



Vysoká škola technická a ekonomická
v Českých Budějovicích

ANALÝZA, DIGITALIZACE A ROZMĚROVÁ KONTROLA OBJEKTŮ POMOCÍ MODERNÍCH METOD 3D MĚŘENÍ A HODNOCENÍ

Studijní opora pro studium CŽV

AUTOŘI

doc. Ing. Karel Gryc, Ph.D.
doc. Ing. Ladislav Socha, Ph.D.
Ing. Martin Dědič
Adnan Mohamed
Nikola Bartošová

**2020
České Budějovice**



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

**MS
MT**
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Název: Analýza, digitalizace a rozměrová kontrola objektů pomocí moderních metod 3D měření a hodnocení (UČEBNÍ TEXT)

Autor: doc. Ing. Karel Gryc, Ph.D., doc. Ing. Ladislav Socha, Ph.D., Ing. Martin Dědič, Adnan Mohamed, Nikola Bartošová

Vydání: první, 2020

Počet stran: 104

Náklad: v elektronické podobě

Jazyková korektura: nebyla provedena

Realizováno v rámci projektu:

Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: **CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591**, ve výzvě č. 02_16_031 Celoživotní vzdělávání na vysokých školách v prioritní ose 2 OP, Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání.

Realizace projektu je spolufinancována z prostředků ESF a státního rozpočtu ČR.

PODĚKOVÁNÍ

Autoři by chtěli touto cestou poděkovat za poskytnutí podkladů a technickou podporu při zpracování tohoto učebního textu společností **PolyWorks Europa CZ s.r.o.**, Křižovnická 86/6, Praha-Staré Město a **NEXNET, a.s.**, Březinova 1080, Kroměříž.

© doc. Ing. Karel Gryc, Ph.D., doc. Ing. Ladislav Socha, Ph.D., Ing. Martin Dědič, Adnan Mohamed, Nikola Bartošová

© Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



OBSAH

ÚVOD 1

1	3D skenery a skenovací systémy	2
1.1	Optické skenery	3
1.2	Kontrolní otázky	6
2	3D optický skener a proces skenování	7
2.1	3D optický skener Artec Eva Lite	7
2.2	Prostředí Artec Studio 12	10
2.3	Proces skenování	11
2.4	Kontrolní otázky	13
3	Zpracování dat z optického 3D skeneru v Artec Studiu.....	14
3.1	Editace dat Artec Studio	14
3.2	Kontrolní otázky	17
4	Zpracování dat z optického 3D skeneru v Meshmixeru	18
4.1	Kontrolní otázky	24
5	Základní seznámení s 3D měřicím přístrojem THOME Präzision RAPID-Plus CNC a softwarem POLYWORKS	25
5.1	Úvod	25
5.1.1	Konstrukce CMM	25
5.1.2	Snímací dotek	26
5.1.3	Princip souřadnicového měření	26
5.1.4	Kalibrace měřicího systému	27
5.2	ČSN EN ISO 1101 : Geometrické specifikace výrobků (GPS) -Geometrické tolerování - Tolerance tvaru, orientace, umístění a házení.....	27
5.2.1	Označování struktury povrchu	29
5.3	Správce souborů a navigace přes PolyWorks rozhraní	29
5.3.1	Workspace manager.....	30
5.3.2	Správce licencí PolyWorks	31
5.3.3	Nastavit možnosti projektu	31
5.3.4	Vytvořit a uložit Pracovní plochu.....	31
5.3.5	Uložení komprimované kopie pracovního prostoru	31
5.3.6	Navigace v rozhraní PolyWorks Inspektor	32
5.4	Grafické uživatelské rozhraní	32
5.4.1	Pohyb objektů ve 3D zobrazení	33
5.5	Vytvoření a Upravení konfigurace stroje.....	34
5.5.1	Konfigurace CNC CMM	34

5.6	Kontrolní otázky	42
6	Definice a měření prvků na CAD datech, vyrovnání na CAD model, tvorba souřadných systémů 43	
6.1	Měření rozměrů součásti pomocí prvků.....	43
6.1.1	Součásti	43
6.1.2	Druhy	43
6.1.3	Způsob vytváření.....	43
6.1.4	Měření povrchových odchylek na konkrétních místech	44
6.1.5	Srovnávací hranový bod	45
6.1.6	Analýza součásti podél roviny řezu.....	46
6.2	Zarovnání naměřené části na CAD model	48
6.2.1	Zarovnání pomocí předběžného zarovnání CMM	48
6.2.2	Srovnání pomocí snímání povrchových bodů	49
6.3	Srovnání měřené součásti k referenčnímu objektu	50
6.3.1	Srovnání pomocí povrchů objektu	50
6.3.2	Srovnání pomocí kolmých rovin	51
6.3.3	Srovnání pomocí roviny, osy a středového bodu	52
6.3.4	Best-fit	53
6.3.5	Srovnání pomocí datového referenčního rámce.....	54
6.3.6	Vytvoření souřadnicového systému	55
6.4	Kontrolní otázky	55
7	Vyhodnocení naměřených hodnot, GD&T, finalizace programu, protokol.....	56
7.1	Nastavení rozměrových a GD&T kontrolních prvků a tolerancí.....	56
7.1.1	Druhy kontrol	56
7.1.2	Klíčové informace	56
7.2	Revize, report, a sdílení výsledků měření.....	58
7.2.1	Zobrazení výsledků měření pomocí kontrolního zobrazení	59
7.2.2	Vytvoření snímků a reportovacích tabulek	60
7.2.3	Report o výsledcích měření pomocí formátovaných reportů	61
7.3	Kontrolní otázky	61
8	Prezentace týmových projektů k 3D měřicímu přístroji THOME Präzision RAPID-Plus CNC, konzultace, rekapitulace	62
9	Základní seznámení s mobilním měřicím systémem ROMER Absolute Arm	63
9.1	3D skenery	63
9.2	Rozdělení 3D skenerů	63
9.3	Importování CAD modelu	65

9.4	Měření rozměrů součástí pomocí prvků	66
9.4.2	Měření povrchových odchylek v konkrétních lokalitách	67
9.4.3	Analýza součásti podél roviny příčného řezu	68
9.4.4	Měření rozměrů pomocí posuvného měřítka	70
9.4.5	Vytvoření souřadnicového systému	72
9.5	Kontrolní otázky	72
10	Skenování laserovým skenerem, základní práce s programem, GD&T a hodnocení naměřených hodnot	73
10.1	Skenování polygonálního modelu pomocí metrik kvality	73
10.1.1	Snímání plochy	73
10.1.2	Rovina ořezu	74
10.1.3	Profily skenování	75
10.1.4	Import skenu	75
10.1.5	Měření odchylky pomocí barevných datových map	76
10.1.6	Extrakce požadovaných údajů z nasnímaných dat	77
10.1.7	Použití navigace při skenování	78
10.2	Revize, report, a sdílení výsledků měření	80
10.2.1	Revize výsledků měření	80
10.2.2	Revize výsledků měření pomocí kontrolního zobrazení	81
10.2.3	Vytvoření snímků a tabulek	82
10.2.4	Report o výsledcích měření pomocí formátovaných reportů	83
10.3	Kontrolní otázky	84
11	Aplikace pokročilých postupů při práci s mobilním skenerem ROMER	85
11.1	Získávání dat z více poloh zařízení	85
11.1.1	Srovnání pozice zařízení pomocí cíle	85
11.1.2	Propojení pozic zařízení pomocí informací o povrchu	86
11.1.3	Získávání dat	86
11.1.4	Srovnání různých datových objektů k sobě	86
11.1.5	Globální optimalizace srovnání	87
11.1.6	Sjednocení polygonálních modelů	87
11.2	Srovnání měřené součásti k referenčnímu objektu	87
11.2.1	Srovnání pomocí povrchů objektu	87
11.2.2	Srovnání pomocí sondování povrchových bodů	89
11.2.3	Srovnání pomocí kolmých rovin (Srovnání na tři roviny)	90
11.2.4	Srovnání pomocí roviny, osy, a středového bodu	91
11.2.5	Best-fit	92

11.2.6	Srovnání pomocí referenčních hodnot.....	93
11.2.7	Srovnání pomocí datového referenčního rámce.....	95
11.3	Kontrolní otázky	96
12	Základní seznámení se software SpaceClaim	97
12.1	Základní nástroje pro práci ve SpaceClaim.....	97
12.2	Kontrolní otázky	102
13	Prezentace týmových projektů k měření systémem ROMER, konzultace, rekapitulace	103
	POUŽITÁ LITERATURA.....	104

ÚVOD

V současné době dochází k prudkému rozvoji implementace digitalizace a virtualizace v oblasti vývojových, konstrukčních a kontrolních nástrojů využívaných v celé šíři na sofistikovanější formu se rozvíjející modernizující se průmyslovou výrobu a s ní související nezbytné technicko-technologické služby. V důsledku této skutečnosti dochází i k logické změně požadavků nejen v hospodářském odvětví strojírenství a stavebního průmyslu na pracovní pozice.

Tyto změny se v následujících letech budou prohlubovat s ohledem na postupné zavádění Průmyslu 4.0 respektive Společnosti 4.0. Změny budou probíhat zejména ve snižování počtu míst v oblasti rutinních procesů, a naopak navýšování počtu požadovaných více sofistikovaných pozic se zaměřením na obsluhu pokročilých strojů, zařízení a software určených pro vývoj a konstrukci nových výrobků, reverzní inženýrství jednodušších i složitých částí zařízení i komplexních konstrukčních celků. Stále většího významu nabývá rovněž potřeba stále důkladnější rozměrové kontroly ve všech oblastech odběratelsko-dodavatelských vztahů, které souvisí s jádrem transformace na Společnost 4.0.

Kurz má za cíl reagovat na vývoj této společenské situace a připravit tak absolventy, kteří rozumí principům:

- základů 3D měření pomocí souřadnicových dotykových přístrojů a 3D skenerů založených na principu fotogrammetrie a laserového snímání povrchu měřeného objektu,
- manipulace a ovládání moderních 3D měřících dotykových, optických a laserových nástrojů,
- základů práce s importem a exportem virtuálních objektů a CAD dat,
- základů práce s profesionálním softwarem pro rozměrovou analýzu a digitalizaci objektů,
- základů práce s profesionálním softwarem pro transformaci virtuálních objektů na plno hodnotná CAD data,
- základů zpracování digitalizovaných dat pro reverzní inženýrství s využitím profesionálního software.

Absolventi kurzu umí:

- na základě konkrétního zadání navrhnout a zvolit vhodný typ přístroje pro 3D měření daného objektu,
- připravit měřený objekt, souřadnicový 3D měřicí přístroj a 3D skenery pro práci,
- ovládat souřadnicový 3D měřicí přístroj a 3D skenery při vlastním měření,
- v základním rozsahu využívat profesionální řídicí a vyhodnocovací software,
- komparovat naskenovaný model s podkladovým modelem a vyhodnotit odchylky,
- převést původní 3D model objektu na plnohodnotný 3D CAD datový objekt,
- v základu pracovat s CAD modely v 2D a 3D pro přípravu na další aplikace, např. reverzní inženýrství nebo 3D tisk.

Nezbývá než popřát studentům, aby si osvojili uvedené dovednosti v míře, která přispěje ke zvýšení rozsahu jejich znalostí, rozšíří obzory a schopnosti vnímání technických souvislostí a v neposlední řadě umožní lépe se uplatnit na stále náročnějším trhu práce.

1 3D skenery a skenovací systémy

3D skenery lze definovat jako zařízení, která jsou schopná po zadání parametrů skenování automaticky určit prostorové souřadnice bodů objektu. 3D skener je součástí tzv. skenovacího systému, který se dále skládá z řídicí jednotky, programu pro řízení skenování, programu pro zpracování již měřením získaných dat a dalšího příslušenství, jako je například externí baterie, kabely či stativ.

V podstatě je tedy 3D skener zařízení schopné zachytit tvar, texturu a případně barvu daného fyzického předmětu. Obvykle jsou snímány body na povrchu objektu, pomocí kterých je objekt v počítačovém programu zobrazen jako shluk bodů – můžeme jej označit jako mračno bodů. Toto mračno lze převést na tzv. geometrický, trojrozměrný model pomocí polygonů (většinou se jedná o polygonální síť tvořenou trojúhelníky). Mračno bodů i polygonální síť lze vidět na obrázku č. 1.

Obrázek 1: Mračno bodů a polygonální síť tvořená trojúhelníky



Zdroj: <https://www.ems-usa.com/tech-papers/3D%20Scanning%20Technologies%20.pdf>

Získaná data lze sloučit do kompletního modelu automaticky již během samotného skenování nebo až v dalším kroku při jejich dalším zpracování. Během následné editace jsou taktéž provedeny úpravy jako například vyčištění dat od nežádoucích bodů z mračna bodů, vyplnění děr, oprava chyb, vyhlazení povrchu apod.

V dnešní době se na trhu nachází velké množství zařízení, která umožňují převod trojrozměrných objektů do digitální podoby. Ovšem při jejich výběru je nutné zohlednit některá kritéria, protože každý skener je více či méně vhodný k danému účelu. Mezi posuzovaná hlediska patří například následující: rozměry objektu, požadovaná přesnost, materiál a textura objektu, okolní podmínky, požadovaný výstup dat.

Obtížně lze skenovat následující:

- Opticky obtížné materiály (průhledné a lesklé) – vyřešit lze speciálním matujícím sprejem (např. křídovým) nebo polepením speciální páskou.
- Předměty, které jsou umístěny velmi blízko sebe nebo se překrývají.
- Jemné tenké prvky, jako jsou například chlupy, vlasy či peří.
- Hluboké a obtížně přístupné díry – vnitřní povrch lze domodelovat v počítači.

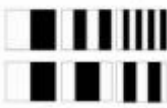



- Pohybující se objekty – ty je možné skenovat pouze ve skenovacím studiu s mnoha pevně umístěnými senzory, které sejmou daný objekt synchronizovaně v jeden okamžik.
- Problémy mohou způsobovat nechtěně se pohybující objekty v okolí: vegetace, lidé, auta...

1.1 Optické skenery

Princip

Jedná se o zařízení, které využívá k měření trojrozměrného objektu promítaný strukturovaný světelný vzor (structured light) – příklady vzorů jsou uvedeny na obrázku č. 2. Promítání úzkého paprsku světla na trojrozměrný povrch vytváří světelný pruh, který se oproti projekci jeví jako zkreslený vlivem zakřivení povrchu a může být použit pro přesnou geometrickou rekonstrukci tvaru povrchu.

Obrázek 2: Používané vzory strukturovaného světla

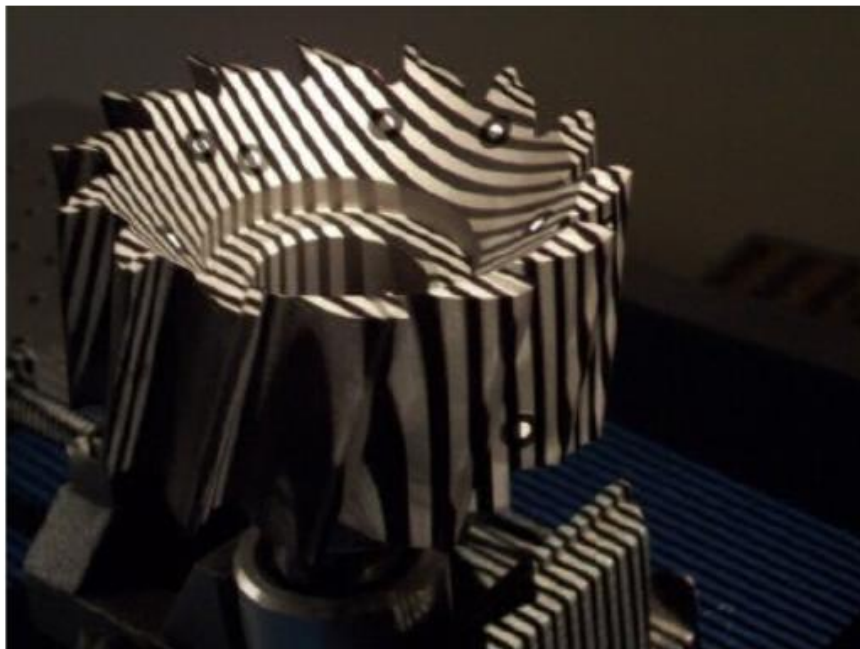
Temporální kódifikace	Binární kódy 	Posdamer et al. Inokuchi et al. Minou et al. Trobina Valkenburg and Melvor Skocaj and Leonardis Rocchini et al.	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓
	n-ární kódy	Caspi et al. Horn and Kiryati	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓
	Šedý kód + fázový posuv	Bergmann Sansoni et al. Wiora Gühring	✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓
	Hybridní metody	Kosuke Sato Hall-Holt and Rusinkiewicz	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓
Prostorové kódifikace	Neformální kódifikace	Maruyama and Abe Durdle et al. Ito and Ishii Boyer and Kak Chen et al.	✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓ ✓
	De Bruijnovy vzory 	Hügli and Maître Monks et al. Vuylsteke and Oosterlinck Salvi et al. Lavoie et al. Zhang et al.	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓
	M-pole 	Morita et al. Petriu et al. Kiyasu et al. Spoelder et al. Griffin and Yee Davies and Nixon Morano et al.	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓
Přímé kódifikace	Úrovně šedé	Carrhill and Hummel Chazan and Kiryati Hung	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓
	Barevné vzory 	Tajima and Iwakawa Smutny and Pajdla Geng Wust and Capson Tatsuo Sato	✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓ ✓
Aplikovatelnost scény		Statický Pohybující	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓
Barevná hloubka pixelu		Binární Úrovně šedí Barevné	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓
Strategie kódifikace		Periodické Absolutní	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓

Zdroj: Salvi, Pagès, Batlle (2004)

V počítači je porovnán snímaný vzor se vzorem promítaným. S využitím vhodného algoritmu jsou tyto informace převedeny na prostorové mračno bodů, ze kterého lze dalšími úpravami vytvořit finální 3D model.

Metodou strukturovaného světla lze měřit tvar objektu v jednom okamžiku pouze z jedné perspektivy. Celkový 3D model je tedy kombinací různých měření provedených z různých úhlů. Vytvoření finálního modelu lze dosáhnout připevněním tzv. značkovacích (vlčcovacích) bodů na objekt a následnou kombinací jednotlivých měření pomocí spojení těchto bodů. Umístění značkovacích bodů a světelný vzor skládající se ze světelných pruhů je patrný z obrázku č. 3.

Obrázek 3: Objekt se značkovacími body a promítaným světelným vzorem



Zdroj: Samadi (2013)

Skener se skládá ze tří částí (jednotek):

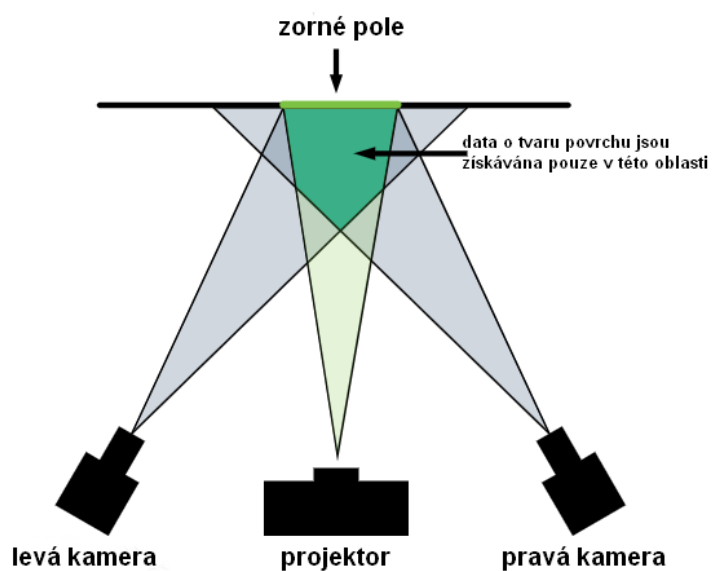
- projekční jednotka – videoprojektor, který promítá na objekt světelný vzor (nejčastěji se jedná o světelné pruhy)
- vizuální jednotka – alespoň jedna kamera, která slouží ke snímání zdeformovaného světelného vzoru, který je promítán na skenovaný objekt – příklad skeneru se dvěma kamerami je na obrázcích č. 4 a 5
- jednotka pro zpracování a analýzu – slouží ke zpracování a analýze snímaných dat

Obrázek 4: Stacionární světelný skener s dvěma kamerami



Zdroj: <https://www.polyga.com/3d-scanning-101/>

Obrázek 5: Světelný skener se dvěma kamerami – princip získávání dat



Zdroj: <https://www.polyga.com/3d-scanning-101/>

Výhody a nevýhody

Výhodou tohoto typu skeneru je bezesporu to, že je kompaktní, jelikož se skládá pouze ze tří částí (jednotek). Obvykle se tedy jedná o malá zařízení, která jsou používána jako ruční. Dále lze mezi výhody uvést například bezkontaktnost, vysoké rozlišení a rychlost. Tato zařízení jsou navíc i cenově dostupná. Optické skenery proto nalézají využití v mnoha odvětvích: uchování uměleckých děl, zábavní průmysl, medicína či strojírenství.

Oproti laserovým skenerům lze hovořit i o výhodě z hlediska bezpečnosti při pohledu do světla očima. Tím pádem je možné naskenovat i člověka s otevřenými očima nebo zvíře.

Mezi nevýhody patří omezení v rámci velikosti skenovaných objektů. Vhodné jsou objekty zhruba o velikosti od jednoho centimetru do tří metrů. Omezení se týká i materiálu – viz následující kapitola. Další nevýhodou je nutnost pořízení specializovaného softwaru určeného ke zpracování dat, což pro uživatele znamená další výdaje.

Požadavky a omezení

Při skenování je nutné, aby byl objekt zajištěn proti pohybu a zároveň byl dostupný ze všech stran. Toho je možné dosáhnout například zavěšením a zajištěním lany proti rotaci. Zachytit lze i hýbající se tělesa – například lidská postava, u které dochází k mírnému pohybu vlivem dýchání. V tomto případě ale dochází ke snížení kvality digitalizovaného modelu a ke vzniku nepřesností. Při skenování postavy ovšem není obvykle požadována taková přesnost, takže je optický skener pro tento účel dostačující.

Pro skenování jsou nevhodné objekty tvořené z průhledného či lesklého materiálu. Paprsky světla emitované projektořem se na těchto površích mohou odrazit pod úhlem nevhodným pro zachycující zařízení nebo dokonce projít skrze povrch. Základní podmínkou této techniky je, aby objekt měl dostatečnou difúzní odrazivost, jinak dochází k výraznému ovlivnění a zkreslení naměřených dat, z toho vyplývá, že pozice naměřených bodů se liší od souřadnic skutečných bodů. Tento problém lze vyřešit alespoň částečně nanesením například křídového matujícího spreje.

Pokud je to možné, je nejvhodnější skenovat objekt v neosvětlené místnosti. Naopak zcela nevhodným je umístění na přímém slunečním světle, které brání ve správném odrazu světla strukturovaného – v takových místech dochází k chybám v měření či vzniku děr. V případě nemožnosti přesunu objektu do interiéru a nutnosti práce v takovýchto podmínkách je nejlepším řešením objekt po dobu skenování zastínit. Problémem je i vlhký povrch například po dešti.

1.2 Kontrolní otázky

1. Co chápete pod pojmem 3D skener?
2. Definujte pojem strukturovaný paprsek světla.
3. Popište, co rozumíte pod pojmem vlíčovací bod a k čemu slouží.
4. Jaké povrchy jde obtížně skenovat?
5. Z jakých jednotek se skládá skener?

2 3D optický skener a proces skenování

2.1 3D optický skener Artec Eva Lite

Na katedře stavebnictví máme k dispozici ruční optický 3D skener Artec Eva Lite od společnosti Artec 3D se sídlem v Lucemburku, která zde působí od roku 2007. Jak již název Artec Eva Lite napovídá, jedná se o levnější a méně náročnou verzi klasického skeneru Artec Eva. Rozdíl spočívá v tom, že plná verze skeneru je schopna snímat i texturu vybraného objektu a jeho barvu, zatímco zjednodušená verze Lite se orientuje pouze podle jeho tvaru. Tím pádem je nutné, aby byl skenovaný objekt tvarově co nejrůznorodější – vhodná je například lidská postava nebo její část. Existuje však i možnost skener kdykoliv rozšířit na plnou verzi v případě potřeby. Výhodou je bezesporu fakt, že použitá verze Lite shromažďuje významně menší objem dat než verze plná, takže je méně náročná, co se týče výkonu počítače a spotřeby elektřiny.

Artec Eva Lite umožňuje zachytit a současně zpracovávat až dva miliony bodů za sekundu s přesností až 0,1 mm. Pracovní vzdálenost skeneru od objektu činí zhruba 0,4 – 1 m. S hmotností pouze 0,85 kg a rozměry 262 x 158 x 64 mm se jedná o kompaktní zařízení, se kterým lze velmi snadno manipulovat. Další technické parametry jsou uvedeny na obrázku č. 6.

Obrázek 6: Technické parametry skeneru Artec Eva Lite

Technické parametry:

Možnost snímání textury a Ne barvy	
3D rozlišení	0.5 mm
3D bodová přesnost	0.1 mm
Rozlišení textury	n/a
Barvy	n/a
Zdroj světla	blesk (ne laser)
Pracovní vzdálenost	0.4 – 1 m
Zorné pole pro kratší vzdálenost	214 x 148 mm
Zorné pole pro delší vzdálenost	536 x 371 mm
Zorný úhel (v x š)	30° x 21°
Rychlost snímání	16 fps
Doba expozice	0.0002 s
Rychlost snímání dat	2 mil. bodů/s
Zpracování dat	Ano
Rozměry	262 x 158 x 64 mm
Hmotnost	0.85 kg
Příkon	12 V, 48 W
Rozhraní	1 x USB 2.0, kompatibilní s USB 3.0
Kalibrace	žádná
Výstupní formáty	OBJ, PLY, WRL, STL, AOP, ASCII, Disney PTEX, E57, XYZRGB
Kapacita zpracování dat	40 000 000 trianglů/1 GB RAM
Podporované operační systémy	Windows 7 - 10 (64-bit)
Minimální požadavky na PC	Intel I5 nebo I7, 12 GB RAM, NVIDIA GeForce 400 série a vyšší (minimum 1 GB paměť) nebo AMD
Požadavky na stereoskopii	NVIDIA GeForce 400 série a vyšší

Zdroj: <http://www.skenovani3d.cz/3d-skenery/artec-eva-lite/>

Z příslušenství je potřeba použít USB kabel sloužící k připojení k počítači a umožňující přenos dat přímo do softwaru Artec Studio 12 Professional. Vzhledem k tomu, že práci je možné provádět i v terénu, kde není možné připojení do sítě, je k dispozici i externí baterie určená přímo pro ruční skenery Artec o kapacitě 16 000 mAh a výdrží až 6 hodin. V opačném případě lze místo baterie použít napájecí kabel. Skener s notebookem jsou na obrázku č. 7.

