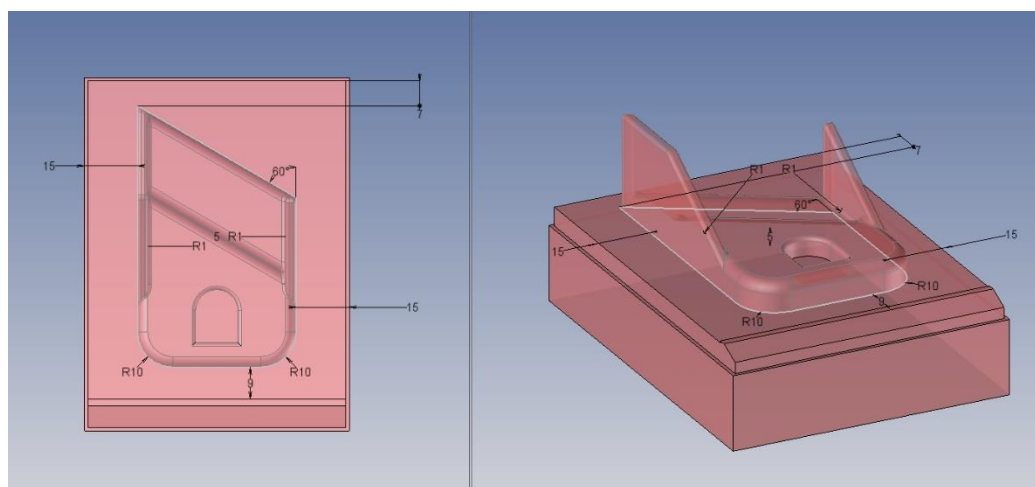


Příloha 5

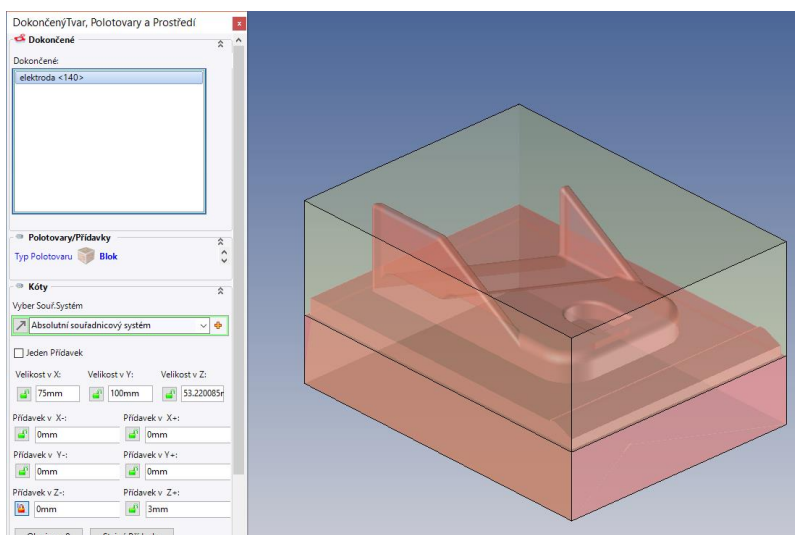
Poslední součástí je model vymyšlené elektrody, který použiji rovnou dvakrát. Nejprve vytvořím partprogram a NC program, kde ukážu celý proces verifikace a simulace v NC SIMUL na složitějším modelu. Pro stejný model následně naprogramuji nevhodný partprogram v SW TopSolid, kterým budu simulovat možné pochybení programátora.

Začal jsem tvorbou modelu. Podstava modelu má rozměry 75 x 100 mm, aby šla snadno upnout mezi čelisti svěráku. Použitím 2D skic, funkcí vytažení, nálitku, kapsy, zkosení, zaoblení a booleovského spojení dvou těles jsem postupně vymodeloval finální tvar elektrody. Tvar a jednotlivé rozměry elektrody jsem volil náhodně tak, aby elektroda vypadala hezky a na její výrobu bylo nutné použít co nejvíce nástrojů. Na modelu jsem proto použil například menší rádiusy (viz Obr. P5-1 Model elektrody pro finální verifikaci), které nejdou dokončit velkou kulovou frézou T60, případně nejdou dostupnými frézami dokončit vůbec.



