanou fólii. Věříme, že navržený řezák splňuje zadané požadavky.