Obrázek 7: Vybavení pro skenování



Zdroj: vlastní

Artec Eva Lite využívá technologie strukturovaného světla. Na přístroji se nachází 12 světelných zdrojů, které během skenování vytváří záblesky světla. Jsou umístěny kolem prostřední ze tří kamer, kterými je skener vybaven a které slouží ke snímání deformovaného světelného vzoru. Skener je zachycen na obrázcích 8 a 9. Komplexní světelný vzor promítnutý na zeď můžeme vidět na obrázku č. 10.

Obrázek 8: Skener Artec Eva Lite



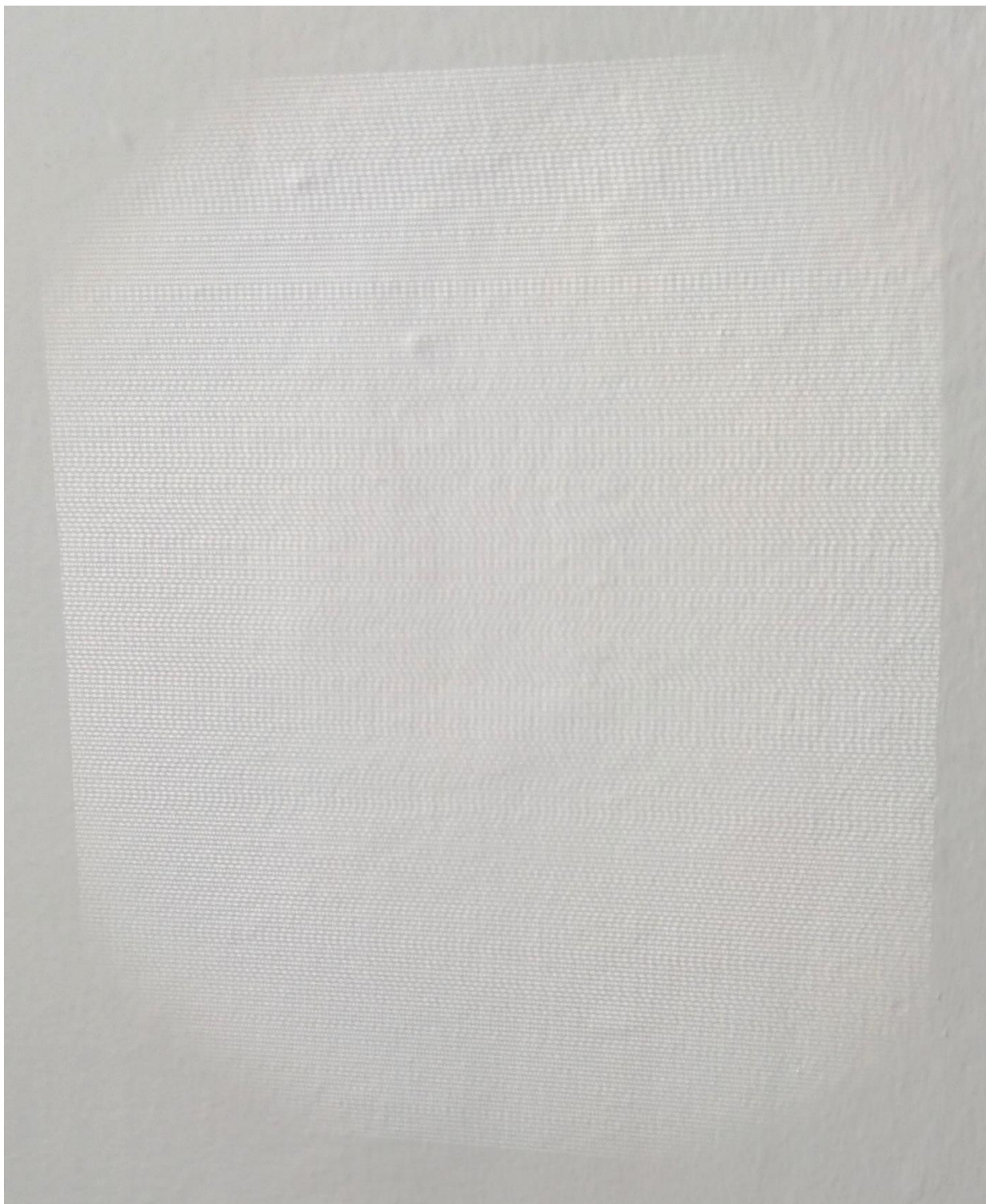
Zdroj: vlastní

Obrázek 9: Pohled na kamery a světelné zdroje



Zdroj: vlastní

Obrázek 10: Světelný vzor skeneru Artec Eva Lite

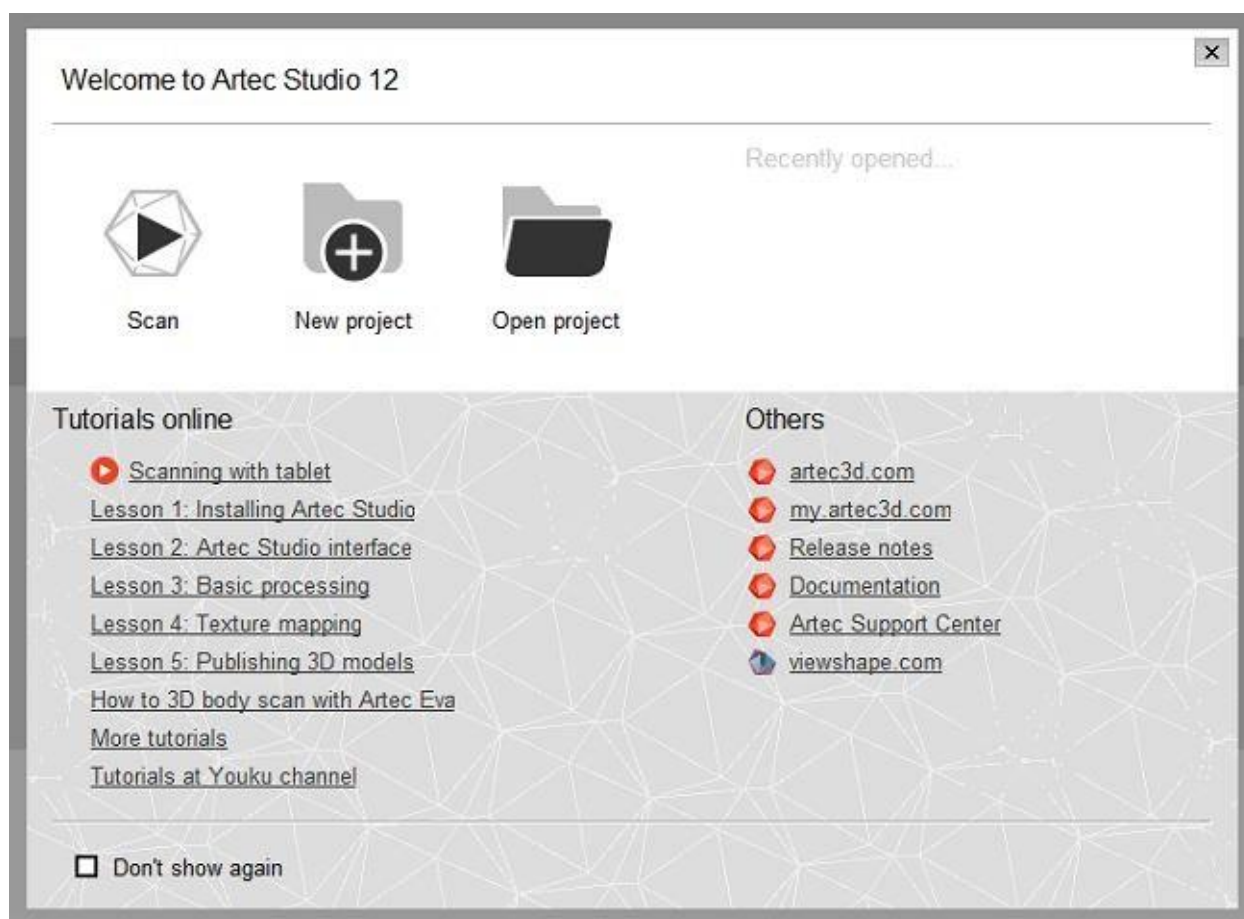


Zdroj: vlastní

2.2 Prostředí Artec Studio 12

Jak již bylo zmíněno v minulé kapitole, stěžejním bodem ve fázi skenování je software Artec Studio. Hned na začátek praktická rada. Ještě před spuštěním programu se ujistěte, zda je skener zapojen do sítě, zástrčka ve skeneru je zašroubována a ověřte připojení USB kabelu vedoucího od skeneru. Hned při spuštění programu totiž probíhá běžná (poměrně rychlá) asi 5 sekundová kalibrace skeneru a inicializace skeneru do prostředí. Pokud byste připojili skener až po spuštění Artec Studia, může se stát, že software skener neidentifikuje (nenačte do prostředí). Nyní máme připojen skener a software je již úspěšně spuštěný. Po spuštění se nám na monitoru objeví hlavní nabídka.

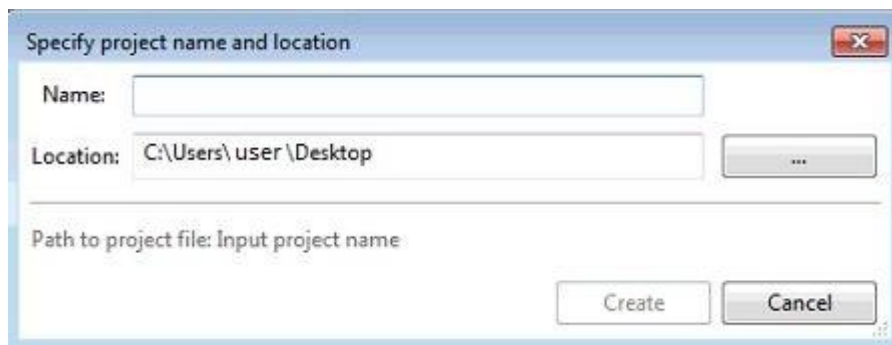
Obrázek 11: Hlavní nabídka při spuštění



Zdroj: vlastní

V této fázi založíme nový projekt kliknutím na tlačítko „New project“, následně se objeví dialogové okno s požadavkem na název nového souboru (pole Name) a cílovou cestu, kde bude náš projekt uložen (pole Location), zvolíme a potvrdíme tlačítkem „Create“.

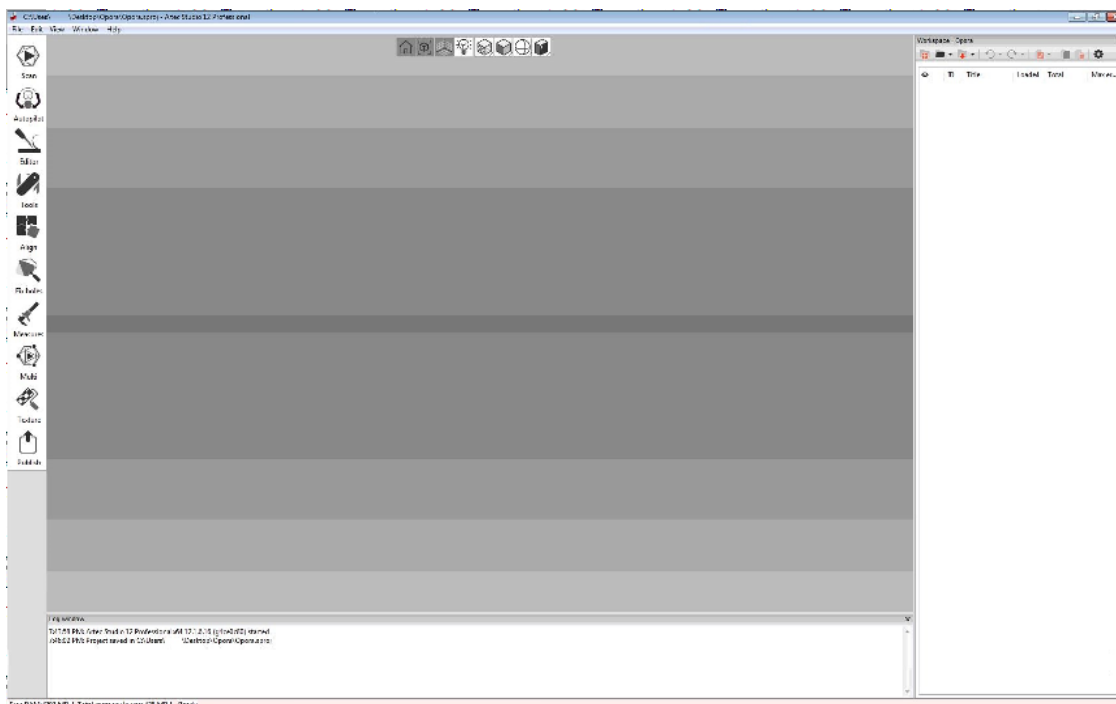
Obrázek 12: Dialogové okno pro vytvoření projektu



Zdroj: vlastní

Aktuálně se nacházíme v základním prostředí Artec Studio. Vlevo je umístěna hlavní lišta, která obsahuje funkce Scan – Publish. Ve spodní části se nachází logovací okno, kde lze vidět seznam úkonů, které Artec provádí (obdobně jako např. u Autocadu). V pravé části je pak umístěn „Workspace“ – pracovní prostor, kde v budoucnu nalezneme jednotlivé skeny s podrobnými informacemi.

Obrázek 13: Prostředí softwaru Artec Studio12



Zdroj: vlastní

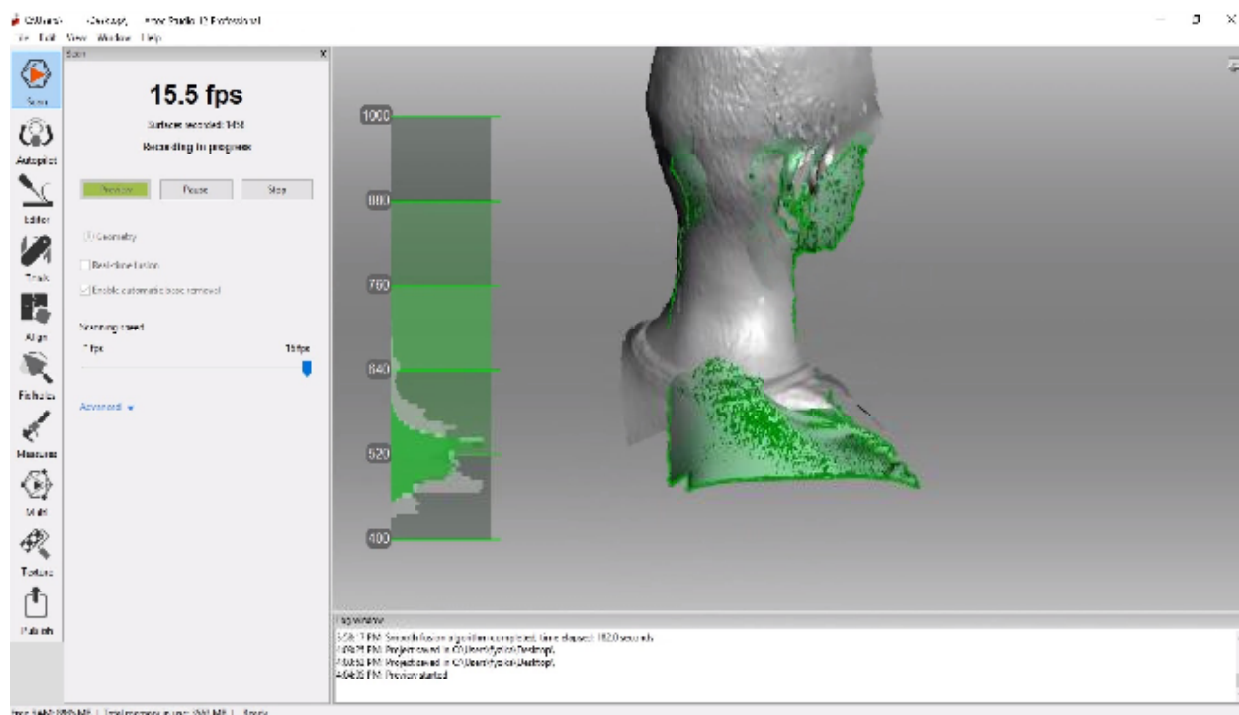
2.3 Proces skenování

Skener máme připojen, vytvořili jsme nový projekt, můžeme tedy začít skenovat. V levé nabídce Artec Studio klikneme na políčko Scan, otevře se nabídka pro skenování. Nyní už můžeme program ovládat skenerem. Ten na své rukojeti disponuje dvěma tlačítky. Horní spouští proces skenování, a zároveň toto tlačítko využijeme pro přerušení skenování. Skener následně zastaví snímání bodů. Spodní tlačítko skenování ukončí a uzavře nabídku „Scan“. Při samotném skenování platí několik pravidel. Vedle levé lišty Scan – Publish se v sekci Scan objeví ukazatel vzdálenosti (400-1000). Tento sloupec je mezi hodnotami 520 – 880 podbarven zelenou barvou a indikuje správnou vzdálenost skeneru od skenovaného předmětu. V průběhu skenování se nám objevuje náhled již naskenované sítě. Šedou barvou jsou podbarveny již naskenované plochy, zeleně pak body, které skener právě skenuje a přenáší. /obr. 14/ Po dokončení jednotlivých skenů se náhled zobrazuje světle modře.

Realizováno v rámci projektu:

Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591

Obrázek 14: Plocha skenování a indikátor vzdálenosti

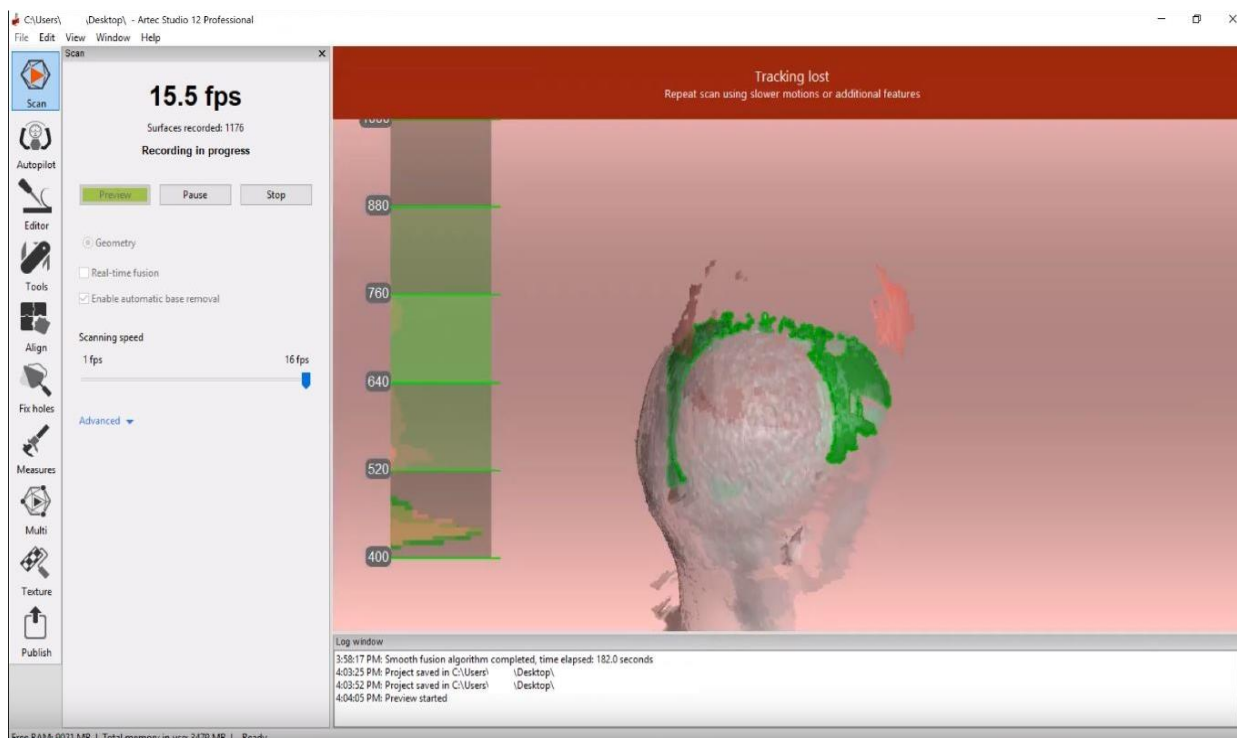


Zdroj: vlastní

Obecně platí pár zásad pro správné skenování:

- a) vždy udržujte správnou vzdálenost skeneru od skenovaného předmětu
- b) pokud lze předmět naskenovat pouze na jeden sken, pokuste se o to
- c) jedná-li se o předmět větší velikosti, či členitějšího tvaru, rozdělte ho pomyslně na několik částí. Jednotlivé skeny se musí navzájem částečně překrývat, aby obsahovaly společné plochy. Pomocí těchto společných ploch (bodů) lze objekt lépe automaticky spojit.
- d) při ztracení dráhy (hláška „Tracking lost“) proveďte jednotlivý sken znovu /obr. 15/. Takový sken je často pro pozdější použití nekvalitní / nevhodný, a to z důvodu zdvojení.
- e) mějte kolem sebe dostatečný prostor na skenování. Kolem předmětu se budete opakovaně pohybovat

Obrázek 15: Ztracená dráha „Tracking lost“



Zdroj: Vlastní

2.4 Kontrolní otázky

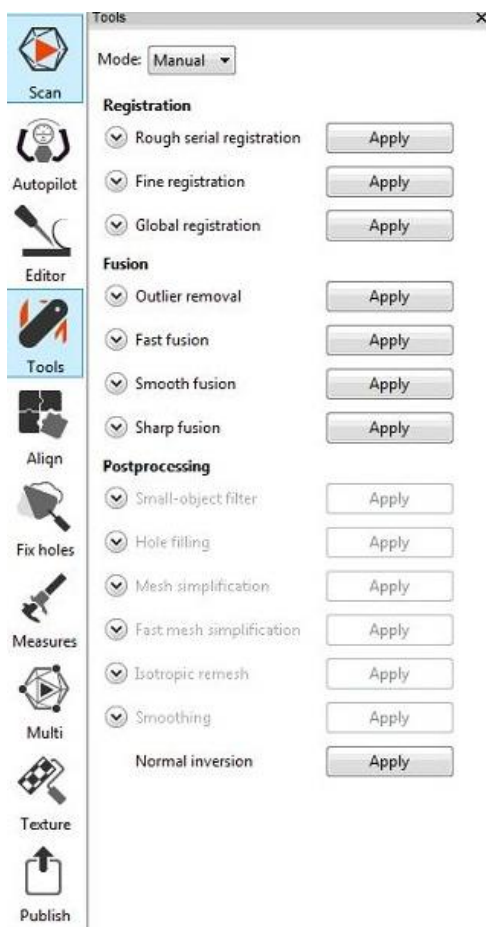
1. Co znamená slovíčko „Lite“ v názvu skeneru?
2. Jakou přesnost garantuje skener Artec Eva Lite?
3. Je možné se skenerem Artec Eva Lite skenovat v terénu bez připojení k el. proudu?
4. Je možné během skenování ovládat software skenerem?
5. Vyjmenujte alespoň 3 zásady pro správné skenování.

3 Zpracování dat z optického 3D skeneru v Artec Studio

3.1 Editace dat Artec Studio

V další kapitole se budeme věnovat úpravě jednotlivých skenů. Ještě před úpravou doporučujeme nyní data uložit a celou složku zálohovat. Proč? Průběžnou úpravou se občas stává, že výsledek spojování není to, co jsme si představovali. Občas je lepší začít znovu, a tak se nám záloha surových dat hodí pro opětovné použití. Na katedře stavebnictví se nám osvědčil způsob úpravy, který nyní budu popisovat. Nelze říci, že je jediný správný, ale pro zpracovávání dat ze 3D skeneru je nejjednodušší a relativně snadno zapamatovatelný. Na surových datech jednotlivých skenů lze spatřit nežádoucí šum. Ukážeme si, jak se ho dá v pár krocích poměrně jednoduše zbavit.

Obrázek 16: Nabídka karty Tools, Zdroj: Vlastní

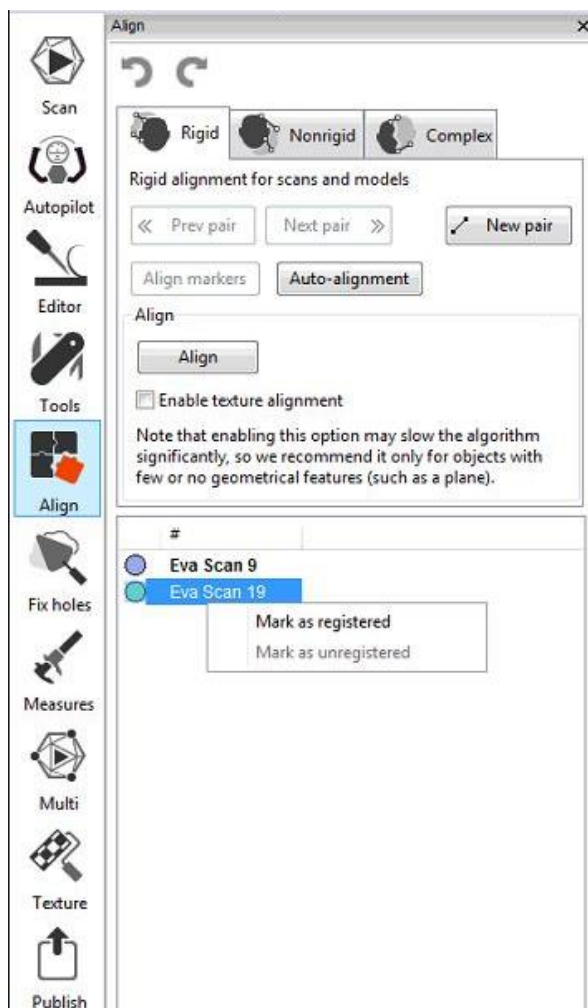


Pojďme tedy začít s úpravou a spojováním. V pravé liště „Workspace“ máme několik skenů, které jsme pořídili. Hned v prvním sloupci je ikonka „Oka“, ta ovládá viditelnost jednotlivých skenů. Rada – pokud provádíte jakékoliv úpravy skenů (mazání, vyhlazování), vždy upravujte jen jeden sken, nikoliv vícero najednou. Důvodem je velká zátěž RAM paměti, a tak krok, který bychom dělali jednotlivě na dvou skenech asi 2 minuty, nyní vcelku bude trvat třeba 5 minut. Zpět ale k úpravám. Označíme si první sken a překlikneme na levé paletě na možnost „Tools“. Zde v první sekci zvolíme globální registraci „Global registration“ a po vyběhnutí dialogového okna potvrdíme možností „ano“. Hned následující krok provedeme kliknutím na „Smooth Fusion“, který nám sken vyhladí a zbaví nás šumu. Jak jste si mohli všimnout, po operaci Smooth Fusion se nám vytvořil na pravé paletě Workspace nový sken. Tento postup budeme opakovat pro každý z jednotlivých skenů. Nezapomeňte vždy označit jen jeden sken a s tím úpravu provádět. U každého skenu nakonec doporučujeme provést ještě akci „Small-object filter“. Ta odstraní přebytečné malé částice, které by v budoucnu mohly dělat neplechu při skenování, a jsou pro nás zbytečné. Na obrázku č. 16 vidíte, že je tato funkce blokována. Podmínkou je totiž provedení jednoho z typu funkcí „fusion“. V tuto chvíli jsme prakticky ve třetině úprav – tzn. máme hotovou globální registraci všech skenů, které na sebe ale vůbec nesedí – nejsou

připojené k sobě. Právě pro tuto akci použijeme paletu levého panelu „Align“. Opět se nám objeví nabídka, podobně jako u palety Tools. Nejprve ale opět trochu teorie. Připojení více skenů je možné, ale nedoporučuji dělat. Platí stejný princip - spojte postupně. Pojďme si tedy říct jak na to. Na paletě „Align“ budeme používat jen tlačítko „auto-alignment“. Jak si můžete všimnout, před jednotlivými vybranými skeny jsou barevná kolečka fialové, či světle zelené barvy. Fialové kolečko značí vybraný sken, ke kterému hodláme další skeny připojovat. Naopak světle zelený značí sken, který bude připojován.