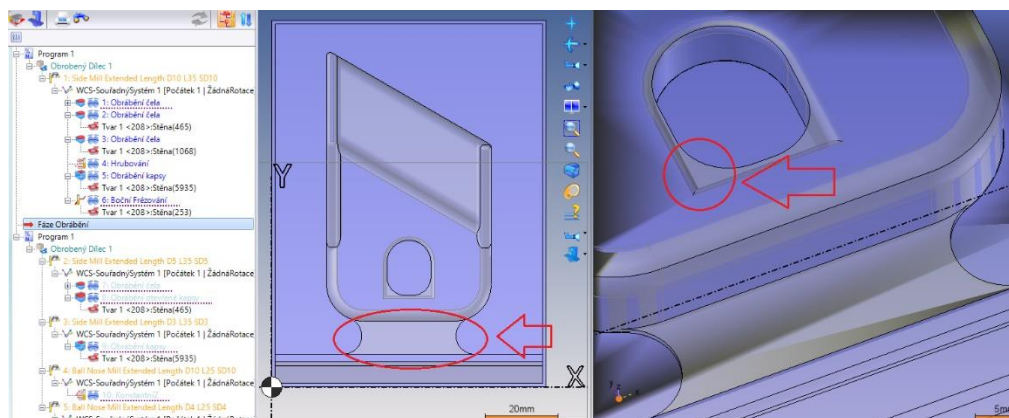
Obr. P5-1 Model elektrody pro finální verifikaci

V nastavení obráběného dílce jsem určil nulové přídávky, pouze přídavek na horní straně jsem nastavil na hodnotu 3 mm. Minimální potřebná velikost polotovaru v ose „Z“ je 53.3 mm. Aby se fréza pohybovala v bezpečné vzdálenosti minimálně 10 mm nad svěrákem, nesmím polotovar upnout za více než 10 mm. V lepším případě použiju vyšší polotovar než minimální potřebný. Tím zvětším délku upnutí polotovaru ve svěráku a bezpečnou vzdálenost frézy od svěráku.



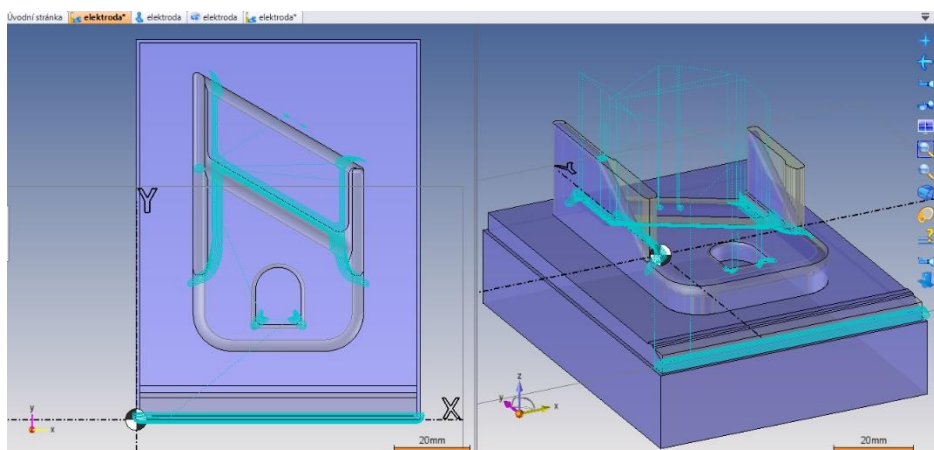
Obr. P5-2 Nastavení polotovaru dílce

Možností programování obrábění v SW TopSolid je mnoho. Jednou z nich je možnost hrubovat celý tvar modelu najednou a jednotlivé plochy poté pouze dokončit. Dle mého názoru hrubovat a následně plochu dokončit pomocí finální třísky je vhodnější. Na modelu elektrody je více odstupňovaných rovin, proto jsem se rozhodl materiál odebírat koncem nástroje postupně ve všech rovinách. K dokončení rovinných ploch a dna kapsy jsem použil menší frézy T45 a T43, protože válcová fréza T50 byla příliš rozměrná (viz Obr. P5-3 Neobrobená oblast frézou T50).