Jak je označit?

Obrázek 17: Nabídka karty Align, Zdroj: vlastní



fialová = „mark as registred“
světle zelená = „mark as unregistred“

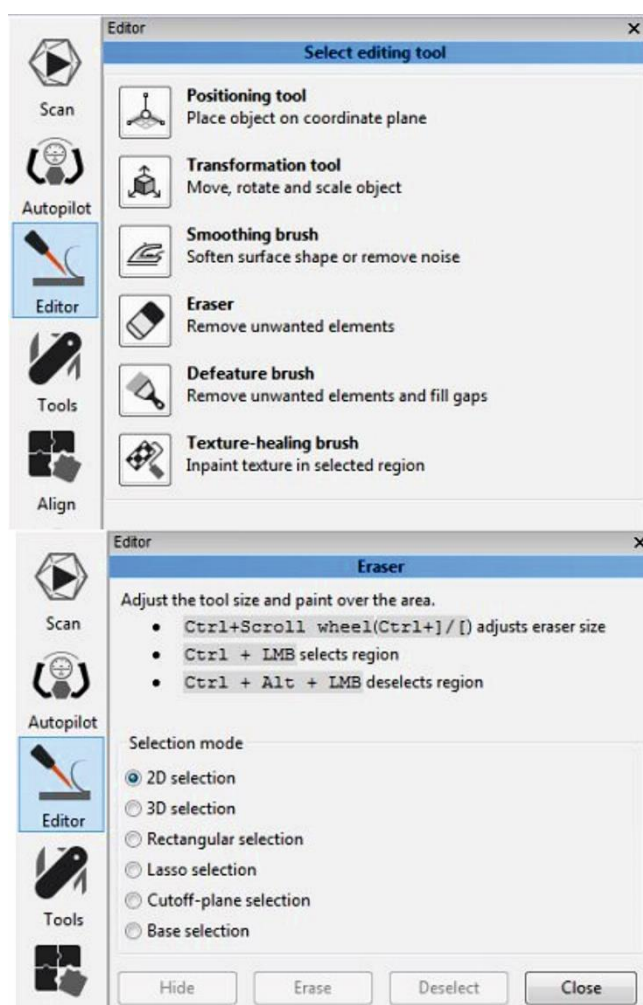
Po provedení tohoto výběru zůstaňte kurzorem na připojovaném (světle zeleném skenu) a klikněte tlačítko „Auto-alignment“. Pokud se vám skeny nesloučí na pozici, kterou jste potřebovali, znamená to, že software nemá dostatečnou shodnou plochu a nedokáže je spojit. Vždy začínejte skenem, který je nejpodrobnější. Vysvětleme na příkladu. Budete skenovat lidskou hlavu. První sken bude nejpodrobnější a bude obsahovat levou část tváře, nos, levé ucho a kus krku. K tomuto skenu napojujte vždy takový sken, který má něco společného. Část ucha, či zmíněnou tvář. Pokud budete chtít připojit k tomuto zmíněnému skenu pravou část, která bude obsahovat pravou tvář, pravé ucho, ale nebude obsahovat např. společný nos, či jinou shodnou plochu, které by se mohl software chytit, s největší pravděpodobností vám tyto dvě části nedokáže spojit.

Akci dokončíme tlačítkem „Apply“ ve spodní části. Máme tedy spojené první dva skeny. Spojujeme dál. Tyto skeny necháme vybrané /zobrazené/ a zobrazíme k nim další jeden. Postupujeme tak, že fialově vybereme dva předchozí skeny – označit, pravé tlačítko, „mark as registred“ a jako světle

zelený necháme opět sken, který chceme připojit. Opět „auto-alignment“ a pokud se skeny připojí správně, potvrdíme tlačítkem „Apply“. Tímto postupem pokračujeme, dokud nedojde k připojení všech skenů, které požadujeme. Ve výjimečných případech se dostanete do situace, kdy jste si jisti, že překryvná plocha je dostatečná, ale ke spojení nedojde a software oznámí chybovou hlášku, že nelze spojit. V takových případech, pokud tento sken opravdu potřebujete a není jiná možnost, lze použít manuální párování principem, kdy definujete společně body. V kartě „Align“ je vpravo nahoře umístěno tlačítko „New pair“. Takto lze nadefinovat několik (doporučuji alespoň 3) společných bodů a manuálně skeny spojit.

Máme úspěšně napojené skeny na sebe. Dostáváme se do poslední třetiny. Ne v každém skenu se povedlo naskenovat vše, někdy osoba nebo předmět, který jsme skenovali, změnil pozici, a tak celek vypadá trochu jinak, než je naše představa. Přichází poslední krok – probrat jednotlivé skeny, popřípadě částečně promazat a sloučit do jednoho skenu.

Obrázek 18: Vzhled karet Editor a Eraser, Zdroj: vlastní



„Rectangular selection“. Ta se nejčastěji používá při tvorbě rovných povrchů pro další výplň. Pozor, opět jde o typ 2D výběru.

Máme všechny přebytečné a nežádoucí šumy smazány, chýlíme se ke konci. Zbývá už jen spojit všechny dílčí skeny do jednotlivé plochy. To provedeme naprosto jednoduše. V prostředí „Workspace“ vpravo zaklikneme viditelnost jednotlivých skenů – první sloupec /oko/, přejdeme do prostředí „Tools“ a jednou z funkcí typu *fusion* spojíme skeny do jednoho celkového. Doporučuji Smooth fusion, spojí včetně lehkého vyhlazení hran.

Máme jeden jednotný sken dotažen skoro k dokonalosti, jen má občasné nedostatky v podobě povrchových nerovností. K tomuto účelu se hodí již zmiňovaný „Smooth brush“. Funguje jako vyhlazení povrchu a mírně ho deformuje. Sílu vyhlazení /1-10/ nalezneme na posuvné liště, velikost výběru se pak ovládá stejně jako u funkce Eraser.

Posledním z důležitých nástrojů levé palety je „Fix holes“. Slouží k vyplnění děr a tvorbě celistvosti modelu. Po kliknutí na nástroj následuje chvilková 5-10 vteřinová inicializace děr, které se pak zobrazí v tabulce, včetně jejich velikosti. Vybrat díry k vyplnění lze buďto z tabulky, nebo přímo kliknutím ve skenu. Tlačítkem „Fill holes“ díry vyplníte hmotou a tlačítkem „Apply“ pak výplň potvrdíte.

Aktuálně bychom měli mít hotový celistvý model předmětu, který jsme skenovali, včetně vyplnění děr. Tyto díry jsou většinou velmi nevzhledné a je patrné, že se někde stala chyba. Tyto chyby lze domodelovat a model upravit v jiných softwarech, které zvládají pokročilejší úpravy 3D modelů, jako je např. software Meshmixer. K tomu se dostaneme v další kapitole.

Zde si představíme pár funkcí na kartě „Editor“. Právě zde najdeme dvě důležité funkce – „Smoothing brush“ a „Eraser“. První zmiňovaná funkce se využívá k vyhlazení povrchu skenu. Eraser potom funguje jako guma, obdobně jako např. v programu Malování. Začneme funkcí „Eraser“. Potřebuji smazat část jednoho skenu, Vyberu funkci „Eraser“, vyberu si jednu z možností výběru. V horní části okna máme pak návod jak s funkcí pracovat.

K označení oblasti k vymazání podržíme Ctrl + vybíráme levým tlačítkem myši, pokud jsme označili něco špatně, můžeme použitím Ctrl + Alt + LTM vybrat odznačení. Jsme-li nyní s výběrem spokojeni, potvrdíme výmaz tlačítkem „Erase“. Velikost výběru lze regulovat kombinací Ctrl + kolečko myši. Existuje několik módů mazání. Pro drobné úpravy doporučujeme výběr 3D. Výběr 2D má jednu velkou nevýhodu, kterou si vysvětlíme opět na skenu lidské hlavy. Pokud budu pohledem koukat přímo do očí a označím ve 2D nos, tento výběr se propíše i na zadní část hlavy. Po stisknutí „Erase“ pak zjistíte, že máte nejen vymazaný nos, ale i část vzadu na hlavě. Proto doporučujeme vybírat 3D výběrem. Další častá možnost je výběr obdélníkem

Poslední zastávkou v programu Artec Studio bude export. Artec své projekty ukládá ve formátu *.sproj. Jiné programy tento formát pravděpodobně nepřečtou, a proto je nutný export do standardních formátů 3D objektů jako je např. *.stl, nebo *.ply. Pro export označíme hotový sken (necháme ho viditelný), následně v hlavní nabídce v horní části zvolíme „File“, dále „Export meshes“ /lze též použít klávesovou zkratku Ctrl + Shift + E/ a v dialogovém okně vybereme požadovaný formát exportovaného souboru.

Z Artec Studia nemáme vždy zaručený výsledek. V některých případech je nutné model domodelovat. Tento úkon není v Artec Studiu možný. K účelu domodelování využíváme volně přístupný software od Autodesku – Meshmixer. I pro tento program je nutné 3D model exportovat nejlépe do formátu *.stl.

3.2 Kontrolní otázky

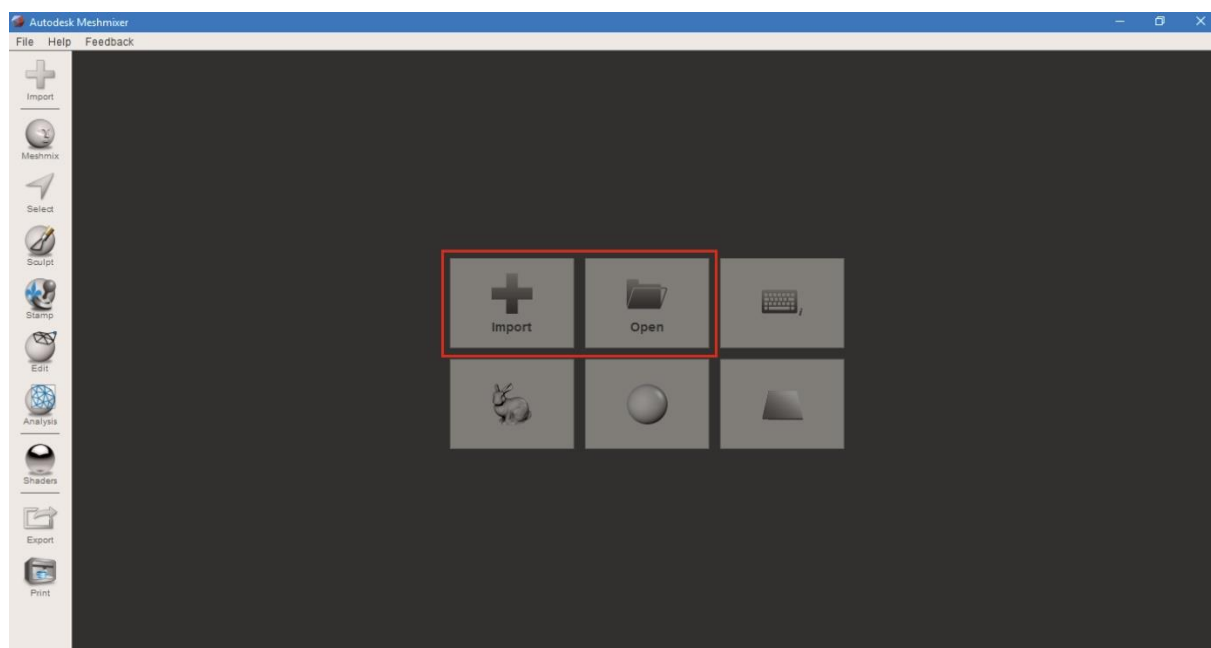
1. Jakou funkci musíme vždy použít jako první?
2. Je možné spojit skeny automaticky či musíme vždy ručně?
3. K čemu slouží funkce filtru malých objektů?
4. K čemu slouží funkce „Fill holes“?
5. V jakém formátu ukládáme data pro možnost práce v dalším softwaru?

4 Zpracování dat z optického 3D skeneru v Meshmixeru

V minulé kapitole je již zmiňováno, že k finálním modelacím není Artec Studio nejvhodnější software. V Meshmixeru se nejedná o klasické vyhlazení, ale nyní mluvíme o složitějších úkonech jako například: domodelování tvaru hlavy, uší, nosu, bot, podstavců a jiných dalších částí těla a potřebných komponentů. V této kapitole vám představíme prostředí programu Meshmixer, popíšeme nepoužívanější nástroje a práci s nimi spojenou.

Po spuštění programu se nám zobrazí hlavní nabídka, viz obr. 19. V tuto chvíli je pro nás nejdůležitější příkaz Import. V případě, že jsme již s modelem v tomto softwaru pracovali, využijeme pouze příkaz Open.

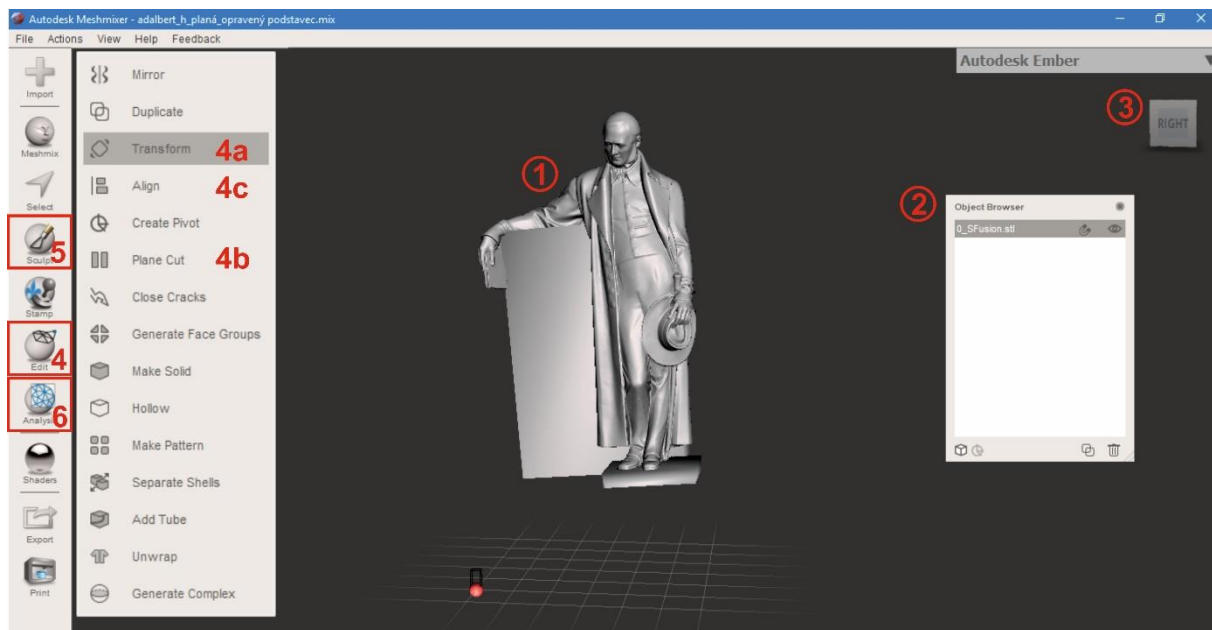
Obrázek 19: Hlavní nabídka Meshmixer



Zdroj: Vlastní

Nyní v našem případě tedy volíme příkaz Import – rozbalí se nám okno s výběrem, kde si standardně

Obrázek 20: Popis prostředí



Zdroj: vlastní

Základní popis prostředí:

1 – Importovaný model

2 – tabulka s přehledem objektů – ikonka oka zde funguje také pro přepínání viditelnosti, magnet do tvaru podkovky slouží pro připojování různých těles.

3 – Rotační kostka – máme dvě možnosti, jak s modelem otáčet. Jednou z nich je právě tato kostka – buďto klikneme na místo, které se nám zvýrazní, nebo uchopíme kostku a otáčíme jí. Další způsob je klasicky myší – stiskneme pravé tlačítko myši a vzápětí otáčíme modelem.

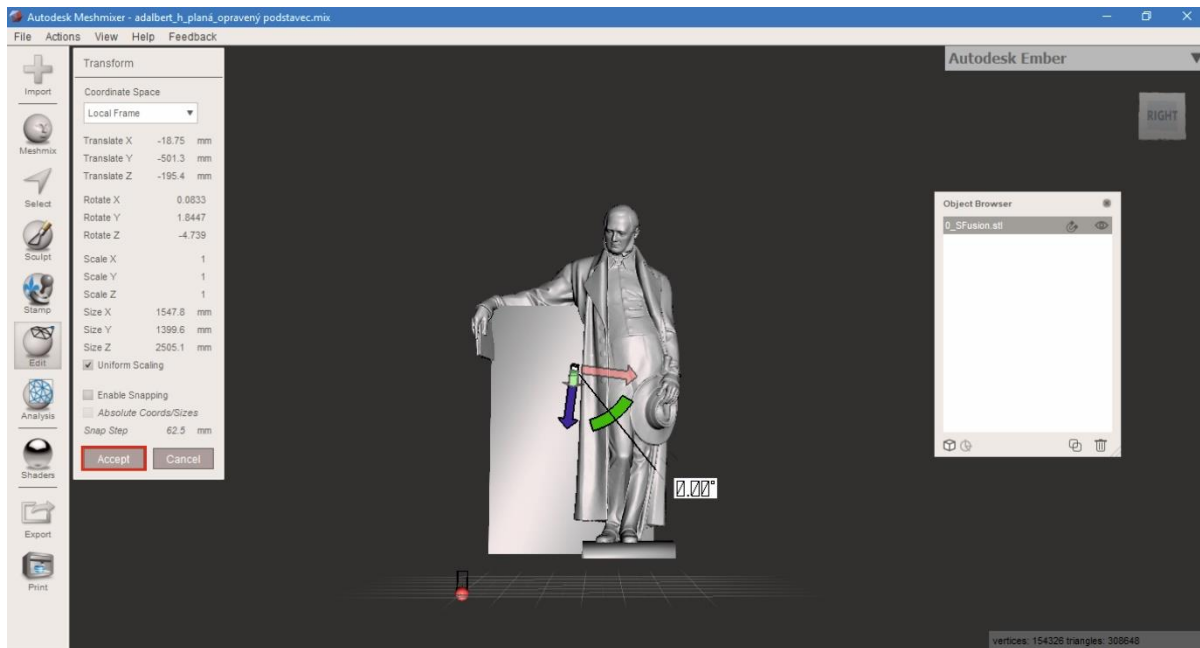
4 – Edit – Tento příkaz nám rozbalí panel nástrojů, viz obr,20. Z tohoto panelu nejčastěji využíváme nástroj: **4a** – Transform – nástroj pro manipulaci objektu v prostoru. Slouží tedy pro otáčení a posouvání označeného modelu. **4b** – Plane Cut – nástroj pro ořez – využijeme v případě, že je potřeba oříznout plochu do roviny.

5 – Sculpt – Pod tímto příkazem se nám rozbalí paletka nástrojů pro modelování.

6 – Analysis – příkaz s nástroji pro analyzování chyb, děr a možnosti následného vyplnění.

Když nyní víme základ, jak se orientovat v pracovním prostředí, můžeme přistoupit k prvním úpravám. Je dobré mít model správně usazený na síti, a to proto, aby se nám s ním lépe manipulovalo. Mnohdy se stává, že po importu je model otočený hlavou dolů, že pravá strana je na straně levé apod. Proto si pomocí výše zmíněného nástroje 4a model nastavíme do požadované polohy. Manipulace je jednoduchá, po zvolení nástroje se nám na modelu objeví šipky – pomocí šipek (zelená, modrá, červená) můžeme modelem pohybovat v ose směru, pomocí oblouků pak model nakláníme do stran (ručně či zadáním stupňů). Potvrdíme – Accept.

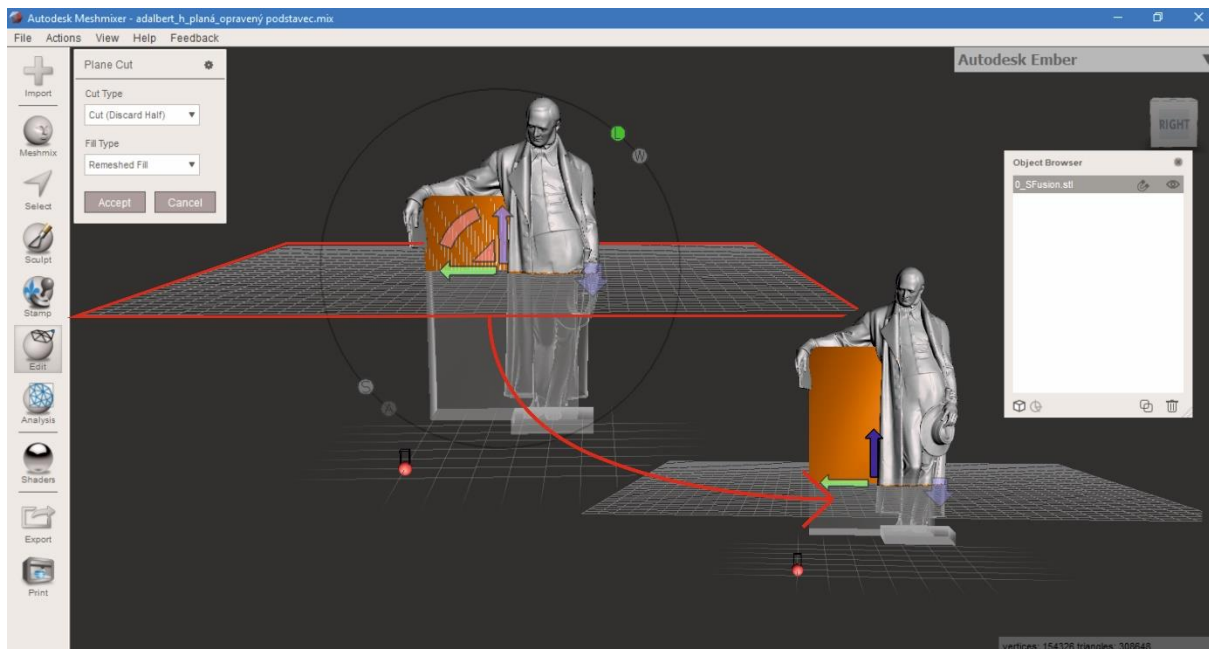
Obrázek 21: Edit - Nástroj Transform (4a)



Zdroj: vlastní

Dále si můžeme říci, že chceme zmenšit podstavec – tedy oříznout. Z nabídky tedy znovu zvolíme příkaz Edit (4) a následně Plane Cut (4b). Na modelu se nám objeví řezová rovina. Rovinu upravujeme opět pomocí šipek a oblouků dle potřeby. Část určená k oříznutí se nám zprůhlední. Tento nástroj model poříznutí rovnou uzavírá. Nevzniká nám tedy nikde díra. Příkaz potvrdíme tlačítkem Accept. Vše viz obr. 22.

Obrázek 22: Edit - Nástroj - Plane Cut (4b)



Zdroj: vlastní

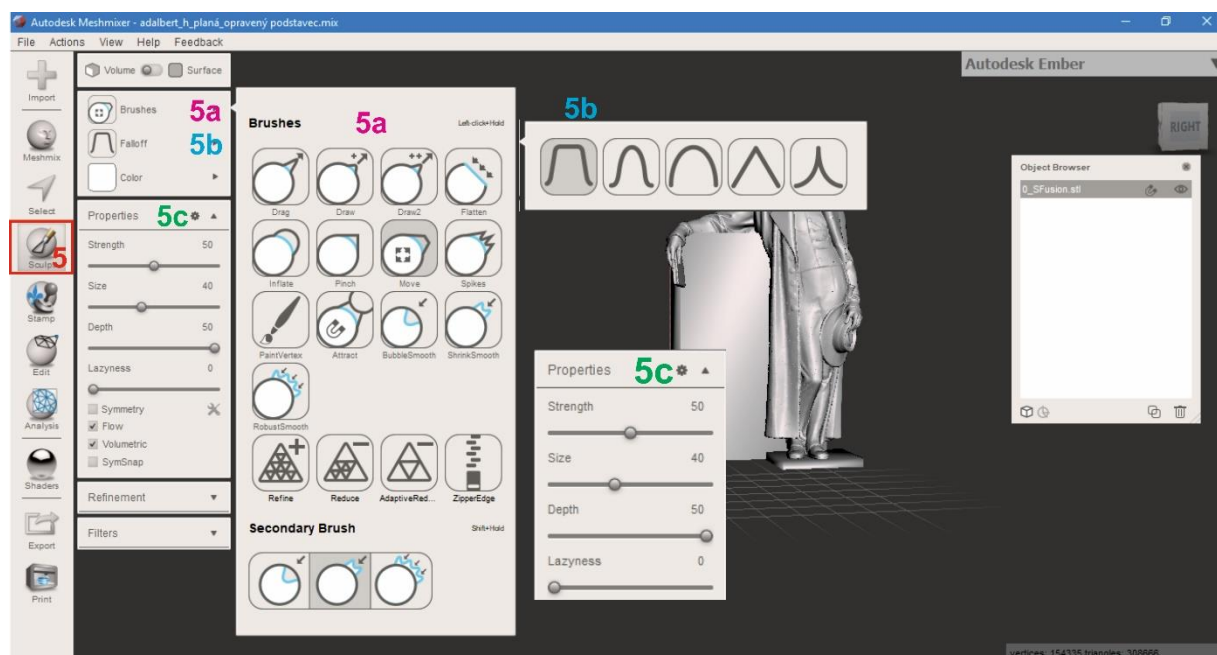
Realizováno v rámci projektu:

Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591

Pokračujeme dál příkazem Sculpt (5). K čemu slouží, jsme si již uvedli. Nyní si povíme, jaké nástroje pod ním lze najít. Opět pouze to co pro naši práci využíváme nejvíce. Na následujícím obrázku jsou rozbalené karty nástrojů, které se skrývají pod tímto sochařským příkazem. V nástrojích Brushes – 5a – celá škála „špachtlíček“ na odebírání či přidávání hmoty. Modrá část na ikonkách nástrojů znázorňuje původní stav. Podle umístění šedé linky tedy poznáme, zda nám bude nástroj hmotu tvarovat směrem dovnitř, nebo ven. V paletě nalezneme pár speciálních nástrojů: Move a Attract. Nástroj Move nám deformuje model posouváním hmoty. Lze ho využít pro základ modelování. Co to znamená? Pokud nám u modelu chybí např. část hlavy, nejprve si pomocí Move vytáhneme hrubý tvar. Až poté modelujeme požadovaný tvar až po detail. (Držíme se stejného postupu jako u modelování z hlíny) Pro modelování požadovaných tvarů použijeme klasické nástroje. Nejčastěji ShrinkSmooth, Inflate, BubbleSmooth. Dalším speciálním nástrojem je již zmiňovaný Attract. O tom si povíme něco málo později. Na paletě dále nalezneme záložku Falloff – 5b – zde si zvolíme tvar štětce, se kterým chceme pracovat. Volíme dle momentální potřeby. V záložce Properties 5c – je pro uživatele připraveno nastavení. V nastavení si volíme velikost štětce – plochy, pod kterou se bude model deformovat, rychlost reakce apod. (požadavek symetrie aktuálně nevyužíváme – je spíše nežádoucí, např. na lidské postavě není nic symetrického). Reakce jednotlivých nástrojů je lepší si vyzkoušet, avšak na následujícím obrázku je připravený přehled všech rozbalených karet.

Nástroje, které zde nyní nejsou popsány, pro naši práci nejsou tak důležité. Jedná se například o zjednodušování trojúhelníkové sítě na kartě Brushes. Secondary Brush nám říká, co jsme použili jako poslední 3 nástroje po sobě jdoucí.

Obrázek 23: Sculpt nástroje pro modelování

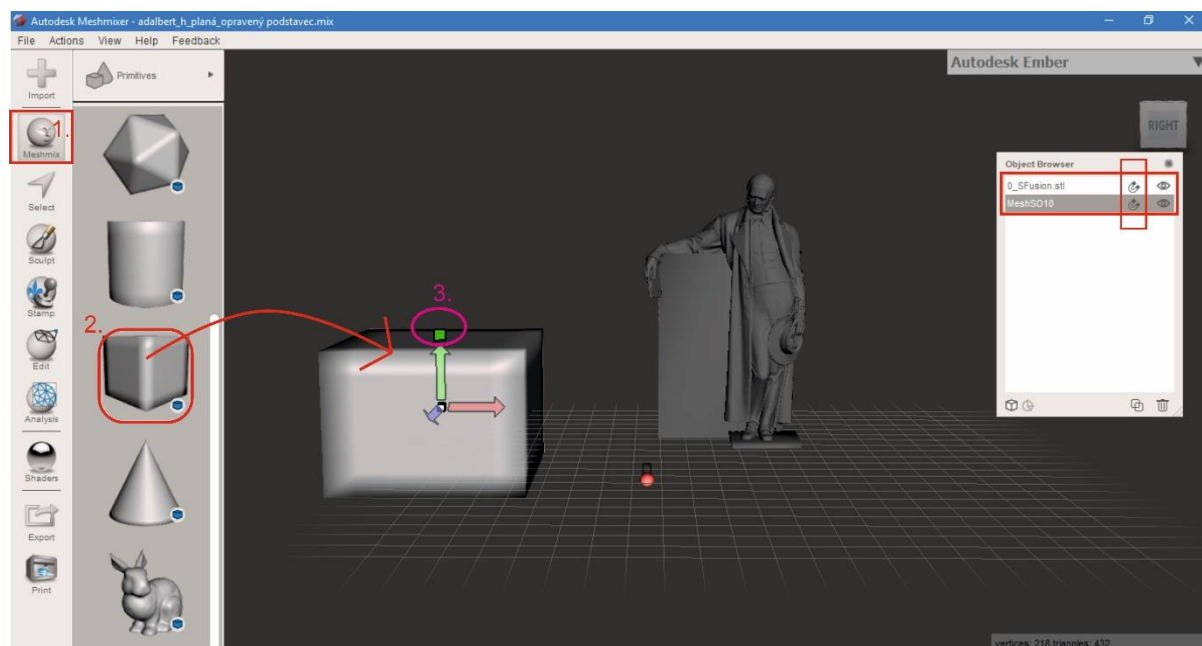


Zdroj: vlastní

Nyní se vrátíme v krátkosti k nástroji Attract. Pro použití tohoto nástroje potřebujeme do pracovního prostoru přidat ještě jeden objekt. Řekněme tedy, že chceme domodelovat spodní část podstavce. Přes odkaz Meshmix (kulatá hlava) si vložíme do prostředí nějaký kvádr. Objekt do prostoru vložíme jednoduše – uchopíme vybraný objekt levým tlačítkem myši a přetáhneme na pracovní plochu. Objekt upravíme pomocí táhel. K šipkám a obloukům, které již známe, se přidává ještě kostička. Pomocí té můžeme objekt upravit na požadovaný tvar a následně umístíme standartním způsobem (pomocí šipek) na správné místo. Současně si lze všimnout, že přidáním nového objektu nám přibyla další

kolonka v tabulce objektů. Objekt, který je označen v tabulce – je zároveň zvýrazněný světlou pracovní ploše. Proces je znázorněn na následujícím obrázku.

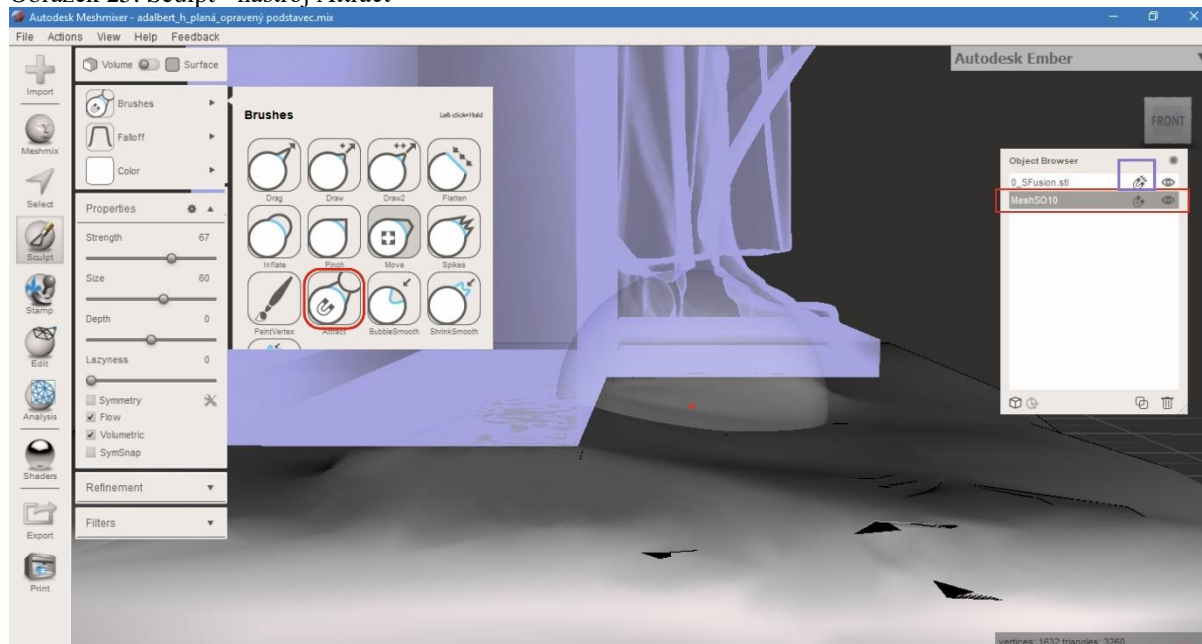
Obrázek 24: Meshmixer - nabídka objektů



Zdroj: vlastní

Přistoupíme k samotnému nástroji. Pro práci s nástrojem Attract je nutné se orientovat v tabulce objektů. Objekt, který k sobě přitahuje druhý, se rozliší pomocí ikon magnetu (vedle oka). V našem případě je to tedy socha, ke které „přitáhneme“ podstavec. V tabulce objektů u modelu sochy klikneme na ikonu magnetu. Socha nám zmodrá a částečně zprůhlední. Nyní označíme – klikneme v té samé tabulce na objekt podstavce – podstavec se označí. Následně přes příkaz Edit vybereme nástroj (štetec) Attract, a přejedeme po podstavci v místě, kde chceme, aby se potkal se sochou. Je nutné mít na paměti, že to, co není v tuto chvíli modré – může být lehce zdeformované.

Obrázek 25: Sculpt - nástroj Attract



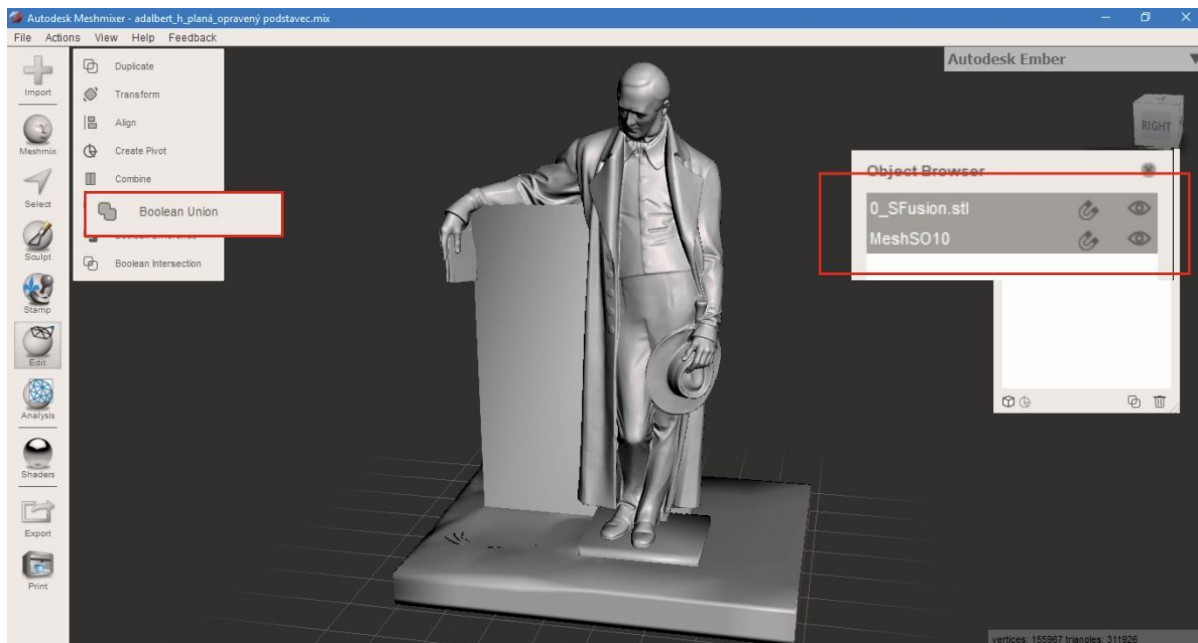
Zdroj: vlastní

Realizováno v rámci projektu:

Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591

Po spojení opět klikneme na ikonu magnetu a objekt zšedne. Pokud označíme oba dva objekty najednou, otevře se nám nabídka, se kterou jsme se setkali na začátku – Edit. Je jen ořezaná o pár možností. Pokud nebudeme dělat další úpravy (posuny, rotaci) na podstavci, můžeme objekty spojit pomocí příkazu Boolean Union. Viz následující obrázek.

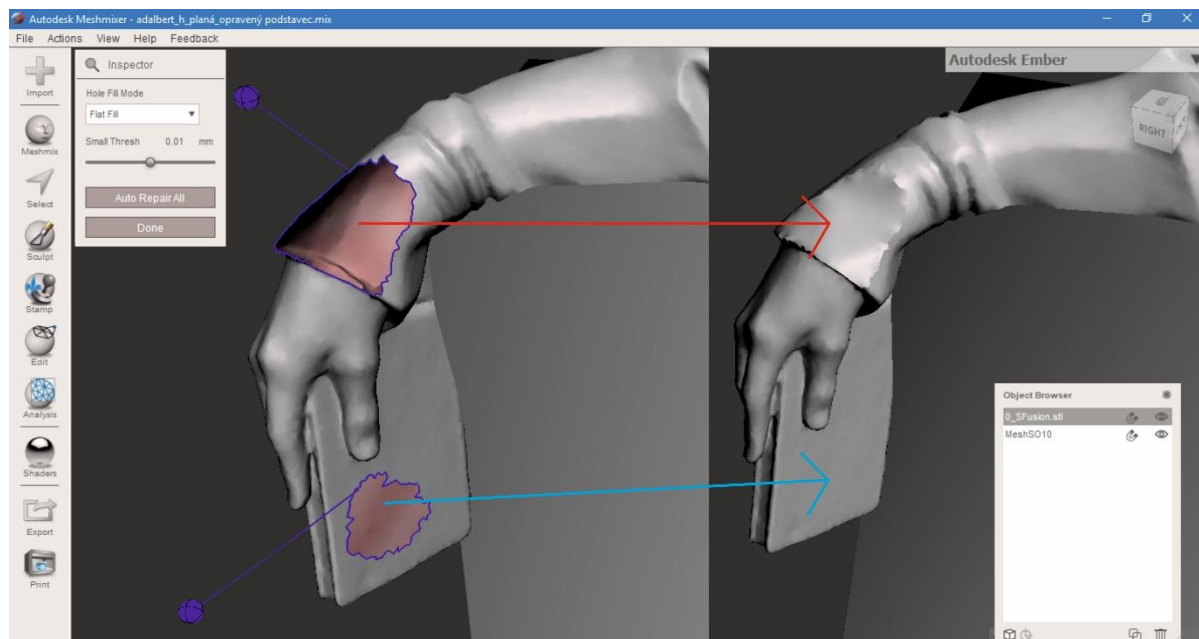
Obrázek 26: Boolean Union – spojit



Zdroj: vlastní

Nyní lze přikročit k poslední fázi. Analysis (6) pod sebou skrývá již zmiňované nástroje pro analyzování chyb a děr. V tuto chvíli nás zajímá nástroj Inspector. Pokud se nachází díra na rovném povrchu, nebude potřeba žádné domodelování. Pokud se díra nachází na nějaké z choulostivých částí jako hlava, uši apod, bude nutné vrátit se po vyplnění znovu k modelaci. Nyní si ukážeme, jak to vypadá, a proč je nutné v některých případech znovu modelovat.

Obrázek 27: Analysis - nástroj Inspector



Zdroj: vlastní

Zatímco u modré šipky nedošlo k žádným nerovnostem ani k deformacím, u červené je tomu přesně naopak. V takovém případě je nutné kulatý tvar domodelovat pomocí výše zmiňovaných nástrojů na paletě Brushes.

Modré kuličky značí díry. Kliknutím na kuličku se daná díra vyplní. Může se nám objevit také růžová kulička – ta značí drobné až velmi malé oddělené části, které se automatickou opravou odstraní. Dále se také můžeme setkat s červenou kuličkou – ta nám říká, že se v modelu nachází chyba v geometrii v reálném čase. Tato chyba je pro nás nežádoucí v momentě, kdy chceme daný model vytisknout. Jednotlivé chyby lze odstraňovat postupně proklikáváním, pokud nám barva zčerná, znamená to, že došlo k chybě. V takovém případě zvolíme možnost Auto Repair All.

Pokud máme model hotový ve finální podobě, stačí už jen uložit do formátu *.stl a předat dál do tisku.

Standartní formát Meshmixeru je *.mix, pro jiné použití patrně nevyužitelný. Proto nám nabízí další možnosti v exportování. Objekt můžeme exportovat jako *.obj, *.amf, *.ply a také již zmiňované a pro nás nejpoužívanější *.stl.

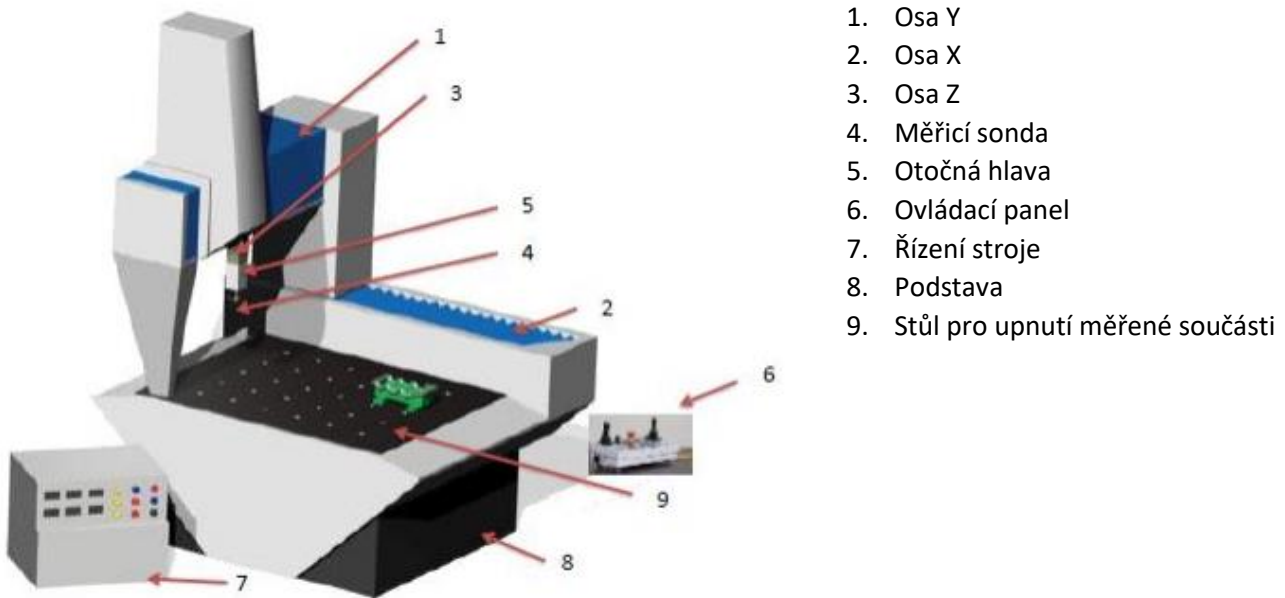
4.1 Kontrolní otázky

1. Co je potřeba udělat, pokud se importovaný model nachází v nesprávné poloze?
2. Jakými dvěma způsoby můžeme otáčet modelem?
3. K čemu slouží funkce „Attract“?
4. Pomocí které funkce spojíme dva modely k sobě?
5. Co značí modrá kulička během úprav modelu?

5 Základní seznámení s 3D měřicím přístrojem THOME Präzision RAPID-Plus CNC a softwarem POLYWORKS

5.1 Úvod

Souřadnicový měřicí stroj je měřicí systém, jehož součástí jsou nástroje pro pohyb snímacího systému se schopností zjistit prostorové souřadnice povrchu obrobku. Typické uspořádání souřadnicového měřicího stroje je zobrazeno na obrázku. Mezi nejdůležitější části CMM zahrnujeme pohyblivou konstrukci stroje, odměřovací systém, měřicí hlavu a měřicí software.



1. Osa Y
2. Osa X
3. Osa Z
4. Měřicí sonda
5. Otočná hlava
6. Ovládací panel
7. Řízení stroje
8. Podstava
9. Stůl pro upnutí měřené součásti

5.1.1 Konstrukce CMM

Každá konstrukce CMM se skládá ze základny stroje, stolu pro umístění součásti, pohybujících se pilířů, vodících ploch a pinoly. Souřadnicový měřicí stroj by měl splňovat následující požadavky:

- rozměrová stabilita
- nízká hmotnost
- vysoká schopnost tlumení vibrací
- nízký koeficient teplotní roztažnosti
- vysoká tepelná vodivost

Mezi nejvíce používané materiály pro konstrukci CMM patří ocel, granit (žula), slitiny hliníku, keramika a kompozitní materiály. Granit je základním materiálem pro výrobu desky pracovního stolu, neboť je vysoce odolný proti opotřebení a poškrábání. Mezi jeho další výhody patří nízký koeficient teplotní roztažnosti a dobré tlumení vibrací. Naopak nevýhodou je jeho vysoká hmotnost. Dalším konstrukčním materiálem je ocel. Tento materiál se vyznačuje tím, že to je nejdostupnější konstrukční materiál. Bohužel jeho nevýhodou je velká hmotnost a teplotní roztažnost. Slitiny hliníku se využívají pro jejich nízkou hmotnost a vysokou odolností proti korozi. Proto je to vhodný materiál pro konstrukce. Keramika je materiál vyznačující se nízkou hmotností, vysokou pevností a teplotní stabilitou. Výraznou

nevýhodou je cena tohoto materiálu. Kompozitní materiály jsou hitem posledních let. Jsou vysoce pevné, teplotně stabilní a jejich hlavní předností je jejich výrazně nízká hmotnost. Bohužel cena kompozitních materiálů je v porovnání s ostatními dostupnými konstrukčními materiály velice vysoká. Příkladem kompozitního materiálu jsou uhlíkové kompozitní materiály.

5.1.2 Snímací dotek

Je to součást měřicího systému, který zprostředkovává kontakt mezi součástí a sondou, naváže tedy mechanickou interakci s obrobkem, a způsobí sepnutí mechanismu sondy. Signál, který je přitom generován, umožňuje zaznamenání souřadnic sejmutého bodu. Typ a rozměr doteku závisí na snímaném prvku. Pro měření obecných tvarových ploch s využitím CMM doteku je potřeba zajistit co nejnižší odchylku tvaru doteku, jeho vysokou tuhost a vysokou odolnost proti opotřebení. Proto je nejčastěji použitým materiálem pro výrobu doteků syntetický rubín. Rubínové doteky mají výjimečně hladký povrch, vynikající pevnost v tlaku a vysokou odolnost proti mechanickému opotřebení. Dalším materiálem pro snímací dotek je nitrid křemíku, který se používá při měření hliníkových dílů skenováním. Mezi rubínem a hliníkem dochází k adheznímu otěru a hliník se následně usazuje na rubínovém doteku. Proto je lepší použít dotek z nitridu křemíku, kde adhezní otěr nevzniká, a tudíž nedochází k usazování hliníku na snímacím doteku. Materiálem používaným pro snímací dotek je také oxid zirkoničitý. Ten je vhodný při měření dílů z litiny skenováním. Vzniká zde abrazivní otěr, který způsobuje výrazné opotřebení snímacího doteku z rubínu.

Typy snímacích doteků:

- přímé doteky
- hvězdicové doteky
- diskové doteky
- válcové doteky
- špička a dutá polokoule

5.1.3 Princip souřadnicového měření

Hlavní funkce CMM je změření tvaru aktuálního dílce a porovnání s nominálním CAD modelem. Následně vyhodnotit naměřené výsledky (tvar, pozice otvorů, kruhovitost, ostřih). Body se nasnímají snímacím systémem na aktuální měřený dílec a naměřené hodnoty se převedou do softwaru PolyWorks. Zde si vytvoříme report.

Důležité při měření je upnutí měřeného dílce. Dílec musíme upnout tak, abychom se dostali ke všem plochám a bodům určeným k měření. Dílec musí být na stole upnut pevně, aby se nepohnul (Možnost použití stavebnicového upínacího systému)



5.1.4 Kalibrace měřicího systému

Kvalifikace snímacího systému spočívá v zaměření polohy kalibrační koule referenčním snímačem a následnou kalibrací snímačů zvolených pro dané snímání. Kalibrovat znamená, že snímač snímá kalibrační kouli a z výsledků jsou zjištěny hodnoty korekce snímače. Zaměření kalibrační koule referenčním snímačem Kalibrační koule CMM se rozumí koule se známým průměrem, která je dřívkem spojená s měřícím stolem. Pro určení její polohy je potřeba využít referenční snímač. Tyto snímače jsou obvykle značeny červenou tečkou. U spínacích hlav jsou tyto snímače vertikální, jejichž délka a průměr rubínové kuličky jsou známy. Průměr kuličky bývá 8 mm. Kalibrační koule je nutné snímat referenčním snímačem vždy, když došlo ke změně její polohy, k tepelné změně od posledního určení polohy nebo když stroj najížděl do referenčního bodu.



5.2 ČSN EN ISO 1101 : Geometrické specifikace výrobků (GPS) -Geometrické tolerování -Tolerance tvaru, orientace, umístění a házení

Norma obsahuje definice tolerancí tvaru, orientace, umístění a házení a pravidla pro předepisování těchto tolerancí ve výrobní dokumentaci.

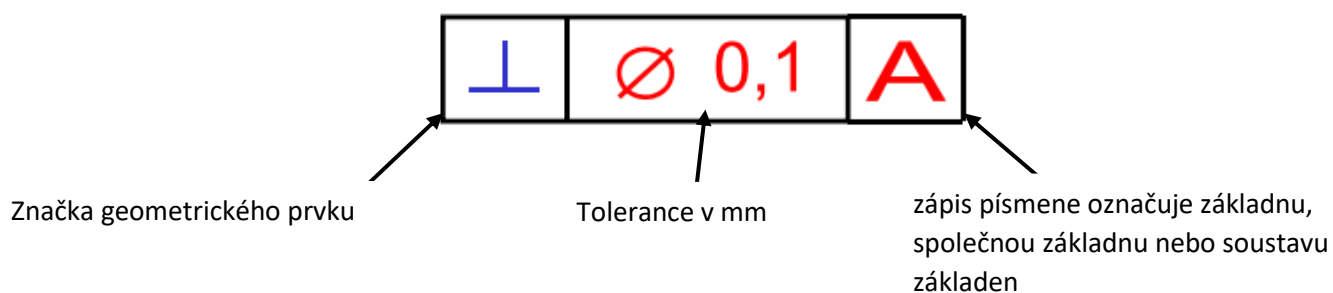
Při výrobě jednotlivých prvků je nutné dodržet nejen určité přesnosti rozměrů, ale i přesnosti geometrické – polohy, tvaru apod.

Z hlediska dodržení funkce některých prvků je nutné předepsat přímo na výkresu číselně velikost tolerancí.

Druh tolerance se vyznačí grafickou značkou.