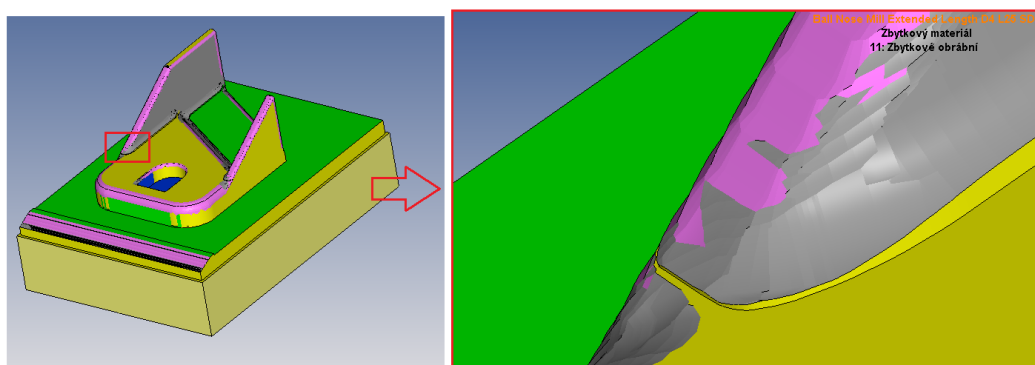
Obr. P5-3 Neobrobená oblast frézou T50

Po dokončení všech rovinných ploch jsem pomocí největší dostupné kulové frézy obrobil na čisto zbylé 3D plochy. Na závěr jsem použil strategii zbytkového obrábění (Obr. P5-4 Strategie zbytkového obrábění), pro které jsem využil nejmenší dostupnou kulovou frézu T54. Tato strategie ušetří mnoho času, protože nemusíme obrábět všechny 3D plochy znovu a SW se automaticky zaměří pouze na zbytkový materiál.



Obr. P5-4 Strategie zbytkového obrábění

Proces obrábění jsem ověřil simulací. Během simulace jsem si nevšiml žádného problému, ale na výsledném modelu v SW TopSolid mohou být pozorovatelné drobné nedostatky. Příliš malé rádiusy nejsou dokončené a při přiblížení je vidět zbytkový materiál v rohu (Obr. P5-5 Neobrobený zbytkový materiál), kam se větší fréza nedostala.



Obr. P5-5 Neobrobený zbytkový materiál

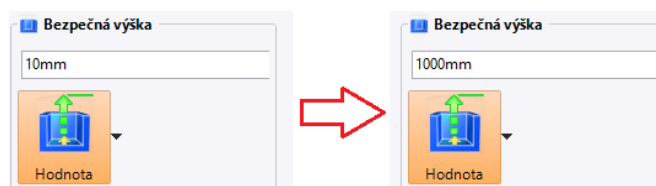
Finální partprogram jsem na rozdíl od ostatních připravoval tak, aby šel reálně použit a model obrobit ve školních laboratořích. Řezné podmínky (Obr. P5-6 Řezné podmínky a celkový čas obrábění) jsem tedy přizpůsobil maximálním možným pro bakalářské studium a obráběnému materiálu, kterým bude polystyren nebo aranžovací hmota. Limitními hodnotami pro mě byla řezná rychlost 40 m/min, otáčky 3000 1/min, posuv na zub 0,2 mm/zub a rychlost posuvu 1000 mm/min.

Index	Obrábění	Popis	řezná rychlost	Nástroj	Kmitočet	posuv na zub (fz)	posuv (Vf)	Uzamčený Posuv na Zub (fzZ)
1	Obrábění čela		40m/min	Side Mill ...	1273rpm	0.196mm/tooth	1000mm/min	0.785mm/rev
2	Obrábění čela		40m/min	Side Mill ...	1273rpm	0.196mm/tooth	1000mm/min	0.785mm/rev
3	Obrábění čela		40m/min	Side Mill ...	1273rpm	0.196mm/tooth	1000mm/min	0.785mm/rev
4	Hrubování		40m/min	Side Mill ...	1273rpm	0.196mm/tooth	1000mm/min	0.785mm/rev
5	Obrábění ka...		40m/min	Side Mill ...	1273rpm	0.15mm/tooth	764mm/min	0.6mm/rev
6	Boční Frézo...		40m/min	Side Mill ...	1273rpm	0.15mm/tooth	764mm/min	0.6mm/rev
7	Obrábění čela		40m/min	Side Mill ...	2546rpm	0.098mm/tooth	1000mm/min	0.393mm/rev
8	Obrábění ot...		39.992m/min	Side Mill ...	2546rpm	0.098mm/tooth	1000mm/min	0.393mm/rev
9	Obrábění ka...		28.274m/min	Side Mill ...	3000rpm	0.167mm/tooth	1000mm/min	0.333mm/rev
10	KonstantníZ		40m/min	Ball Nose ...	1273rpm	0.196mm/tooth	1000mm/min	0.785mm/rev
11	Zbytkové o...		37.699m/min	Ball Nose ...	3000rpm	0.083mm/tooth	1000mm/min	0.333mm/rev