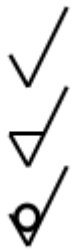
Tolerance	Charakteristika	Značka	Základna	Tolerance	Charakteristika	Značka	Základna
tvaru	přímost	—	ne	umístění	poloha		ano či ne
	rovinnost		ne		soustřednost		ano
	kruhovitost		ne		souosost		ano
	válcovitost		ne		souměrnost		ano
	profil libovolné čáry		ne		profil libovolné čáry		ano
	profil libovolné plochy		ne		profil libovolné plochy		ano
orientace	rovnoběžnost	//	ano	házení	obvodové házení		ano
	kolmost		ano		celkové házení		ano
	sklon		ano		čelní házení ¹⁾		ano
	profil libovolné čáry		ano		1) není v normě uvedeno		
	profil libovolné plochy		ano				

Tolerance geometrických prvků



5.2.1 Označování struktury povrchu

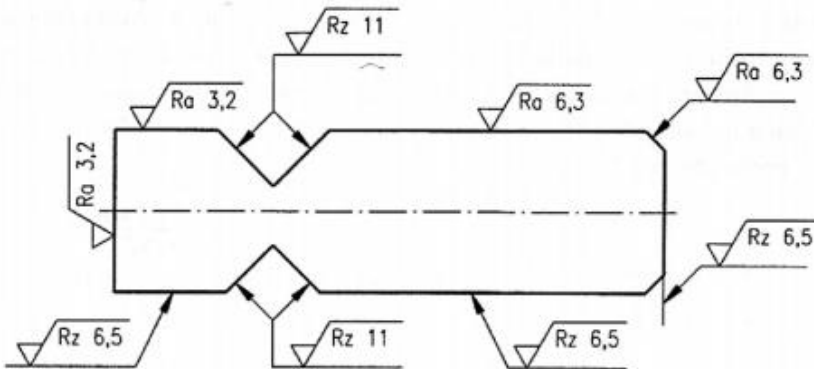
Grafická značka



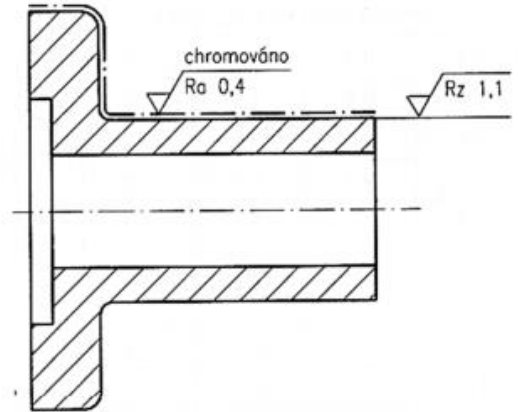
Není definováno, jak je povrchu dosaženo

Dosažení povrchu obráběním (odebráním povrchu)

Ubírání materiálu není povoleno



• Poloha značek



Drsnosti povrchu

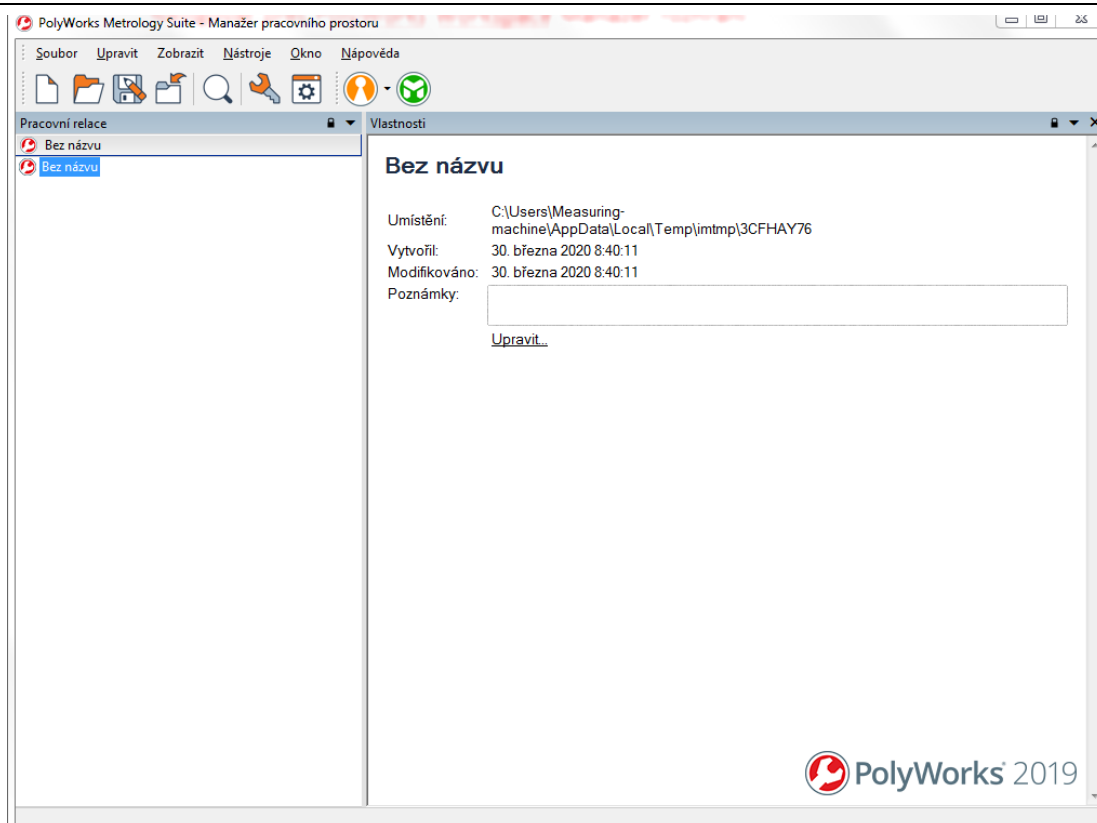
Parametr	Praktická řada hodnot											
Ra	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025

Střední aritmetická úchylka povrchu Ra [μm]							Typická metoda výroby povrchu
0,012	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	Dokončovací metody (broušení, lapování, apod.)
1,6	3,2	6,3	12,5				Běžné obrábění (soustružení, frézování, apod.)
25	50	100	200	400			Povrch polotovarů (výkovky, odlitky, apod.)

5.3 Správce souborů a navigace přes PolyWorks rozhraní

Navigovat přes PolyWorks Workspace Manažer rozhraní

Pracovní prostor Manager je hlavním rozhraním PolyWorks. To umožňuje přímý přístup ke všem PolyWorks modulům, spravuje soubory a projekty, a další.



Vyhledání nástroje

Z nabídky Start systému Windows: **PolyWorks MS 2019**



Přehled

5.3.1 Workspace manager

Workspace Manager řídí proces PolyWorks od začátku do konce. To zahrnuje následující úkoly:

- Přidávání software licenčních klíčů.
Správa všech příchozích datových souborů a výsledků vytvořených moduly PolyWorks Metrology Suite. Postupem práce se soubory a projekty ukládají do rozhraní nazvaného „pracovní prostor“.
- Nabízí jednoduchou navigaci mezi moduly.

Realizováno v rámci projektu:

Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591

5.3.2 Správce licencí PolyWorks

Licenční klíče jsou povinné používat v PolyWorks Suite Licence jsou spravovány prostřednictvím manažera licencí PolyWorks metrologie Suite.



Nástroje → Správce licencí PolyWorks

5.3.3 Nastavit možnosti projektu

Určité výchozí hodnoty a parametry použité v sadě PolyWorks Metrology Suite lze nastavit v položkách Možnosti pracovního prostoru.

Zvolit nástroje → nastavení



Na kartě **Obecné**:

- **Výchozí jednotky:** nastavit jednotky délky, které budou používány ve výchozím nastavení pro jednotlivé moduly.

Výchozí délkové jednotky:

Na stránce **Zobrazit**:

- **Jazyk:** Nastavte jazyk zobrazený v uživatelském rozhraní Sekce **fonty, Znaková sada:** Určete sadu znaků, které lze zadat do textových polí. Toto nastavení je zvláště užitečné, pokud používáte například asijské znaky.

Jazyk:

Na stránce **Doplňky**:

- Vyberte jeden nebo více doplňků v seznamu. Pouze vybrané! pluginy budou načteny, když bude spuštěn.

Soubor znaků:

5.3.4 Vytvořit a uložit Pracovní plochu

Workspace Manager používá formát pracovního prostoru, který je navržen tak, aby zpracoval všechny výsledky projektu zpracování cloudových bodů.

- Vyberte soubor **→ uložit jako a vytvořit nový pracovní prostor.**
- Když je pracovní prostor uložen, vytvoří jeden soubor XML pomocí .pwk soubor a jedna složka se soubory Sufftix. Soubor i Složka obsahuje název pracovního prostoru. Soubor .pwk je pouze index - složka obsahuje všechna data.



Název

5.3.5 Uložení komprimované kopie pracovního prostoru

Pokud je třeba pracovní prostor sdílet nebo exportovat, je možné vytvořit komprimovanou kopii tohoto pracovního prostoru přímo ve Workspace Manager.

- **Vybrat složku exportovat → komprimovat do Workspace**

 Inspection_Results.pwzip

kopie pracovního prostoru je komprimována.pwzip.

.pwork soubor může být otevřen jako:

- Pracovní prostor Manažer
- PolyWorks Reviewer

Je také možné vytvořit komprimovanou kopii jednoho nebo více projektů PolyWorks | Inspector z Workspace Manager.

5.3.6 Navigace v rozhraní PolyWorks | Inspektor

PolyWorks | Inspektor je softwarový nástroj, který umožňuje provádět datové vyrovnání na referenční objekty, měření odchylek mračen bodů dat a polygonálních modelů na referenční plochy, měření rozměrů, specifické rysy, a generování srovnání a ověřovacího reportu. Data lze získávat v reálném čase pomocí sondy a skenování části.

**Vyhledání nástroje**

Z **Workspace Manager**:

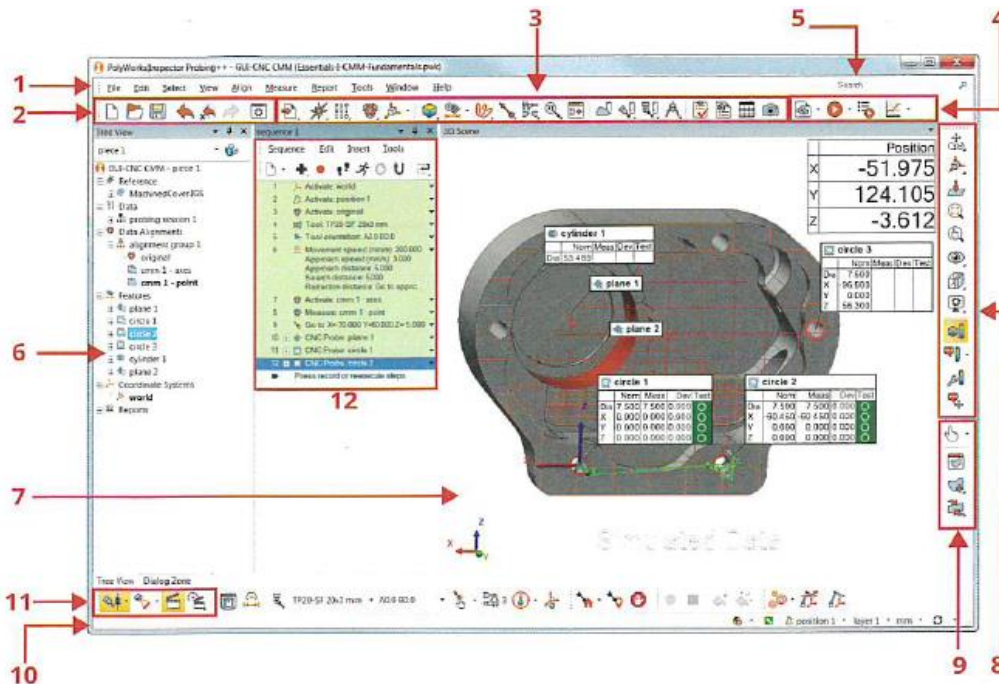
**Přehled****5.3.6.1 Vytvořit a uložit inspekční projekt**

- **Zvolte Soubor > Uložit projekt**

Projekt je uložen v aktivním pracovním prostoru

**5.4 Grafické uživatelské rozhraní**

Uživatelské rozhraní nabízí panel nabídek, panely nástrojů, stavový řádek a několik hlavních panelů.



Realizováno v rámci projektu:

Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591

5.4.1 Pohyb objektů ve 3D zobrazení

Pozice objektů může být upravována ve 3D, pomocí myši. Rotace, přetáčení a operace zoomu jsou vždy vázány na konkrétní tlačítko myši.

Otáčení



Otáčení kolem osy X a osy Y zobrazení os, klikněte a držte levé tlačítko myši uvnitř 3D zobrazení. Chcete-li omezit otáčení na svislou nebo vodorovnou osu pozorování, stiskněte klávesu Shift před kliknutím.

Posun



Posun podél osy X a osy Y, klepněte na tlačítko a držte prostřední tlačítko myši. Posun podél osy X nebo v ose Y se provádí pohybem myši ve směrech X a Y, v tomto pořadí, uvnitř 3D zobrazení

Přiblížení



Posun podél osy Z se rovná operaci přiblížení. Kliknutím a podržením pravého tlačítka myši, pak pohybem myši dopředu a dozadu. Když se myš bude pohybovat vpřed, zobrazení se přesune blíže k uživateli. Když se myš bude pohybovat dozadu, zobrazení se pohybuje dále od uživatele.

Zoom box



Přiblížení na část objektu vymezením obdélníkové oblasti:

- Stiskněte a podržte SHIFT.
- Prostředním tlačítkem vytvořte první obdélník na roh.
- Přetáhněte ukazatel do protějšího rohu obdélníku.
- Uvolněte prostřední tlačítko myši.

1	Hlavní menu	Přístup ke všem funkcím inspektora PolyWorks
2	Standartní menu	Rychlý přístup k běžným operacím, jako je Otevřít, uložit a vrátit
3	Hlavní panel nástrojů	Rychlý přístup k nejběžnějším nástrojům pro kontrolu
4	Panel nástrojů pro vícečetné kontroly	Rychlý přístup k různým víceúčelovým nástrojům
5	Vyhledávací okno	Slouží k zadání dotazu a prohledávání položek nabídky stromových objektů
6	Stromové zobrazení	Podokno, kde jsou uloženy všechny objekty projektu
7	3D zobrazení	3D okno, kde se zobrazují objekty
8	Panel nástrojů 3D zobrazení	Slouží k navigaci ve 3D zobrazení, ke změně pohledu a k ovládání viditelnosti a zobrazování objektů.
9	Panel nástrojů pro výběr	Slouží k výběru objektů nebo prvků v projektu
10	Stavový řádek	Poskytuje informace a umožňuje měnit jednotky, vrstvy a stav automatické aktualizace
11	Panel nástrojů zařízení	Slouží k připojení k zařízení a pro sběr dat
12	Editor sekvencí	Umožňuje sestavení a provedení sledu kroků, které tvoří inspekci

Otáčení kolem osy prohlížení



Otáčení kolem osy prohlížení stisknutím klávesy Shift, klepnutím a podržením pravého tlačítka myši, pak pohybem myši na pravé nebo levé straně

Tlačítko nabídka chování tlačítka myši



Všimněte si, že různé operace je možné přiřadit k různým tlačítkům myši zvolením příslušného tlačítka v menu „**Nabídka chování tlačítka myši**“, k dispozici na panelu nástrojů 3D zobrazení.



5.5 Vytvoření a Upravení konfigurace stroje

5.5.1 Konfigurace CNC CMM

Jedním z prvních kroků při práci s CNC CMM plug in spočívá ve specifikaci jedné nebo více konfigurací stroje, což znamená definování komponentů stroje (model CMM, ovládání, hlava sondy), výchozí a maximální rychlosti, výchozí poloha pro tastr a pracovní rozah, v němž se taster pohybuje. Můžete použít další vlastnosti, jako jsou referenční koule, nástroje, zásobník nástrojů a porty měničů nástrojů.



Vyhledávání nástroje

Na panelu nástrojů sondy

Vlastnosti zařízení

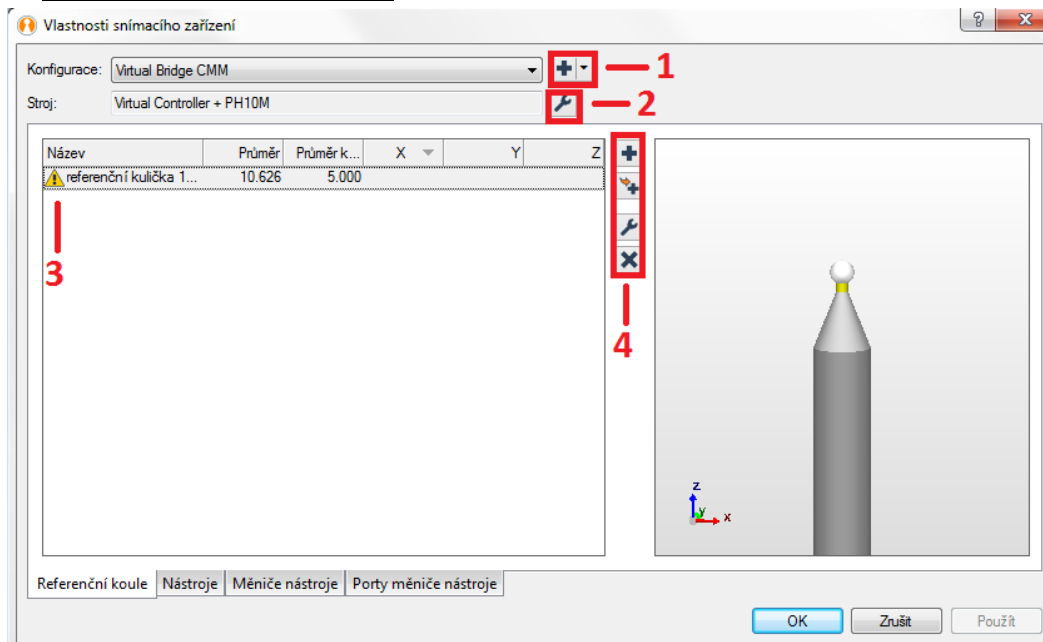


Přehled

5.5.1.1 Kroky ke konfiguraci CNC CMM

- Vytvořit konfiguraci stroje
- Upravte konfiguraci stroje
- Vytvořit referenční kouli
- Vytvářejte nástroje
- Vytvořit zásobník nástrojů
- Vytvoření orientace nástroje
- Kalibrace orientace nástroje
- Lokalizovat zásobník nástrojů

5.5.1.2 Grafické uživatelské rozhraní



Vytvořit	Umožňuje vytvoření nové konfigurace zařízení
Upravit	Umožňuje editaci konfigurace stroje
Stůl	Zobrazení různých objektů definovaných v konfiguraci, spolu se svými vlastnostmi. Seznam objektů je založen na aktivní kartě
Vertikální lišta	Umožňuje provádět následující operace: Vytvořit, duplikovat, editovat a vymazat. Tyto operace jsou spojeny s objekty aktivní kartě
3D zobrazení	Okno vykreslování 3D, ve kterém jsou zobrazeny vybrané objekty v tabulce

5.5.1.3 Vytvoření referenční koule

Referenční koule je koule známého průměru ke kalibraci stroje
Je možné definovat jeden nebo více referenčních koulí (např. jeden pro měření sondou, jeden pro skenování).



Na kartě referenční koule klepněte na tlačítko **Vytvořit**



5.5.1.4 Vytvořit nástroje

Nástroj je sada částí, které CMM používá pro měření.
Konečná část je sonda nebo laserový skener



Na kartě Nástroje klepněte na tlačítko **Vytvořit**.

Vytvořte nástroj přidáním různých částí ze seznamu. Přidejte tolik dílů, kolik je třeba. Náhled nástroje by měl představovat fyzický nástroj namontovaný na stroji.



5.5.1.5 **Vytvořit zásobník nástrojů**

Zásobníkem nástrojů je stojan používán k častým změnám nástrojů používaných CMM



Na kartě zásobníku nástrojů klepněte na tlačítko **Vytvořit**

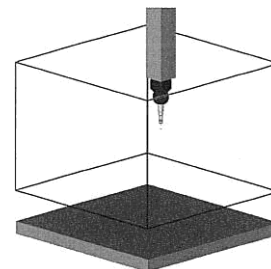


5.5.1.6 **Vytvořit porty zásobníků nástrojů**

Porty zásobníku nástrojů je slot používaný k držení části nástroje. Je možné určit, které části nástrojů jsou uloženy v kterých portech a které nástroje používají které porty. Lze je určit pomocí tabulky.

5.5.1.7 **Připojit na CNC CMM**

Připojení k CNC CMM znamená navázání komunikace s tímto zařízením.



Vyhledání nástroje

Na panelu nástrojů zařízení

Připojení k zařízení / odpojení zařízení



Přehled

5.5.1.8 **Specifikovat A konfigurace stroje**

Jeden z prvních kroků při práci s plug-in CNC CMM spočívá v zadání jedné nebo více konfigurací stroje. Na panelu nástrojů sondy klepněte na tlačítko **Vlastnosti zařízení**

V seznamu **Konfigurace** vyberte konfiguraci CMM a potom klepněte na tlačítko **OK**



5.5.1.9 **Připojit na zařízení**

Jakmile je konfigurace dokončena, připojit k zařízení.

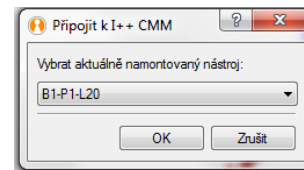
Kliknutím na tlačítko **Připojit k zařízení** se připojit k přístroji.



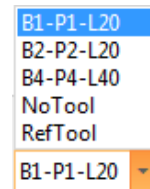
5.5.1.10 **Vybrat z nástrojů**

Při připojování k zásuvnému modulu CNC CMM musí být určen nástroj aktuálně namontovaný na stroji. Aktuální nástroj lze poté změnit pomocí panelu nástrojů **Snímací zařízení**.

Vyberte nástroj, který je právě namontovaný na stroji.



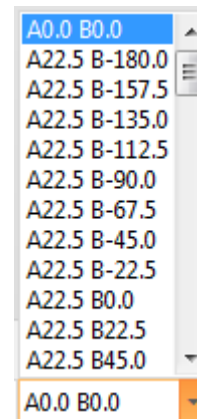
Nástroj je vždy možné změnit pomocí seznamu na Nástroji snímacího zařízení.



5.5.1.11 **Vyberte orientaci nástroje**

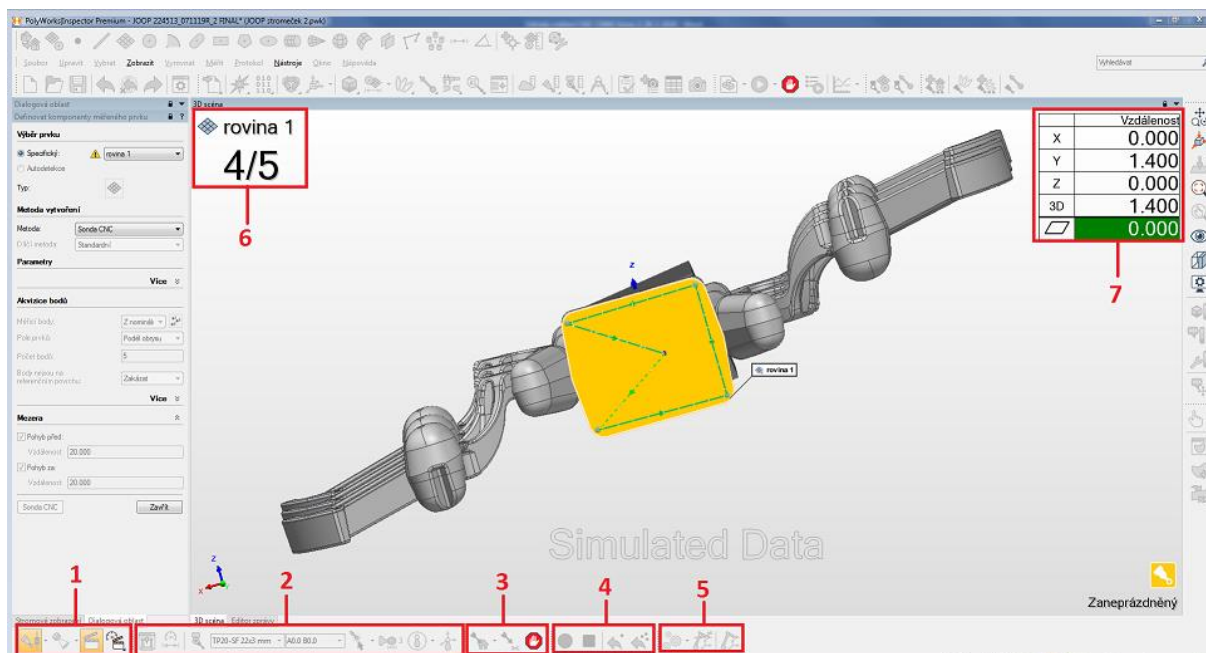
U každého nástroje musí být zadána orientace pomocí úhlu A a B. Úhel A odpovídá svislému pohybu nástroje, zatímco úhel B odpovídá vodorovnému pohybu nástroje.

- Na panelu nástrojů sondy vyberte ze seznamu orientaci nástroje.



5.5.1.12 Grafické uživatelské rozhraní pro snímání

Při měření tastem nabízí uživatelské rozhraní různé panely nástrojů pro snímání, informace o stavu sond a digitální čtení.



1. Panel nástrojů zařízení	Nabízí položky pro připojení k zařízení
2. Panel nástrojů sondy	Nabízí rychlý přístup k nastavení vlastností snímacího zařízení
3. Panel nástrojů pro ovládání snímacího zařízení	Slouží k ovládání snímacího zařízení (například k návratu do výchozí polohy, k určité poloze nebo k přerušování jakéhokoli pohybu zařízení)
4. Panel nástrojů kontroly sondy	Slouží k ovládání prováděné relace sondy
5. Panel nástrojů pro umístění zařízení	Nabízí rychlý přístup k činnostem souvisejícím s polohou zařízení, jako je definování cílů, přesunutí zařízení a správa pozic a cílů zařízení
6. Stav sondy	Zobrazuje průběh v zachycování bodů
7. Souřadnice sondy	Zobrazuje informace o poloze sondy v reálném čase a informace týkající se snímaného objektu

5.5.1.13 Vyhledání referenční koule a zásobníku nástrojů

Jakmile jsou vytvořeny referenční koule, musí se jejich pozice upřesnit na měřicím stole s ohledem na souřadný systém stroje před tím, než mohou být použity ke kalibraci nástrojů.



Realizováno v rámci projektu:

Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591

 Vyhledání nástroje

Na panelu nástroje sondy

Najít referenční kouli nebo najít zásobník nástrojů


 Přehled

5.5.1.14 Referenční koule

První referenční koule je automaticky umístěna, jakmile je kalibrována první orientace nástroje nebo jakmile je kalibrována hlava sondy; jakékoli další referenční koule musí být umístěny vzhledem k první referenční kouli.

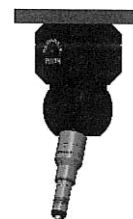
Když se změní umístění referenční koule – například referenční koule se odstraní a znovu nainstaluje, přesune nebo změní, referenční koule se musí znovu umístit. Tato operace se používá k vyrovnání všech kalibrací provedených v referenční sféře. Tím se zabrání opětovné kalibraci všech orientací nástroje kalibrovaných pomocí referenční koule.

5.5.1.15 Zásobník nástrojů

Zásobník, nástrojů je umístěn snímáním pomocí kalibrované orientace nástroje. Musí být znovu umístěny, kdykoli se změní jejich umístění.

5.5.1.16 Vytvoření kalibrace a orientace nástroje

Inspekční projekt používající CNC CMM zařízení vyžaduje alespoň jeden nástroj a pravděpodobně více orientací nástroje pro dokončení měření součásti. Orientace nástrojů jsou spravovány v panelu Nástroje a orientace nástrojů, který poskytuje přístup k existujícím nástrojům, souvisejícím orientacím nástrojů a kalibračním informacím, pokud jsou k dispozici.



 Vyhledání nástroje

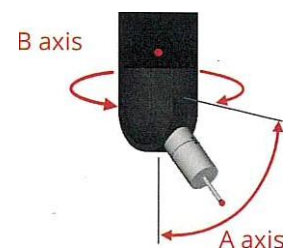
Na panelu nástroje sondy:

Nástroje a orientace nástrojů


 Přehled

Úhel A a B

Pro každý nástroj musí být orientace zadána pomocí úhlu A a B. Úhel A odpovídá svislému pohybu nástroje, zatímco úhel B odpovídá vodorovnému pohybu nástroje.



 Realizováno v rámci projektu:

Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591

5.5.1.17 Nástroje a orientace nástroje v tabulce

Nástroje a orientace nástrojů nabízí kartu **Seznam** a **Tabulka**, jakož i svislý panel nástrojů používaný k provádění různých operací.

Název	A	B	Typ kalibrace	Datum a čas kalibrace	Průměr hrotu	Odch. RMS
A67.5 B-22.5	67.5	-22.5	Dotekový spouštěč	1.4.2019 15:12:23	3.000	0.000
A67.5 B0.0	67.5	0.0	Dotekový spouštěč	1.4.2019 15:12:23	3.000	0.000
A67.5 B22.5	67.5	22.5	Dotekový spouštěč	1.4.2019 15:12:23	3.000	0.000
A67.5 B45.0	67.5	45.0	Dotekový spouštěč	1.4.2019 15:12:24	3.000	0.000
A67.5 B67.5	67.5	67.5	Dotekový spouštěč	1.4.2019 15:12:24	3.000	0.000
A67.5 B90.0	67.5	90.0	Dotekový spouštěč	1.4.2019 15:12:24	3.000	0.000
A67.5 B112.5	67.5	112.5	Dotekový spouštěč	1.4.2019 15:12:24	3.000	0.000
A67.5 B135.0	67.5	135.0	Dotekový spouštěč	1.4.2019 15:12:24	3.000	0.000
A67.5 B157.5	67.5	157.5	Dotekový spouštěč	1.4.2019 15:12:24	3.000	0.000
A67.5 B180.0	67.5	180.0	Dotekový spouštěč	1.4.2019 15:12:24	3.000	0.000
A90.0 B-180.0	90.0	-180.0	Dotekový spouštěč	1.4.2019 15:12:24	3.000	0.000
A90.0 B-157.5	90.0	-157.5	Dotekový spouštěč	1.4.2019 15:12:24	3.000	0.000
A90.0 B-135.0	90.0	-135.0	Dotekový spouštěč	1.4.2019 15:12:24	3.000	0.000
A90.0 B-112.5	90.0	-112.5	Dotekový spouštěč	1.4.2019 15:12:24	3.000	0.000
A90.0 B-90.0	90.0	-90.0	Dotekový spouštěč	1.4.2019 15:12:24	3.000	0.000
A90.0 B-67.5	90.0	-67.5	Dotekový spouštěč	1.4.2019 15:12:24	3.000	0.000
A90.0 B-45.0	90.0	-45.0	Dotekový spouštěč	1.4.2019 15:12:24	3.000	0.000
A90.0 B-22.5	90.0	-22.5	Dotekový spouštěč	1.4.2019 15:12:24	3.000	0.000
A90.0 B0.0	90.0	0.0	Dotekový spouštěč	1.4.2019 15:12:24	3.000	0.000
A90.0 B22.5	90.0	22.5	Dotekový spouštěč	1.4.2019 15:12:24	3.000	0.000
A90.0 B45.0	90.0	45.0	Dotekový spouštěč	1.4.2019 15:12:24	3.000	0.000
A90.0 B67.5	90.0	67.5	Dotekový spouštěč	1.4.2019 15:12:24	3.000	0.000

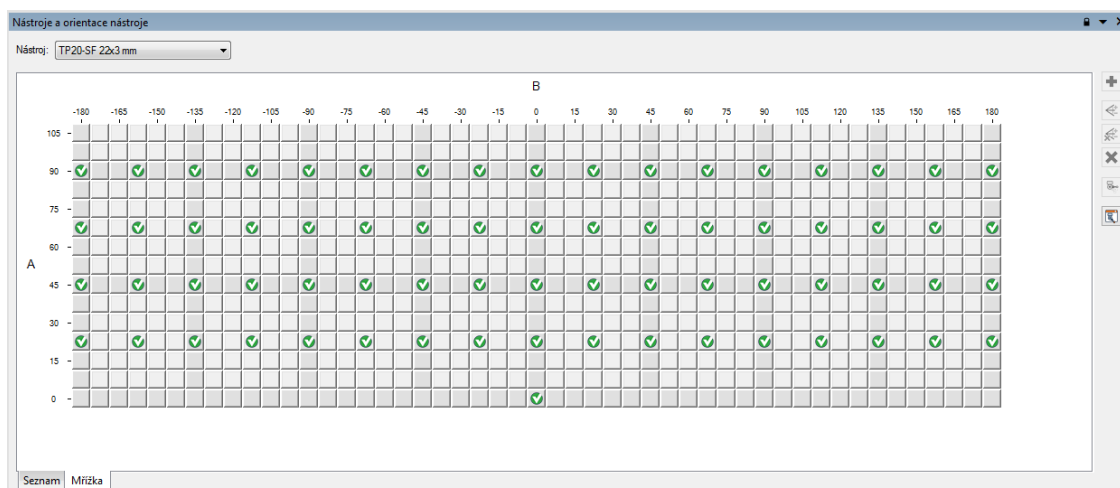
5.5.1.18 Karta seznamu

Karta Seznam představuje orientaci nástrojů pro všechny nástroje nebo pro vybraný nástroj ve formě seznamu, který ve výchozím nastavení zobrazuje následující informace: Název, Úhel A a B, Typ kalibrace, Datum a čas kalibrace, Průměr kuličky a RMS Dev.

Po připojení k CNC CMM se aktuální orientace nástroje a nástroje stroje zobrazí tučně.

5.5.1.19 Karta mřížky

Karta Mřížka představuje orientace nástroje pro vybraný nástroj ve formě mřížky pro možné kombinace úhlů A a B.



5.5.1.20 Orientace kalibrace

Aby bylo možné měření sondou nebo skenování s nástroji definovanými pro stroj, musí být orientace nástroje vytvořena a kalibrována na referenční oblast.

- Na kartě Seznam nebo Mřížka, vyberte orientaci nástroje, která má být kalibrována.
- Klepněte na: **Kalibrovat orientaci**

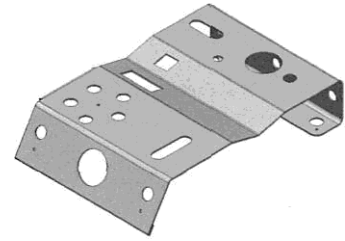


Realizováno v rámci projektu:

Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591

5.5.1.21 Import CAD Modelu

CAD modely značně zjednodušují definování nominálních geometrií a rozměrů. Import CAD modelu je zásadní krok v procesu kontroly součástí.



Vyhledání nástroje

Soubor → Nahrát → CAD model



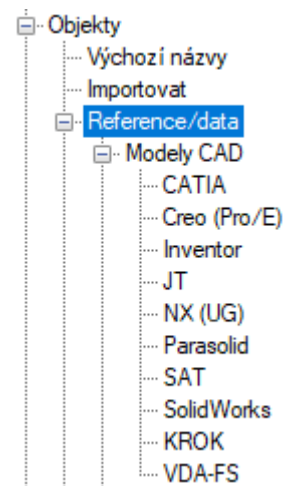
Přehled

Soubor CAD může být v neutrálním formátu (IGES nebo STEP souboru) nebo v nativním formátu (jako CATIA, NX, Pro / E, SolidWorks, nebo Inventor).

Některé CAD platformy mají možnost přidat do modelu geometrické kótovací a toleranční prvky. V závislosti na formátu souboru CAD mohou možnosti importu zahrnovat extrahování prvků a jejich vlastností a také import modelu s informacemi GD&T (geometric dimensions&tolerances).

V PolyWorks

Otevřete **objekty → Reference / Data → CAD modely → [Zvolit formát]** stránku souboru.



Vyberte možnost **Importovat vlastnosti přístroje**

Importovat prvky a vlastnosti

5.5.1.22 Určené povrchy použité pro výpočty

PolyWorks | Inspector zobrazí importovaný model CAD jako referenční objekt pomocí mozaikového polygonálního povrchu. Výpočty Data Reference mohou používat buď mozaikové polygonální povrchy nebo definici povrchu NURBS obsaženou v CAD modelu.

Výpočty odchylek mezi daty a referenčními hodnotami vůči povrchu NURBS jsou nejpřesnější, ale přichází s delší dobou zpracování pro daný počet bodů.

Realizováno v rámci projektu:

Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591

NURBS plochy by měly být použity, pokud:

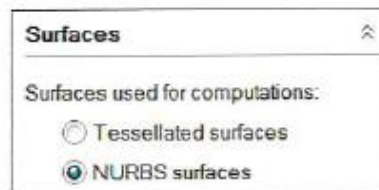
- Se používají zařízení s vysokou přesností, jako jsou CNC CMM.
- Se používají snímací zařízení, která sbírají nízký počet datových bodů.

Chcete-li nastavit parametr:

- Vyberte model CAD ve stromu
- Vyberte **Editovat** → **Vlastnosti objektu**



- Na záložce **reference** v sekci **Plochy**:
 - Nastavte plochy používané pro výpočty na **povrchy NURBS**.



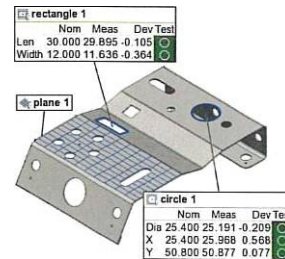
5.6 Kontrolní otázky

1. Jak se provádí změna orientace nástroje tastru?
2. Jaké jsou způsoby upnutí dílce na měřicí stůl?
3. Jak lze importovat CAD model?
4. Jaké jsou požadavky na měřicí stůl?
5. Jaká jsou označení povrchu?
6. Jaká je značka kolmosti?

6 Definice a měření prvků na CAD datech, vyrovnání na CAD model, tvorba souřadných systémů

6.1 Měření rozměrů součásti pomocí prvků

Prvky definují geometrické vlastnosti součásti, jako jsou díry a rovinné povrchy, a obvykle se používají pro účely zarovnání součásti a pro účely kontroly rozměrů.



Vyhledání nástroje

Měření → Vlastnosti → Vytvořit



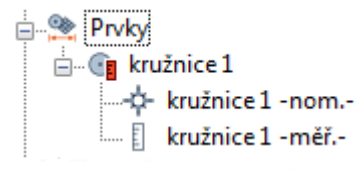
Přehled

6.1.1 Součásti

Prvek obvykle obsahuje jmenovitou a / nebo měřenou složku, také označovanou jako primitiva.

Jmenovitý prvek představuje teoretické nebo ideální měření, jaké se nachází na modelu CAD.

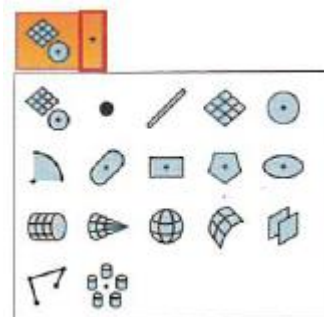
Měřený prvek je vytvořen z datových bodů naměřených na právě kontrolované části.



6.1.2 Druhy

Více typů: umožňuje extrahování primitiv automaticky nebo interaktivně z referenčních objektů založených na CAD nezávisle na jejich příslušných typech (kruhy, válce, roviny atd.).

Individuální typ: rozbalte rozevírací nabídku typu prvku a vyberte, který typ prvku chcete vytvořit.



6.1.3 Způsob vytváření

1. Kliknout na kružnici (střed, obvod kružnice), následně je zvýrazněna.
2. Stisknutím MEZERNÍKU přerušete režim a otočte / přeložit model.
3. Stisknutím MEZERNÍKU obnovíte režim výběru.

Realizováno v rámci projektu:

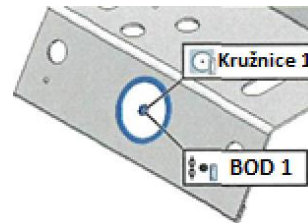
Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591

6.1.3.1 Numericky

funkce lze vytvořit numericky pomocí matematických definic. Tato metoda vytváření nabízí parametry specifické pro typ vytvářeného primitiva.

6.1.3.2 Z objektů a Od průsečíků

Při vytváření prvků pomocí konstrukčních metod, například z objektů nebo z průsečíků, se nabízí výběrové pole pro výběr metody. Pokud jsou objekty požadované pro konstrukci předem vybrány ve stromovém zobrazení, je automaticky určen odpovídající konstrukční objekt

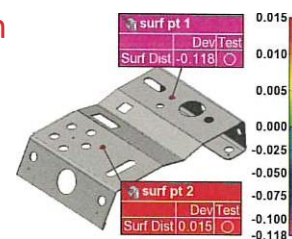


Když je prvek konstruován pomocí existujících objektů v projektu, nově vytvořené prvky jsou závislé na nadřazených objektech použitých k jejich vytvoření. To znamená, že jakékoli změny provedené v nadřazených objektech povedou k přepočtu závislých funkcí.



6.1.4 Měření povrchových odchylek na konkrétních místech

Srovnávací bod povrchu je měřicí objekt vytvořený ve specifických souřadnicích na povrchu referenčního objektu a měří odchylky datového objektu od referenčního objektu na těchto specifických souřadnicích.



Vyhledání nástroje

Měření → Srovnávací body → Vytvořit → Body povrchu



Přehled

6.1.4.1 Způsob vytváření

Srovnávací body povrchu jsou obvykle vytvářeny na povrchu referenčních objektů těmito způsoby:

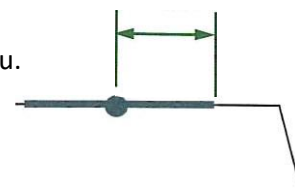
Ukotvení: Body jsou ukotveny přímo na povrchu referenčního objektu ve 3D scéně.

Numericky: Souřadnice dialogu se zadávají v dialogu pro vytváření.

Z textového souboru: .txt soubor je vyvolán z dialogu vytvoření výběrem tlačítka procházení.

Klíčové informace

Každý srovnávací bod má ve výchozím nastavení kruhovou zónu, ve které bude měřen. Měřicí oblast má poloměr, což odpovídá poloměru disku.

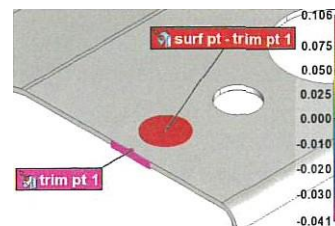


Realizováno v rámci projektu:

Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591

6.1.5 Srovnávací hranový bod

Srovnávací hranový bod je měřící objekt. Je vytvořen pro získání odchylky na hraně měřené součásti, na konkrétních souřadnicích. Geometrie součásti může být získána sondou měřené komponenty srovnávacího bodu oříznuté hrany.



Vyhledání nástroje

Měření → Srovnávací body → Vytvořit → Bod hrany



Přehled

6.1.5.1 Jak vytvořit body

Srovnávací hranové body jsou obvykle vytvářeny na povrchu referenčních objektů pomocí:

Ukotvení: Tato metoda umožňuje vytvářet porovnávané body oříznutí hran ukotvením na ploše referenčního objektu.

Ukázková referenční křivka: Tato metoda umožňuje vytvořit rovnoměrně rozložené srovnávací body hrany pomocí matice referenčních objektů.

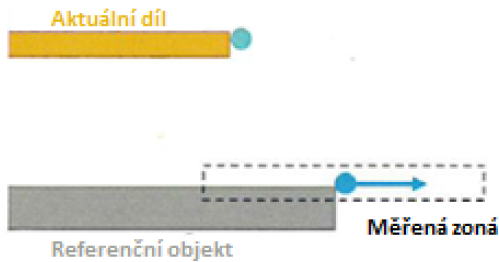
Klíčové parametry

Ve výchozím nastavení se při vytváření srovnávacích bodů okrajů vytvoří zadní bod. Zadní bod je srovnávací bod povrchu posunutý od okraje součásti.



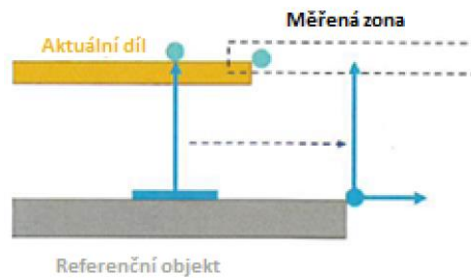
Zadní bod lokalizuje skutečnou plochu dílu před snímáním hranového bodu, čímž zajišťuje, že deformace skutečného tvaru součásti nezabrání kontrole hrany.

Bez zpětného bodu



Skutečná část je příliš vychýlená.
Není možné změřit okraj skutečné části

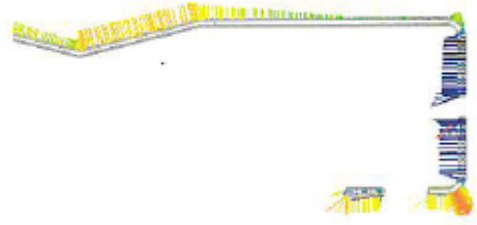
Se zpětným bodem



Měřicí zóna se pohybuje podle povrchové odchylky měřené pomocí zadního bodu. Potom je možné změřit okraj skutečné části

6.1.6 Analýza součásti podél roviny řezu

Průřezy jsou měřicí nástroje používané pro 2D kontrolu povrchů. Umožňují vypočítat odchylky podél profilů získaných z rovin řezání.



Vyhledání nástroje

Měření → Průřezy → Vytvořit → Standardní průřez



Přehled

6.1.6.1 Standardní průřezy

Standardní průřez je vytvořen protínáním zarovnaných referenčních a datových objektů s rovinou průřezu, která je ohraničena měřicí zónou.

6.1.6.2 Způsob vytváření

K vytvoření průřezů použijte jednu z metod vytváření:

Podél standardní osy: Umožňuje vytvoření průřezu kolmého ke standardní ose systému, například k ose X. Pro dosažení očekávaných výsledků se doporučuje mít správně orientovaný souřadnicový systém.

Podélná křivka: Umožňuje vytvořit průřez kolmý na křivku. Zahrnuje určení typu křivky, která se má použít, a pak určení umístění průřezu podél křivky.

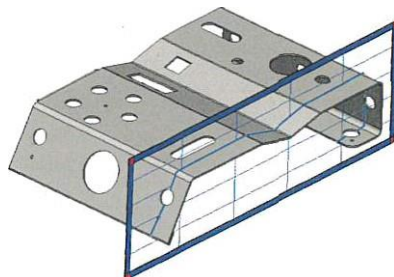
Radiální: umožňuje vytvořit průřez, který vyplývá z axiálního primitiva, jako je válec nebo kužel.

Realizováno v rámci projektu:

Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591

6.1.6.3 **Zóna měření**

Měřicí zóna definuje 3D limity procesu a vymezuje rovinu řezu. Jak je vidět napravo, je to modrý obdélník s červenými rohy. Rozměry měřicí zóny jsou definovány během vytváření průřezu a lze je upravovat přetažením stran obdélníku.



6.1.6.4 **Zobrazit**

Průřezový navigátor

Navigátory objektů jsou specializované nástroje, které umožňují prohlížení objektů jeden po druhém. Je užitečné zkontrolovat vytvoření a výsledky průřezů pomocí Navigátoru průřezů, aby bylo možné každý průřez vizualizovat samostatně.

Vybrat pohled → Navigátor objektů → Průřezy.

Cross-Section Navigator (2D)



6.1.6.5 **Volby zobrazení**

K dispozici je řada možností zobrazení pro vizualizaci průřezů se zachycenou nominální a geometrií součásti.

Vyberte **možnosti zobrazení objektu**



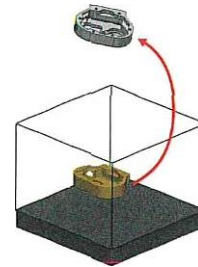
V průřezech je k dispozici několik možností zobrazení. Jsou k dispozici, pouze pokud je vybrána barevná mapa.

Průřezy	
<input checked="" type="checkbox"/>	Barevná mapa
<input checked="" type="checkbox"/>	Skrýt barevnou mapu průřezů propojených s měřidly
<input type="checkbox"/>	Toleranční křivky
<input checked="" type="checkbox"/>	Vektory odchylek
Měřítko:	<input type="text" value="5.0"/>

6.2 Zarovnání naměřené části na CAD model

6.2.1 Zarovnání pomocí předběžného zarovnání CMM

Metoda rychlého předběžného přiřazení CMM, která nejprve porovnává osy zařízení CMM s osami referenčního objektu (obvykle modelu CAD) a poté se měří bod zarovnání pro umístění součásti.



Vyhledání nástroje

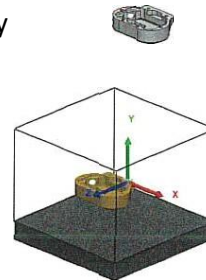
Zarovnání → CMM před zarovnání



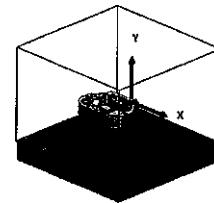
Přehled

Operace využívá referenční objekt, který by měl být umístěn vhodně vzhledem k osám souřadného systému, a odpovídající části instalovaná v pracovním objemu CMM.. Toto zarovnání se provádí ve dvou krocích.

- **Shoda os:** Orientujte CMM výběrem správné shody osy s referenčním objektem

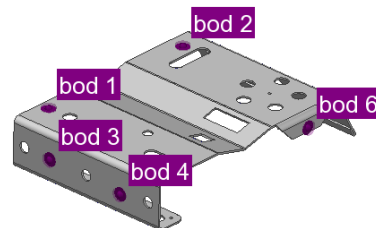


- **Bod zarovnání:** Pro umístění součásti je nutný bod zarovnání.



6.2.2 Srovnání pomocí snímání povrchových bodů

Způsob srovnání povrchových snímaných bodů se používá k srovnání snímaných bodů s body ve stejných místech na referenčním objektu. Tento nástroj předběžného srovnání velmi usnadňuje vizualizaci a přístup k dalším operacím.



Vyhledání nástroje

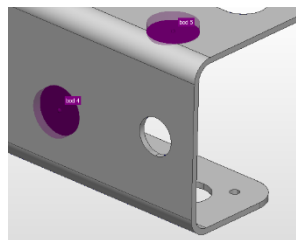
Srovnání → Povrchové body



Přehled

6.2.2.1 Způsob vytváření

- **Ukotvit:** Ukotvit šest bodů v referenčním objektu, které budou použity pro srovnání. *Všech šest stupňů volnosti by mělo být omezeno použitím metody 3-2-1 srovnání.*



6.2.2.2 Metoda měření

- **Zdrojové body sondy:** Na fyzické součásti sondujte stejných šest bodů ve stejném pořadí



6.3 Srovnání měřené součásti k referenčnímu objektu

6.3.1 Srovnání pomocí povrchů objektu

Srovnání je operace, která přenese datový objekt do souřadnicového systému referenčního objektu.

Nebo-li, dostupná naskenovaná data vybraných datových objektů na povrch referenčních objektů (model CAD).



Vyhledání nástroje

Srovnání → Best-Fit Datové objekty → Data do referenčních objektů



Přehled

Toto srovnání se provádí ve dvou krocích. Za prvé, předběžné srovnání se provádí pro přiblížení naskenovaných dat k referenčnímu objektu. Poté se provede samotné srovnání, což je optimalizační krok pro minimalizaci odchylek datových bodů ve vztahu k povrchu referenčního objektu.

6.3.1.1 Předběžné srovnání

Pro správnou funkci automatického předběžného srovnání musí datový objekt pokrýt většinu referenčního objektu a referenční objekt nesmí mít symetrický tvar.

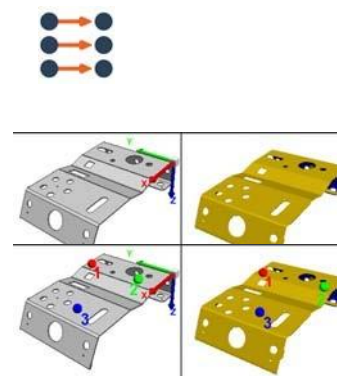
Dostupné metody jsou:

- **Automatické:** Toto je standardní metoda.
- **Bodové páry:** V případě, že automatické předběžné srovnání nepřinese výsledek, je možné předběžné srovnání provést ručně, pomocí jedné z metod **Bodových párů**.

6.3.1.2 Srovnání bodových párů

Po vstupu do režimu se referenční objekt a datový objekt zobrazí v samostatných oknech.

- Klepněte na tlačítko **N Bodových párů**.
- Přesunutím referenčního objektu (vlevo) a objektu Data (vpravo) budou mít objekty podobnou orientaci. To usnadňuje výběr párů bodů v podobných oblastech.
- Ukotvěte odpovídající body na obou objektech pomocí stejného pořadí. Jsou požadovány minimálně tři páry bodů. Body jsou zobrazeny pomocí stejné barvy a stejného čísla v dolním indexu.
- Klepněte pravým tlačítkem myši pro dokončení operace.



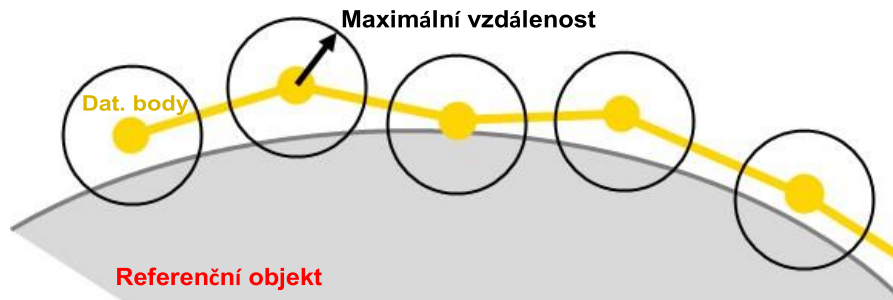
Realizováno v rámci projektu:

Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591

6.3.1.3 Maximální vzdálenost

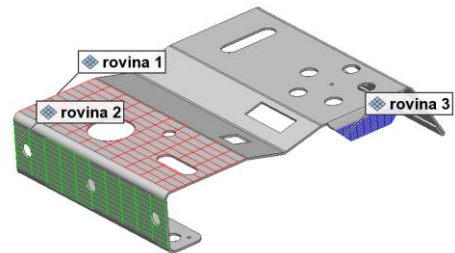
Maximální vzdálenost je poloměr vyhledávání používaný k přiřazení datových bodů k povrchu referenčního objektu.

Pokud je datový objekt výrazně odchylen od referenčního objektu, zvyšte maximální vzdálenost tak, aby odpovídala datovým bodům povrchu referenčního objektu



6.3.2 Srovnání pomocí kolmých rovin

Metoda srovnání kolmých rovin srovná datový objekt k referenčnímu objektu tím, že srovná tři roviny (rovinné prvky).



Vyhledání nástroje

Srovnání → Prvkově založené → Založené na kolmých rovinách



Přehled

Roviny se musí protínat v prostoru, aby mohly být použity pro toto srovnání.

Pořadí, ve kterém jsou roviny uvedeny, je důležité. První rovina je primární rovina a má přednost před druhou a třetí rovinou při srovnávání.

- **Zdroj**

Měřené části rovinných prvků použitých pro srovnání by měly být ve sloupci **Zdroj**.