Obr. P5-6 Řezné podmínky a celkový čas obrábění

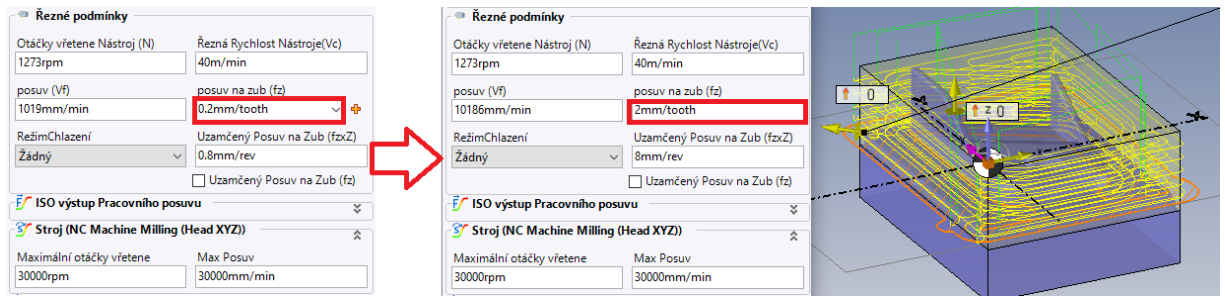
System TopSolid na základě trajektorií obráběcích drah určil celkový čas obrábění 32 minut a 30 sekund (Obr. P5-6 Řezné podmínky a celkový čas obrábění). Ve skutečnosti doba obrábění bude nejspíše delší, protože TopSolid například neuvažuje parametry stroje a nezapočítává čas výměny nástroje. Výsledný čas obrábění rovinných ploch lze ovlivnit nastavením většího kroku přes (krok do boku), nebo maximální hloubkou úběru v ose z. Doba obrábění 3D ploch nelze výrazně zkrátit, protože již malé změny kroku ovlivňují finální vzhled dílce. Zároveň zkrácení času obrábění větší kulovou frézou se promítne prodloužením doby zbytkového obrábění menší kulovou frézou. Výsledný čas frézování 32 minut a 30 sekund mi přišel přijatelně dlouhý, a proto jsem se rozhodl partprogram více neupravovat kvůli finálnímu vzhledu povrchu dílce.

Pokračoval jsem tvorbou posledního partprogramu, který má obsahovat několik programátorských chyb. Postupoval jsem stejně, ale snažil jsem se do partprogramu záměrně zanést různé typy pochybení programátora. Tím jsem simuloval například překliknutí či zapomenutí programátora. Nejprve jsem u první operace změnil hodnotu bezpečné výšky přejetí nad polotovarem na 1000 mm.



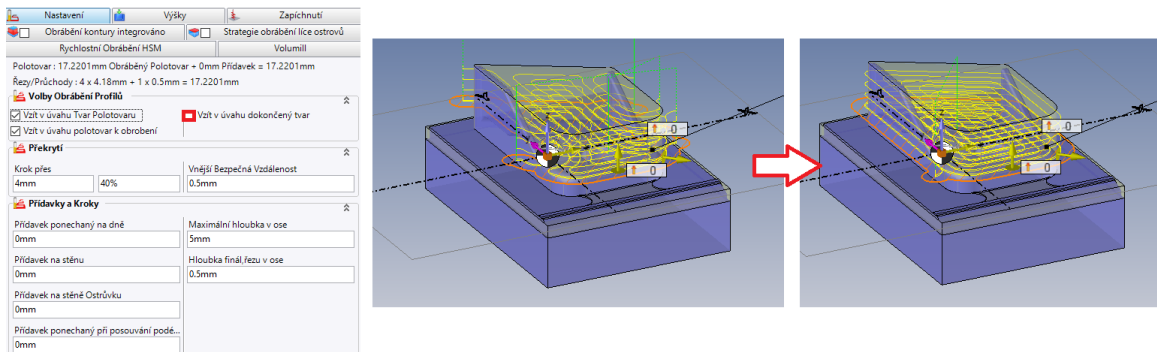
Obr. P5-7 Změna bezpečné výšky

V nastavení řezných podmínek u druhé operace jsem úmyslně smazal desetinnou čárku pro posuv na zub. Posuv na zub je 2 mm/zub a rychlost posuvu je 10186 mm/min.