Realizováno v rámci projektu:

Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591

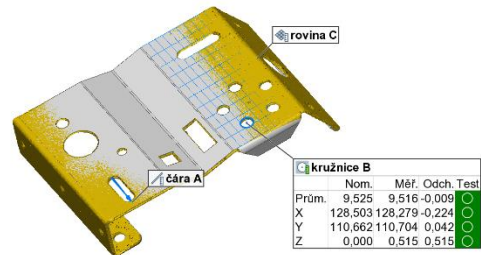
- **Destinace**

Odpovídající nominální části rovinných prvků by měly být ve sloupci **Destinace**.



6.3.3 Srovnání pomocí roviny, osy a středového bodu

V metodě srovnání pomocí roviny, osy a středového bodu je používána k srovnání datových objektů na referenční objekty dvojice rovinných prvků: směrové prvky a prvky středových bodů.



Vyhledání nástroje

Srovnání → Založené na prvcích → Rovina, osa, středový bod



Přehled

Měřená součást objektu je přiřazena jako zdrojový objekt, zatímco jeho nominální součást je přiřazena jako cílový objekt.

- **Sekvence:** Nastavuje posloupnost, v jakém pořadí jsou prvky upřednostňovány.
- **Zdroj:** Měřené prvky součásti použitých pro srovnání by měly být specifikovány jako zdrojové objekty.
- **Destinace:** Nominální (jmenovité) prvky součásti k srovnání by měly být uvedeny jako destinace.

Název: rovina_osa_stredovy_bod_1
 Sekvence: Rovina_vektor_stredovy_bod

Parametry

Rovina
 Zdroj: rovina C -nom.-
 Cíl: rovina C -měř.-

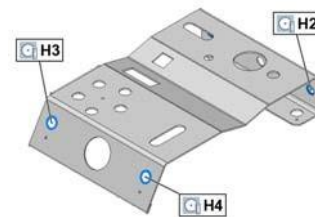
Osa
 Zdroj: čára A -nom.-
 Cíl: čára A -měř.-

Středový bod
 Zdroj: kružnice B -nom.-
 Cíl: kružnice B -měř.-

Potvrdit Zrušit

6.3.4 Best-fit

Tato metoda srovná měřené prvky objektu měření s odpovídajícími nominálními prvky. Může být použita celá řada měřených objektů.



Vyhledání nástroje

Srovnání → Best-Fit měřené objekty



Přehled

Tato metoda srovnání minimalizuje vzdálenost mezi měřenými datovými body nebo změřenou geometrií měřených objektů k nominální geometrii měřených objektů.

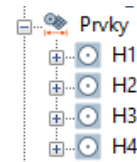
Součást by měla být před-srovnána k referenčnímu objektu. Je však možné specifikovat předběžnou úpravu před provedením srovnání Best-fit měřených objektů.

K dispozici je několik technik srovnání na základě typů použitých objektů měření. Je možné použít:

- **Prvky** (všechny typy s výjimkou vzdálenosti, úhlů, desek a křivek)
- **Srovnání bodů**

Je doporučeno vybrat objekty, které budou použity pro srovnání ve stromovém zobrazení před přístupem k srovnání měřících objektů Best-Fit.

Vybrané objekty jsou automaticky přidány do podokna.



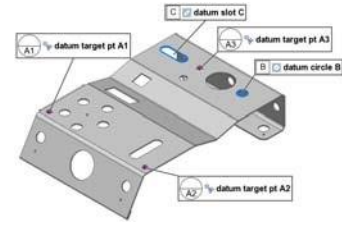
Klíčové parametry

- **Automatické před-srovnání:** Proveďte automatické před-srovnání za účelem lepšího výsledku v situacích kdy jsou objekty daleko od sebe a jsou možná různá optimalizační řešení.
- **Určete směr srovnání (X, Y, Z)** pro každý objekt.
- Best-fit měření objektů – Panel s Nastavením a výsledky

Použití X, Y, Z viz obr.

6.3.5 Srovnání pomocí datového referenčního rámce

Datový Referenční rámec (DRF) je odkaz, který slouží k orientaci a lokalizaci objektů v prostoru. DRF se může skládat z datových prvků s nominálními a měřenými primitivy. Může se také skládat z datových bodů. DRF slouží k orientaci a lokalizaci tolerančních zón, které jsou kontrolovány prvky geometrického kótování a tolerance (GD&T).



Vyhledání nástroje

Srovnání → Datový referenční rámec → Srovnání



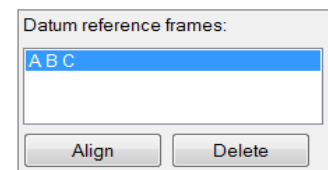
Přehled

Tato metoda umožňuje srovnat datové objekty na definovanou DRF pomocí vztažných bodů nebo pomocných cílů, které jsou již změřené, a to buď s použitím metody extrakce, nebo metody snímání.

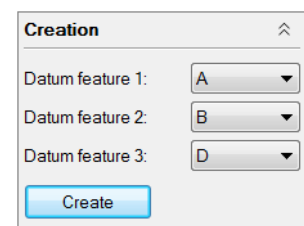
○ Vybrat: Srovnání → Datový referenční rámec → Srovnání



- DRF je již specifikováno v rámci kontroly prvků GD & T, kontrolované prvky se automaticky objeví v seznamu. Vyberte existující DRF a proveďte srovnání.

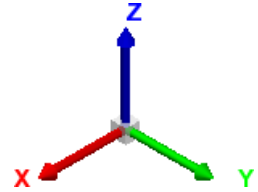


- Vytvořte novou DRF z dialogového okna. Poté ji vyberte ze seznamu a proveďte srovnání



6.3.6 Vytvoření souřadnicového systému

Souřadnicový systém popisuje nulový bod a orientaci měřicího objektu.



Vyhledání nástroje

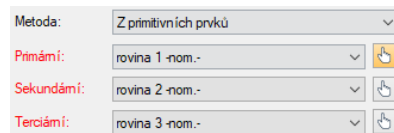
Nástroje → Souřadnicové systémy → Vytvořit Kartézský



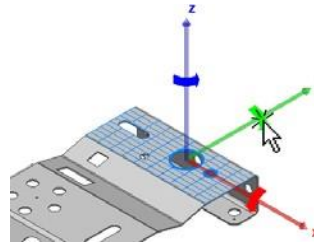
Přehled

Kartézské souřadnicové systémy mohou být vytvořeny následujícím způsobem:

- Z primitiv: Vybrané primitivy definují souřadnicový systém.



- Volitelné: kliknutím na barevnou šipku na ose se ostatní osy kolem ní otočí o 90 stupňů, čímž se změní jejich směr.



6.4 Kontrolní otázky

1. Jaké jsou způsoby vyrovnání na CNC CMM?
2. Definujte souřadnicový systém.
3. V čem spočívá zarovnání pomocí Best-fit?
4. V čem spočívá srovnání bodových párů?
5. K čemu slouží průřez dílcem?

7 Vyhodnocení naměřených hodnot, GD&T, finalizace programu, protokol

7.1 Nastavení rozměrových a GD&T kontrolních prvků a tolerancí

Panel Geometrické požadavky umožňuje přidávat, odebírat a upravovat kontrolované prvky geometrických charakteristik měřených objektů.

Požadavek	Nominální	Měřený	Tolerance	Odchylka	Test
\varnothing 7.500±1.000 licování	7.500	7.500	±1.000	0.000	Vyhovuje
\varnothing 7.500±1.000 licování	7.500	7.500	±1.000	0.000	Vyhovuje
\varnothing 1.000	0.000	0.000	1.000	0.000	Vyhovuje
Průměr	7.500	7.500	±1.000	0.000	Vyhovuje
Poloměr	3.750	3.750	±1.000	0.000	Vyhovuje
X	78.916	78.916	±1.000	0.000	Vyhovuje
Y	12.624	12.624	±1.000	0.000	Vyhovuje
Z	0.000	0.000	±1.000	0.000	Vyhovuje

Vyhledání nástroje

Měření → Geometrické požadavky



Přehled

7.1.1 Druhy kontrol

Kontrola rozměrů: kontroluje různé geometrické charakteristiky měřených objektů v rámci tolerance.

Kontrolní prvky GD&T (pouze prvky): kontroluje přesné geometrické rozměry prvků podle norem ASMEY 14.5 a ISO.

7.1.2 Klíčové informace

Podokno kontrolních prvků geometrie umožňuje pro objekt měření následující:

- Revizi všech rozměrů, kontrolu nominálních hodnot, kontrolu naměřených hodnot a jejich odpovídajících úchylek
- Vybrat rozměry pro toleranci
- Vytvořit kontrolní prvky GD&T pro prvky
- Upravit toleranci kontrolních prvků

7.1.2.1 Upravení tolerance kontrolních prvků

Podokno kontrolních prvků geometrie umožňuje vybrat, které rozměry se použijí jako kontrolní. Kontrolní prvky jsou zobrazené v okně a lze je odpovídajícím způsobem reportovat.

- V rozbalovacím seznamu vyberte požadované kontrolní prvky.



Realizováno v rámci projektu:

Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591

7.1.2.2 Toleranční hranice

Každému jednotlivému kontrolnímu prvku je přiřazena tolerance, sestávající z horních a dolních mezí tolerance.


Pro každý kontrolní prvek, se mohou hodnoty:

- editovat ručně zadáním hodnoty.
- editovat přiřazením šablony tolerance, která obsahuje předdefinované limity tolerance.

Toleranční hranice:

Horní tolerance:

Spodní tolerance:



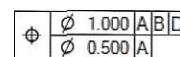
7.1.2.3 Přidání kontrolní prvků GD & T

Kontrolní prvky GD&T jsou k dispozici prostřednictvím ovládacího panelu geometrie. Lze je přidat pouze k funkcím.

Vyberte funkci a klikněte na **Přidat kontrolu GD&T**. Zobrazí se seznam nástrojů GD&T, které lze k vybrané funkci přidat, spolu s jejich příslušnými symboly.




Vyplňte kontrolní rámeček prvku na technickém výkresu



7.1.2.4 Přiřazení počátků štítků

Počátky musí být definovány před tím, než budou použity v okně pro ovládání prvků

- K funkcím lze přiřadit označení počátku.
- Přiřaďte pomocný štítek v seznamu vlastností
- Vlastnosti. **Vybrat editovat** → **Vlastnosti objektů**.
- Cílová data lze přiřadit referenčním cílům, referenčním čárám nebo referenčním oblastem.
- Při vytváření referenčního cíle přiřaďte označení pomocného cíle.
- Přiřaďte označení pomocného cíle pomocí listu vlastností referenčního cíle. Zvolte **Úpravy** → **Vlastnosti objektu**.



Název:

Označení reference:

Název:

Označení reference:

7.2 Revize, report, a sdílení výsledků měření

Control Reviewer nabízí stručný pohled na měřené prvky geometrie. Zobrazuje tabulku kontrolních prvků a nabízí operace k jejich filtrování, třídění a seskupování v okně.

Název objektu	Požadavek	Odchyka	Test
kružnice 1	$\varnothing 25.400 \pm 1.000$ lokální	0.808	Vyhovuje
kružnice 1	$\varnothing 1.000$	1.048	Nevyhovuje
kružnice 1	$\varnothing 1.000$	0.446	Vyhovuje
kružnice 1	Průměr	0.386	Vyhovuje
kružnice 1	X	-0.225	Vyhovuje
kružnice 1	Y	-0.473	Vyhovuje
kružnice 1	Z	0.518	Vyhovuje
válec 1	$\varnothing 9.525 \pm 1.000$ ilicování	-0.174	Vyhovuje
válec 1	$\varnothing 1.000$	1.040	Nevyhovuje
válec 1	$\varnothing 1.000$	0.339	Vyhovuje
válec 1	Průměr	0.050	Vyhovuje
válec 1	Střední bod X	-0.300	Vyhovuje
válec 1	Střední bod Y	0.069	Vyhovuje
válec 1	Střední bod Z	0.000	Vyhovuje


Vyhledání nástroje

Report → Control Reviewer



Přehled

Control Reviewer může být použit pro:

- Přezkoumání výsledků měření různých hodnot.
- Setřídění sloupců pomocí záhlaví sloupce.
- Filtrování sloupců na základě jejich hodnot 
- Nastavení 3D zobrazení pro zobrazení vybraného kontrolního prvku
- Vytvářet kontrolní zobrazení z vybraných kontrolovaných prvků nebo všech kontrolovaných prvků.



nebo

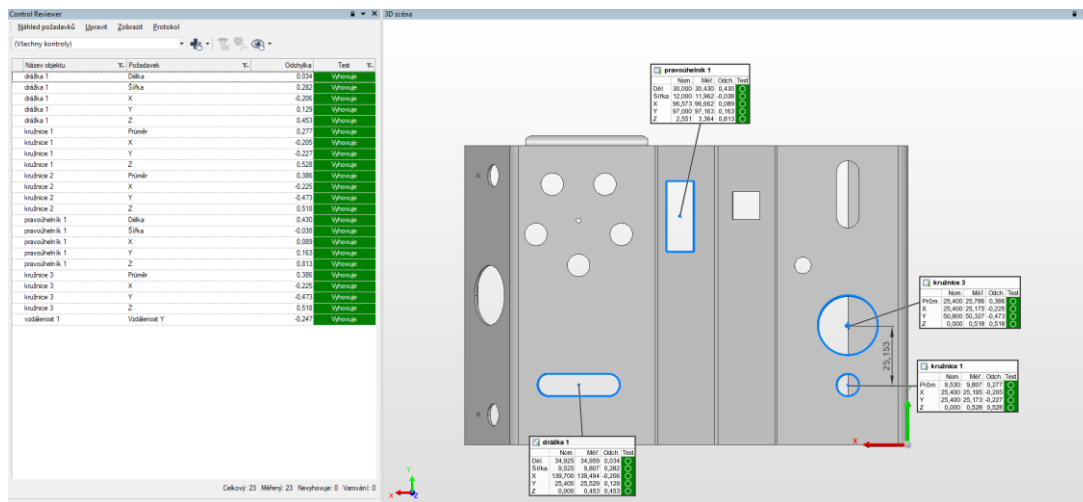


nebo



7.2.1 Zobrazení výsledků měření pomocí kontrolního zobrazení

Kontrolní zobrazení lze použít ke kontrole výsledků měření přehledným a strukturovaným způsobem. Kontrolní zobrazení obsahuje seznam měřených prvků a odpovídající 3D zobrazení.



Vyhledání nástroje

Ze 3D zobrazení:

Report → Vytvořit kontrolní zobrazení z 3D zobrazení



Alternativně z Control Reviewer

Kontrolní zobrazení → Vytvořit



nebo



7.2.1.1 Vytvoření kontrolního zobrazení ze 3D zobrazení

Kontrolní zobrazení mohou být vytvořena z objektů zobrazených ve 3D zobrazení.

○ **Vybrat Report** → Vytvořit Kontrolní pohled z 3D zobrazení



○ Volba měřených prvků přidávaných ke kontrolnímu zobrazení záleží na viditelnosti popisků objektů. Snímek a tabulka reportu je automaticky generována.

7.2.1.2 Vytváření kontrolních pohledů z Control Reviewer

- **Vytvořit kontrolní zobrazení z vybraných měřených prvků:** Vytvoří kontrolní zobrazení z vybraných kontrolovaných prvků v panelu.
- **Vytvořit kontrolní zobrazení:** Vytvoří kontrolní zobrazení ze všech kontrolovaných prvků, také zachovává filtrovací listu.



Realizováno v rámci projektu:

Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591

7.2.2 Vytvoření snímků a reportovacích tabulek

Reportování pomocí kontrolních pohledů umožňuje generovat snímky a formátované tabulky sestav, které jsou synchronizovány a propojeny s kontrolními pohledy. Snímky 3D zobrazení a tabulky sestav vytvořené z objektů měření mohou také vhodně zakončit report z měření.



Vyhledání nástroje

Report → [vyberte volbu níže]

7.2.2.1 Vytvořit kontrolní snímek a reportovací tabulku z kontrolního 3D zobrazení

Kontrolní pohled vytvořen z 3D zobrazení automaticky generuje snímek a reportovací tabulku, které se přidávají do zformátovaného reportu.

7.2.2.2 Vytvořit kontrolní snímek a tabulku ze všech kontrolních zobrazení.

Jakmile jsou všechny kontrolní pohledy vytvořeny pomocí nástroje Control Reviewer, je možné vytvářet snímky a tabulky ze všech kontrolních pohledů.

- Vybrat: **Report** → **Vytvoření snímků a tabulek** → **Ze všech kontrolních Zobrazení**



7.2.2.3 Vytvoření snímků a tabulek pro specifický kontrolní pohled.

- Vyberte požadované kontrolní zobrazení z kontrolního výběru.
- Klepněte na tlačítko Vytvořit snímek a tabulku pro aktivní kontrolní pohled.



7.2.2.4 Vytvoření snímku

Reportovací snímky jsou snímky pořízené z 3D zobrazení k reportování modelu a výsledků měření v plném detailu.

- Vybrat **Vytvořit** → **Reportovací Snímky** → **Zachycení 3D zobrazení**



7.2.2.5 Vytvoření reportovací tabulky

Reportovací tabulka je seznam požadovaných informací o jakémkoli objektu měření, jako jsou jmenovité a měřené hodnoty, tolerance, odchylky a stav Vyhovuje / nevyhovuje. Tabulky jsou velmi užitečným nástrojem prezentace výsledků měření.

Vybrat **Report** → **Vytvořit tabulky** → **z objektů.**



7.2.3 Report o výsledcích měření pomocí formátovaných reportů

Vytváření reportů je klíčem k analýze a komunikaci v oblasti kontrolního měření. Report se obvykle sestává z tabulek sestav a snímků součástí, doplněných pozorováním, komentáři a závěry, vše naformátované do tisknutelného dokumentu.








Vyhledání nástroje

Report → Vytvořit formátovaný report

7.2.3.1 Vytváření formátovaných reportů

Formátované reporty jsou automaticky vytvořeny pokud:

- Jsou reportovací snímek a tabulka vytvořeny z kontrolního 3D zobrazení. 
- Jsou snímky a tabulky sestav vytvořeny ze všech kontrolních zobrazení. 
- Jsou reportovací snímek a tabulka vytvářeny z konkrétního kontrolního zobrazení. 
- Jsou vytvořeny reportovací snímky 3D zobrazení. 
- Jsou vytvořeny reportovací tabulky z měřených objektů. 

Jakmile je sestava vytvořena a aktivní, lze do ní přidat další snímky a tabulky. Po dokončení sestavy ji lze exportovat do formátu PDF a tudíž sdílet libovolným způsobem.

7.3 Kontrolní otázky

1. Jak probíhá nastavení tolerance?
2. Jakým způsobem se vytváří protokol o měření?
3. Jakým způsobem se vytváří snímky a tabulky?
4. Jak lze přidat kontrolní prvky GD & T?
5. Jakým způsobem lze vytvořit reportovací tabulka?

8 Prezentace týmových projektů k 3D měřicímu přístroji THOME Präzision RAPID-Plus CNC, konzultace, rekapitulace

Cílem tohoto výukového bloku je umožnit studentům prezentovat výsledky zadaných týmových projektů realizovaných v předcházejících výukových blocích na 3D měřicím přístroji THOME Präzision RAPID-Plus CNC.

Dalším cílem je na základě prezentace výsledků vyhodnotit jejich kvalitu, konzultovat získané poznatky z měření a vyhodnocování, jakož i z vlastní prezentace. Součástí bloku je rovněž finální diskuse se studenty k práci na 3D měřicím přístroji a rekapitulace klíčových parametrů práce.

Po tomto výukovém bloku by studenti měli porozumět principům:

- základů 3D měření pomocí souřadnicových měřicích přístrojů,
- manipulace a ovládání moderních 3D měřicích dotykových nástrojů,
- základů práce s importem a exportem virtuálních objektů a CAD dat,
- základů práce s profesionálním softwarem pro rozměrovou analýzu a digitalizaci objektů.

Po tomto výukovém bloku by studenti měli umět:

- na základě konkrétního zadání posoudit vhodnost aplikovatelnosti souřadnicového měřicího přístroje pro danou měřicí úlohu,
- připravit měřený objekt, souřadnicový 3D měřicí přístroj pro práci,
- ovládat souřadnicový 3D měřicí přístroj při vlastním měření,
- v základním rozsahu využívat profesionální řídicí a vyhodnocovací software,
- komparovat naskenovaný model s podkladovým modelem a vyhodnotit odchylky.

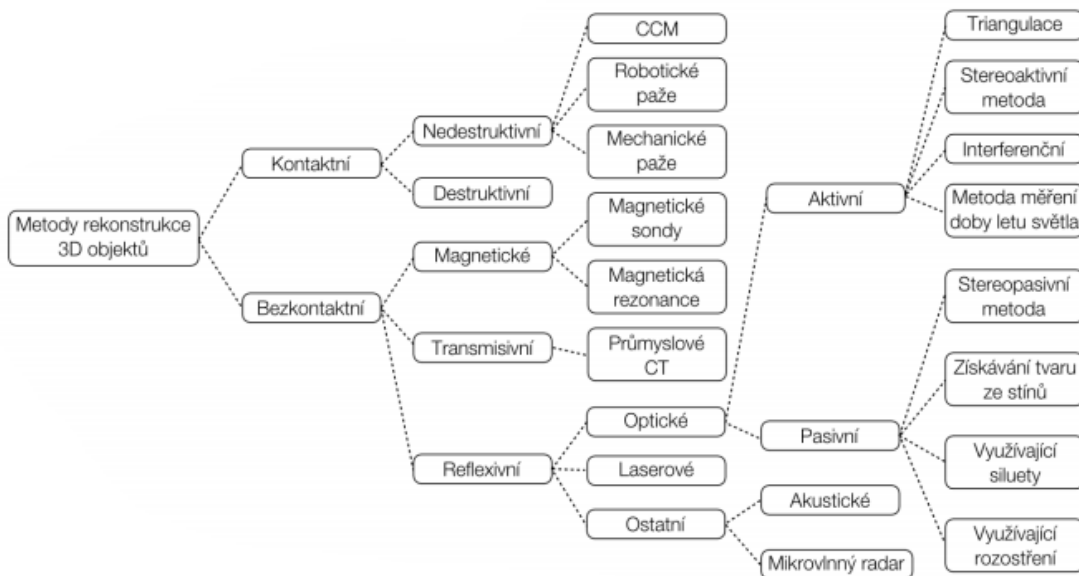
9 Základní seznámení s mobilním měřicím systémem ROMER Absolute Arm

9.1 3D skenery

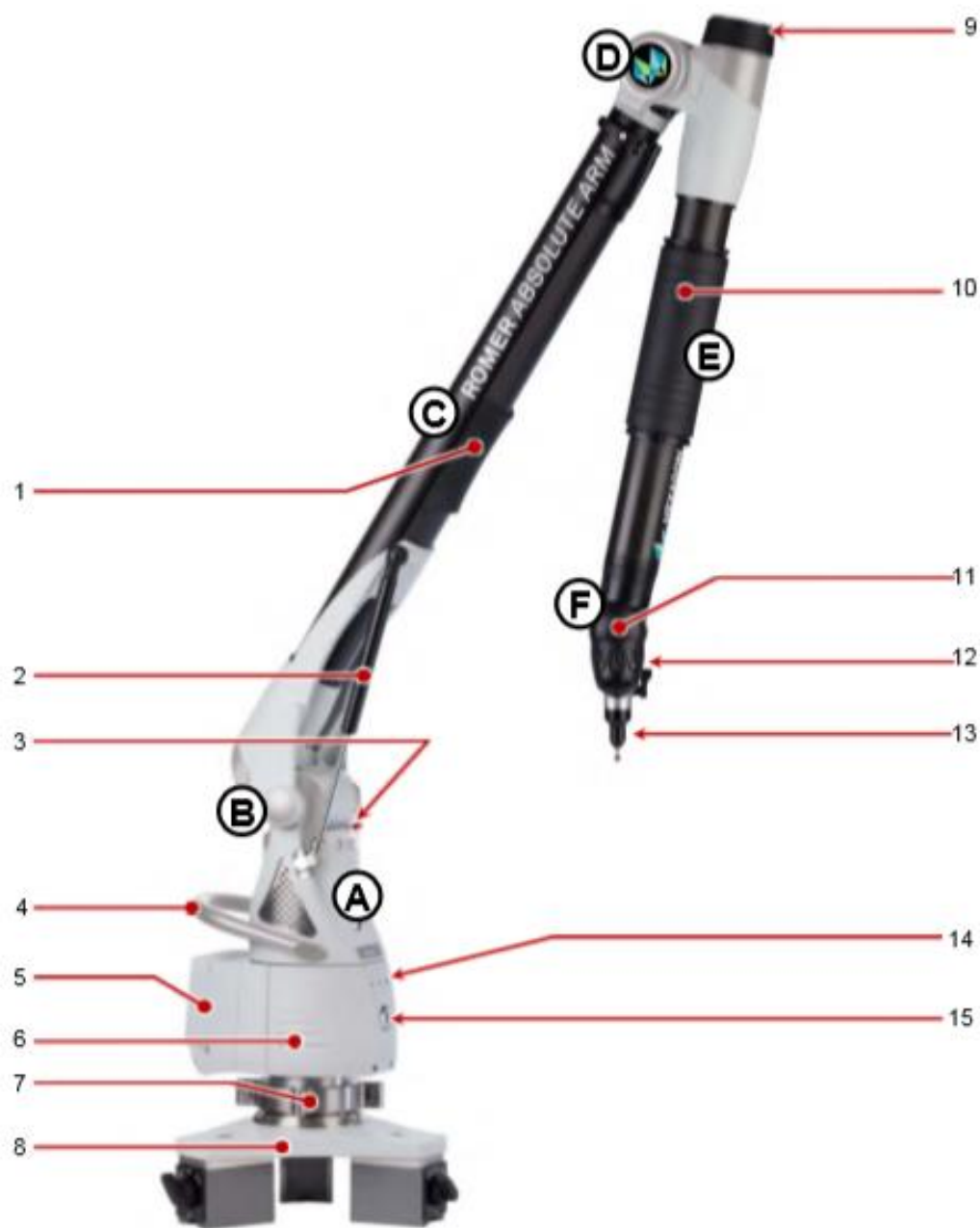
jsou zařízení pro zachycení tvarů a textur fyzických objektů a následného převedení do digitální podoby pro další zpracování v počítači. Ve většině případů je princip metody založený na snímání jednotlivých bodů na povrchu objektu a vytvoření velkého počtu těchto bodů tj. mračna bodů. Poté využitím těchto bodů zrekonstruuje (extrapoluje z jednotlivých bodů) prostorový počítačový model použitím vhodné polygonové sítě. K získání těchto bodů se využívá mnoho různých technologií kamery, rentgeny, magnetické mikrotomografie, lasery, dotykové snímače. Od použitých technologií se pak i nazývají jednotlivé metody skenování tzn. například rentgenové, ultrazvukové, laserové, optické nebo mechanické 3D skenery. Nejčastěji se používají nedestruktivní metody, které snímají součást nezničí. Každá metoda má ovšem svoje omezení, výhody a nevýhody, včetně celé škály cen.