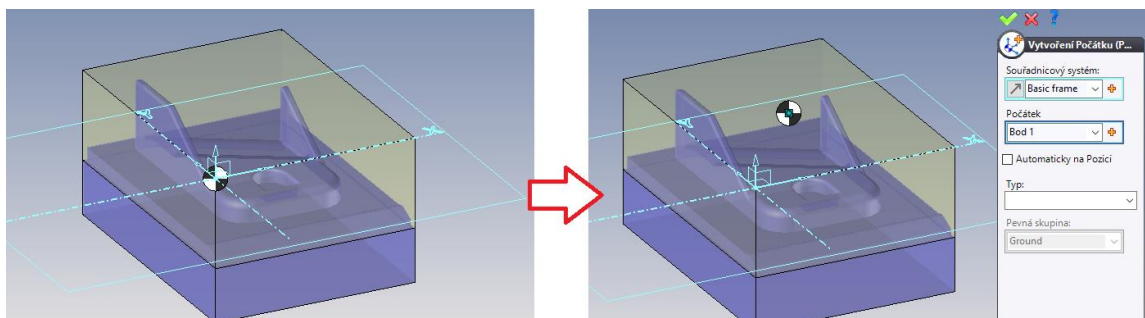
Obr. P5-8 Změna řezných podmínek

V nastavení strategie frézování u třetí operace jsem odkliknul možnost „vzít v úvahu dokončený tvar“, tím jsem zásadně změnil trajektorii nástroje. TopSolid sice přepočítal a vytvořil nové dráhy, nicméně mě neupozornil na žádnou chybu a velkou kulovou frézou obrábí „vzduch“.



Obr. P5-9 Odškrtnutí možnosti "vzít v úvahu dokončený tvar"

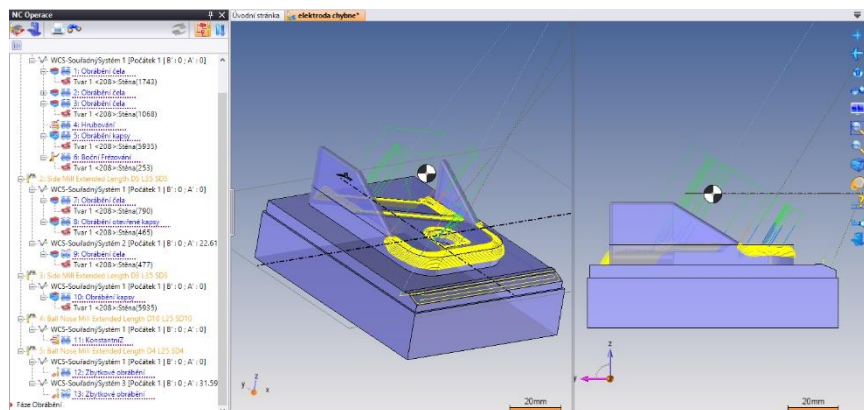
Další změnou je přesunutí počátku do středu horní plochy polotovaru. V SW TopSolid má počátek automaticky pozici z výchozího nastavení systému, avšak můžeme ho snadno upravit a umístit téměř kamkoliv.



Obr. P5-10 Změna polohy počátku

Poslední změnou, kterou jsem chtěl vyzkoušet, je obrábění v pěti osách, které frézka FCM 22 CNC neovládá. Jelikož jsem v TopSolidu pracoval s virtuálním tříosým strojem, systém mi nedovolil použití strategie pro víceosé obrábění. Vytvořil jsem si tedy

nový virtuální stroj, který má navíc virtuální otočný stůl s osami „A“ a „B“. V zájmu zkrácení času obrábění eliminuji 3D obrábění zkosené plochy, které nahradím frézováním koncem nástroje s natočením stolu. Editoval jsem také zbytkové obrábění a naklopil souřadný systém této operace.



Obr. P5-11 Nové dráhy frézování s natočením stolu

Na závěr jsem exportoval 3D model součásti a vygeneroval oba dva NC programy. Jelikož NC programy budu využívat ve školních laboratořích, rozdělil jsem je na části podle jednotlivých nástrojů.