9.2 Rozdělení 3D skenerů

3D skenery je možné rozdělit mnoha způsoby. Vybrané rozdělení bere jako hlavní kritérium dotykové a bezdotykové metody skenování. Nejpoužívanější skenery jsou ve větvi reflexivních. Laserové metody mohou spadat i do metod aktivních optických využívající triangulaci nebo metodu měření doby letu. Na Obr.1 jsou laserové metody vyčleněny zvlášť.



Meřící rameno ROMER Absolute Arm



- | | |
|------------------------------|----------------------|
| 1. Vyvažovací podpěra | |
| 2. Protizávaží "Zero-G" | |
| 3. Zámek protizávaží | |
| 4. Držadlo ramene | |
| 5. Feature Pack | |
| 6. Základna ramene | |
| 7. Upevňovací kruhová matice | |
| 8. Magnetická základna | |
| 9. Otočný knoflík | |
| 10. Otočný úchop | 13. Kontaktní sonda |
| 11. Zápěstí ramene | 14. Kontrolky LED |
| 12. Tlačítka | 15. Tlačítko Zap/Vyp |



Realizováno v rámci projektu:

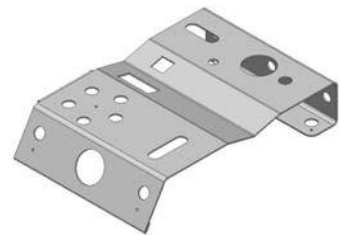
Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591

Laserové skenery pracují na principu záření laseru. Skenovací hlavu, ve které je umístěn laser, posuneme nad měřenou součást. Ze skenovací hlavy září laserový paprsek na měřený prvek. Odražené světlo zachycuje objektiv a velice citlivá kamera. Díky tomu nám umožňuje vyhodnotit polohu nasnímaných bodů od skeneru. Využívá se princip triangulace bodů. Skener může mít jednu nebo tři skenovací roviny.

3D laserové skenování patří do nedotkových měřicích metod. U laserového skenování nedochází ke kontaktu mezi měřenou součástí a skenovací hlavou. Laserové skenery jsou vhodné pro skenování velmi rozměrných součástí, jelikož snímají několik tisíc bodů za sekundu. Díky tomu vytváří dokonalý tvar součástí. To je oproti dotkovému měření obrovský rozdíl. Dovolují nám měřit měkké součásti jakéhokoliv materiálu. Na druhou stranu toto skenování nevypovídá takovou přesnost jako dotkové měření. Další nevýhodou je zdlouhavé zpracování mračna bodů a nemožnost nasnímaní lesklých ploch. Také existuje problém se snímáním hran. Často se laserové skenování využívá u reverzního inženýrství.

9.3 Importování CAD modelu

CAD modely výrazně zjednodušují definování jmenovité geometrie a rozměrů, což je nezbytný krok v procesu kontroly dílů.



Vyhledání nástroje

Soubor → Import → CAD modely



Přehled

Soubor CAD může být v neutrálním formátu (IGES nebo STEP souboru) nebo nativním formátu (jako CATIA, NX, Pro / E, SolidWorks, nebo Inventor).

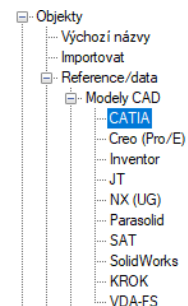
Možnosti

Některé CAD platformy mají možnost přidat do modelu geometrické kótovací a toleranční prvky, které mohou být začleněny do souboru. V závislosti na formátu souboru CAD mohou možnosti importu zahrnovat extrahování prvků a jejich ovládacích panelů pro import modelu s kontrolními informacemi GD&T (Geometric dimensioning and tolerancing).

V PolyWorks | Inspector:

Nástroje → Možnosti → Otevřít Objekty → Reference / Data → CAD modely →

→ [vybrat formát souboru].



Vyberte možnost **Importovat prvky a vlastnosti.**

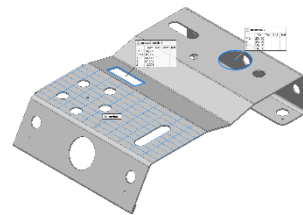
Importovat prvky a vlastnosti

Realizováno v rámci projektu:

Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591

9.4 Měření rozměrů součástí pomocí prvků

Prvky definují geometrické vlastnosti součástí, jako jsou díry a rovinné povrchy, a obvykle se používají pro účely srovnání součástí a pro účely kontroly rozměrů.



Vyhledání nástroje

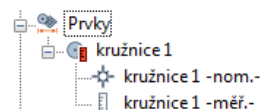
Měřit → Prvky → Vytvořit



9.4.1.1 Primitivní prvek

Prvek obvykle obsahuje jmenovitou a/nebo měřenou složku, také označovanou jako primitivní prvek.

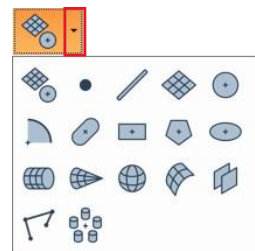
- Nominální primitivní prvek představuje teoretické nebo ideální měření, takové, které se nachází v CAD modelu.
- Naměřený primitivní prvek je vytvořen z datových bodů naměřených na měřené součásti.



9.4.1.2 Typy

Množství typů: Umožňuje extrakci primitivních prvků automaticky nebo výběrově z CAD referenčních objektů, nezávisle na jejich typech (kruhy, válce, roviny atd.).

Individuální typ: Umožňuje z rozevírací nabídky zvolit, jaký typ prvku vytvořit.



9.4.1.3 Způsob vytváření

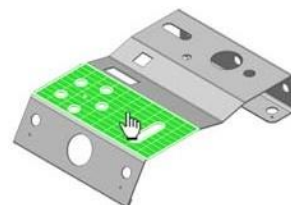
- Výběr na CAD modelu

Prvky mohou být vytvořeny výběrem geometrií na modelu v CAD.

Přesuňte kurzor myši na povrch CAD modelu a vyberte ten požadovaný, když je zvýrazněn.

Stiskněte MEZERNÍK k přerušení režimu a otočení / posunu modelu.

Stisknutím MEZERNÍKU obnovíte režim výběru.



- Numericky

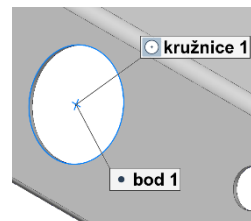
Prvky lze vytvořit numericky pomocí matematických definic. Tato metoda vytváření nabízí parametry specifické pro typ vytvářeného primitivního prvku.

- Z objektů a z průniku.

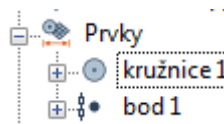
Při vytváření prvků pomocí konstrukčních metod, například z objektů nebo z průniku, se nabízí výběrové pole pro výběr metody.

Pokud jsou objekty požadované pro konstrukci předem vybrány

ve stromovém zobrazení, automaticky se určí odpovídající dílčí metoda konstrukce podle typu vybraných objektů.

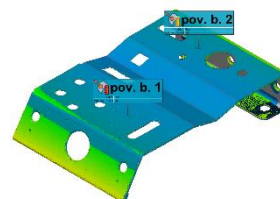


Když je prvek vytvořen s využitím stávajících objektů v rámci projektu, nově vytvořené prvky jsou závislé na původních (nadřazených) objektech použitých pro jejich tvorbu. To znamená, že všechny změny provedené v nadřazených objektech povedou k rekalkulaci závislých podřazených objektů.



9.4.2 Měření povrchových odchylek v konkrétních lokalitách

Srovnávací bod povrchu je měřicí objekt vytvořený ve specifických souřadnicích na povrchu referenčního objektu a měří odchylky od datového objektu v konkrétním místě.



Vyhledání nástroje

Měřit → **Srovnávací Body** → **Vytvořit** → **Body povrchu**



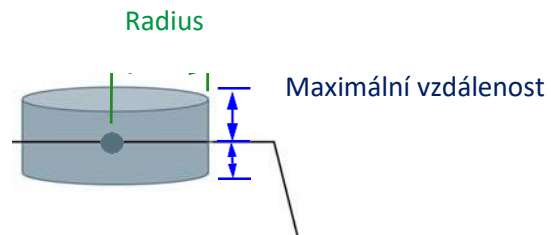
9.4.2.1 Způsob vytváření

Srovnávací povrchové body jsou obvykle vytvořeny na povrchu referenčního objektu takto:

- Kotva: Body jsou ukotveny přímo na povrchu referenčního objektu ve 3D zobrazení.
- Numericky: Souřadnice bodu jsou uvedeny v dialogovém okně vytvoření.
- Z textového souboru: Txt soubor je načten z dialogu vytváření výběrem tlačítka Procházet.

9.4.2.2 Klíčová informace

Každý srovnávací bod má měřicí pásmo, který je ve výchozím nastavení válcovitý, v něm se shromažďují naměřená data. Měřicí zóna má poloměr, což je poloměr válce, a maximální vzdálenost, což je výška válce. Viz obr.



9.4.3 Analýza součásti podél roviny příčného řezu

Měření pomocí průřezů je měřicí způsob používaný pro 2D kontrolu povrchů. Umožňuje vypočítat odchylky podél profilů získaných z rovin řezu.



Vyhledání nástroje

Měření → Průřezy → Vytvořit → Standardní průřezy



9.4.3.1 Standardní průřezy

Standardní průřez je vytvořen protínáním srovnaných referenčních a datových objektů s řezovou rovinou ohraničenou měřicí oblastí.

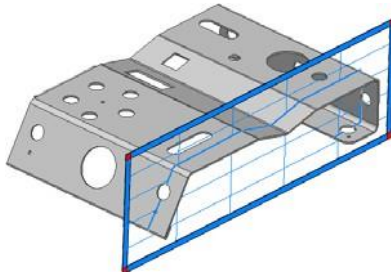
9.4.3.2 Způsob vytváření

Použijte jednu z metod vytváření průřezů:

- Podél standardní osy: Umožňuje vytvořit průřez kolmý ke standardní ose systému, jako je osa X. Pro dosažení očekávaných výsledků se doporučuje mít správně orientovaný souřadnicový systém.
- Podélná křivka: Umožňuje vytvořit průřez kolmý na křivku. Zahrnuje to určení typu křivky, která se má použít, a pak určení umístění průřezu podél křivky.
- Radiální: Umožňuje vytvořit průřez, který vystupuje z axiálního primitivního prvku, jako je válec nebo kužel.

9.4.3.3 Oblast měření

Měřicí oblast definuje 3D limity procesu řezu a vymezuje rovinu řezu. Jak je vidět níže, je to modrý obdélník s červenými rohy. Rozměry měřené zóny jsou definovány během vytváření průřezu a lze je upravovat přetažením stran obdélníku.



9.4.3.4 Zobrazení Průřezového navigátoru

Navigátory objektů jsou specializované nástroje, které umožňují prohlížení objektů jeden po druhém. Je užitečné zkontrolovat vytvoření a výsledky průřezů pomocí Navigátoru průřezů, aby bylo možné každý průřez vizualizovat samostatně.

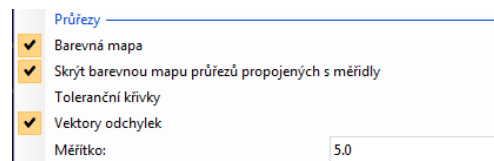
Vybrat: Zobrazit → Průvodce objekty → Průřezy



9.4.3.5 Volby zobrazení

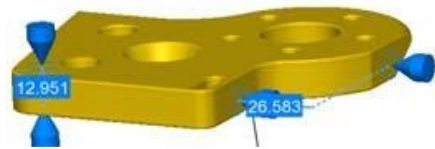
K dispozici je řada možností zobrazení pro vizualizaci průřezů se zachycenou nominální geometrií a geometrií součásti.

- Vybrat Možnosti zobrazení objektu.
- V části Průřezy je k dispozici několik možností zobrazení. Jsou k dispozici, pouze pokud je vybrána barevná mapa.



9.4.4 Měření rozměrů pomocí posuvného měřítka

Posuvné měřítko je měřicí zařízení široce používané ve výrobním průmyslu k měření vzdálenosti mezi dvěma protilehlými stranami předmětu nastavením jeho špiček tak, aby odpovídal měřeným součástem. V nástroji PolyWorks | Inspector je softwarová simulace fyzického posuvného měřítka.



Vyhledání nástroje

Měřit → Měřidla → Vytvořit → Standardní posuvná měřidla



9.4.4.1 Přehled

Standardní posuvné měřítko změří vzdálenosti na 3D povrchu měřeného objektu.

9.4.4.2 Typy osy

Existují dva typy os pro posuvné měřítko:

- Jednoosý: Umožňuje měřit posuvným měřítkem za použití jediné osy pro oba koncové body.



- Offset os: Umožňuje měřit posuvným měřítkem jednu osu pro každý koncový bod.



9.4.4.3 Způsob vytváření

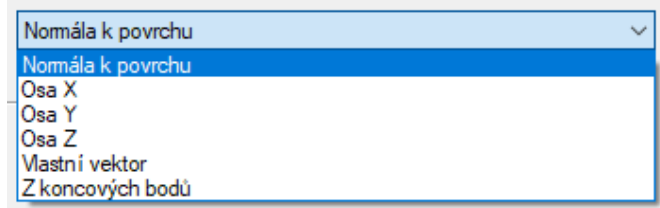
Standardní posuvná měřítka mohou být vytvořena za použití jedné z následujících metod:

- Kotva: Tato metoda umožňuje interaktivní ukotvení koncových bodů posuvného měřítka.
- Numericky: Tato metoda umožňuje zadávat číselné hodnoty pro souřadnice koncových bodů posuvného měřítka.

9.4.4.4 Nastavení klíčových parametrů během vytváření posuvného měřítka.

- Orientace osy

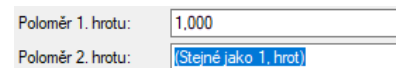
Osa posuvného měřítka může být kolmá k povrchu, může následovat osu systému, vlastní vektor nebo být definována koncovými body.



- Velikost špičky a štítu

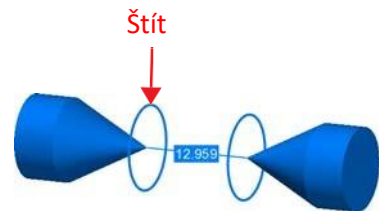
Více v dialogovém okně vytvoření:

- Nastavení velikosti špiček: Poloměr 1. špičky a poloměr 2. špičky.



Velikost hrotů nastavuje velikost štítu.

Štít na každé špičce posuvného měřítka může být použit k detekci při prvním kontaktu střetu s datovým bodem nebo povrchem.



- Typ extrakce

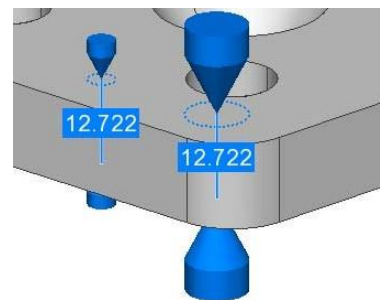
Na polygonálním modelu:

- U typu extrakce Min / Max:

Čím větší je štít, tím větší je detekční zóna.

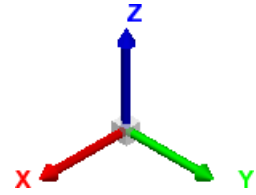
- Pro standardní typ extrakce:

Štít je ignorován a průsečík s povrchem je bod použitý pro měření.



9.4.5 Vytvoření souřadnicového systému

Souřadnicový systém popisuje nulový bod a orientaci měřicího projektu.



Vyhledání nástroje

Nástroje → Souřadnicové systémy → Vytvořit Kartézský



9.4.5.1 Přehled

Kartézské souřadnicové systémy mohou být vytvořeny následujícím způsobem:

- Z primitivních prvků: Vybrané primitivní prvky definují souřadnicový systém.

Primární:	kružnice 1 -nom.-	▼	☞
Sekundární:	rovina 1 -nom.-	▼	☞
Terciární:	rovina 1 -měř.-	▼	☞

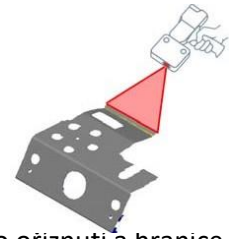
- Volitelné: kliknutím na barevnou šipku na ose se ostatní osy kolem ní otočí o 90 stupňů, čímž se změní jejich směr.

9.5 Kontrolní otázky

1. Jaký je princip skenování laserovým 3D skenerem?
2. Jak probíhá měření rozměrů pomocí posuvného měřidla?
3. Jakým způsobem probíhá vytváření prvků?
4. Jak se dělí snímací skenery?
5. Z čeho se skládá konstrukce skenovacího ramene?

10 Skenování laserovým skenerem, základní práce s programem, GD&T a hodnocení naměřených hodnot

10.1 Skenování polygonálního modelu pomocí metrik kvality



PolyWorks | Inspector nabízí možnost získávat data pomocí skenovacích plug-in modulů. Při skenování je možné zachytit povrch části nebo hranice vnějšího ořiznutí a hranice vnitřních děr tenkých částí. Tato data jsou získávána ve formě polygonálního modelu nebo mračna bodů.

Vyhledání nástroje

Nástroje → Plug-in moduly → [název zařízení]



10.1.1 Snímání plochy

Povrchové skenování shromažďuje datové body napříč celým materiálem v rozsahu digitizéru. Pokud používáte technologii síťování v reálném čase, jsou tyto datové body převedeny na polygonální model.

○ Vybrat Nástroje → Plug-in moduly → [název zařízení]

Alternativně, když je zařízení vybráno, klikněte na tlačítko Scan na panelu zařízení.

- Vyberte typ skenování pro skenování povrchu.
- Vyberte síťování v reálném čase.
- Zvolte polygonální model jako konečný datový typ.



○ Metriky kvality

Při použití síťování v reálném čase je kvalita skenování monitorována a nekvalitní oblasti jsou detekovány pomocí čtyř měření kvality:

○ Velký úhel skeneru k povrchu

Tato metrika kvality se řídí úhlem mezi digitalizačním vektorem (směr, kterým je laserové světlo promítáno) a kolmým vektorem skenovaného povrchu.



Nejkvalitnější data se získají, když je laser ke skenovanému povrchu kolmý.

○ Nízká hustota skenování pro zakřivení sítě

Tato metrika kvality identifikuje problematické oblasti, kde lokální rozlišení datových bodů není dostatečné k řádnému získání plynulého přechodu zakřivení.



V oblastech s nízkým zakřivením je přijatelná nízká hustota skenovaných datových bodů, zatímco v oblastech s vysokým zakřivením je vyžadována vyšší hustota.

Realizováno v rámci projektu:

Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591

- Vysoká hladina šumu

Tato metrika kvality detekuje vysokou hladinu šumu na skenovaných datech, která je často výsledkem odrazu světla (lesklý materiál), tmavých materiálů (méně odraženého světla) nebo strukturovaných povrchů (výstup z obrábění).



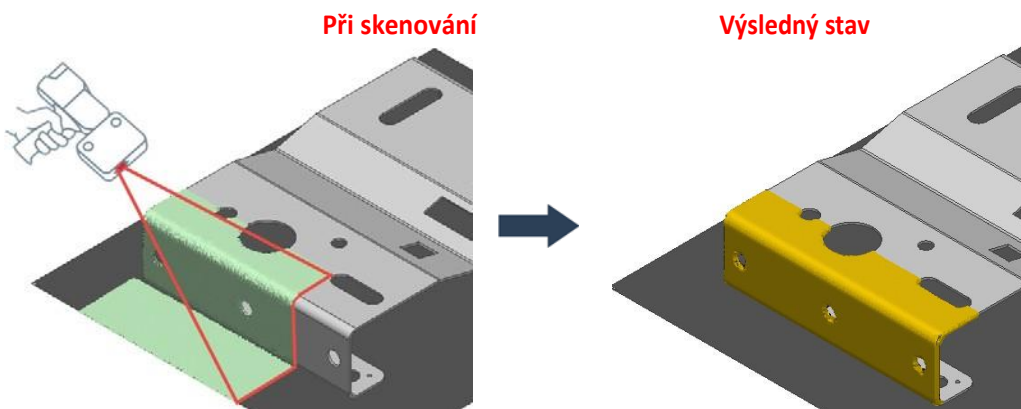
- Detekce nesrovnalostí při snímání

Tato metrika kvality analyzuje každé skenování, tak jak je zachyceno. Za určitých okolností, jako jsou nesprávné kalibrace ramen, posunutí součástí nebo změny teploty, může dojít k nesprávnému srovnání přichozích skenovaných vstupů, které jsou nepřijatelné na základě stanovené maximální průměrné odchylky.

10.1.2 Rovina ořezu

Při skenování součásti se často skenuje i část podložky, na které tato součást leží. V těchto situacích je rovina ořezu užitečná pro automatické mazání bodů, které vznikly skenováním podložky.

Datové body jsou zobrazeny během průchodu skeneru, ale jsou trvale smazány poté, co skener projde viz obr.



- V dialogovém okně skenování zapněte Rovinu ořezu.
- Stiskněte tlačítko **Definovat roviny ořezu** pro definování ořezové roviny.
- Vyberte metodu: Sonda nebo Z roviny.



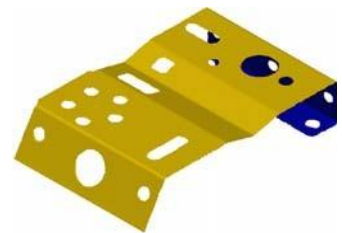
10.1.3 Profily skenování

Profily skenování jsou nabízeny v dialogovém okně plug-in. Po výběru profilu se hodnota parametrů skenování odpovídajícím způsobem změní, což zjednodušuje nastavení nové relace laserového skenování. K dispozici jsou čtyři předdefinované profily, které jsou přizpůsobeny velikosti nejmenších detailů, které budou zachyceny:

- Hrubé rozlišení: Pro detaily větší než 2,0 mm.
- Standardní rozlišení: Pro detaily větší než 1,0 mm.
- Jemné rozlišení: Pro detaily větší než 0,5 mm.
- Extra jemné rozlišení: Pro detaily menší než 0,5 mm.
- Velký odstup: Pro skenery s odstupem větším než 500mm.

10.1.4 Import skenu

V typickém procesu kontroly, Datové objekty představují objekty, které budou kontrolovány. Mohou být ve formě polygonálních modelů nebo mračen bodů.



Vyhledání nástroje

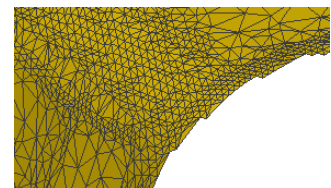
Soubor → **Importovat** → [vybrat typ objektu dat]



10.1.4.1 Import polygonálního modelu

Polygonální model je síť složená z trojúhelníků a vrcholů získaných z datových bodů naskenovaných na skutečné části.

Soubor polygonálního modelu může být ve formátu PolyWorks (například POL nebo PJK) nebo v neutrálním formátu (jako je STL nebo OBJ).

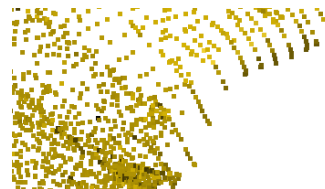


Soubor → **Importovat** → **Polygonální modely**



10.1.4.2 Import mračna bodů

Datový soubor může být ve formátu PolyWorks (PSL nebo PIF soubory), v nativním formátu nebo neutrálním formátu (například IGES nebo v textovém souboru).

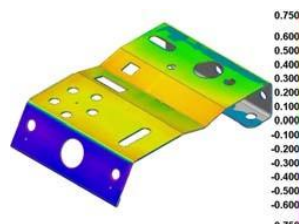


Soubor → Importovat → Mračna bodů



10.1.5 Měření odchylky pomocí barevných datových map

Odchylky datových objektů z referenčních objektů mohou být měřeny. Výsledky jsou zobrazeny ve 3D pomocí barevné datové mapy.



Vyhledání nástroje

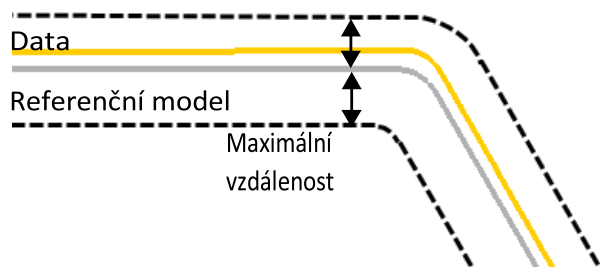
Měřit → Odchylky datových objektů → od povrchu referenčního objektu



10.1.5.1 Vytvoření

- Referenční objekty: Vyberte odpovídající referenční objekty.
- Datové objekty: Vyberte příslušné datové objekty.
- Maximální vzdálenost: Při nalezení odchylek datového objektu od referenčního objektu se považuje maximální vzdálenost hledání. Zajistěte, aby byla maximální vzdálenost větší než očekávané odchylky, aby byly započítány všechny odchylky.

Maximální vzdálenost (horní)



10.1.5.2 Úprava barevné škály



Limity rozsahu

Nastavení limitů zobrazené barevnou stupnicí.

Toto nastavení je vhodné pro zlepšení čitelnosti zobrazovaných odchylek.

- V části Limity rozsahu zvolte Vlastní.
- Zadejte maximální a minimální hodnoty.

Limity rozsahu

Automatický

Vlastní

Max. hodnota:

Min. hodnota:

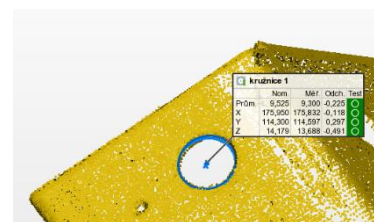
10.1.5.3 Skrýt a zobrazit barevnou mapu



Chcete-li skrýt zobrazení aktivní barevné datové mapy, klikněte na: Skrýt barevnou mapu.

10.1.6 Extrakce požadovaných údajů z nasnímaných dat

Metoda extrakce naměřených dat extrahuje měřené komponenty vybraných měřených objektů z dostupných datových objektů s použitím nominálních prvků objektu jako výchozího bodu.



Vyhledání nástroje

Měřit → Extrahovat měřené



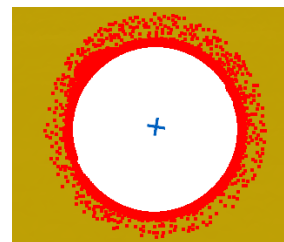
10.1.6.1 Přehled

Předpokládá se, že datové objekty byly srovnány do příslušných referenčních objektů.

Způsob extrakce naměřených dat je k dispozici z mnoha měřených objektů: prvků, průřezů, srovnávacích bodů, měřidel a referenčních cílů.

Operace extrakce používá parametry na kartě Měření v listu vlastností každého vybraného objektu k automatickému výběru prvků datového objektu. Poté je měřená komponenta vytvořena na základě vybraných prvků a typu Fit: Best-fit, Min nebo Max.

Výběr prvků pro měření objektu.

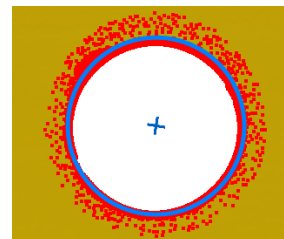


○ Best-fit

Je-li vybrán typ Best-fit použije se standardní algoritmus nejlepšího přizpůsobení pro vygenerování objektu, který je průměrným přizpůsobením uvnitř se nacházejících datových prvků.

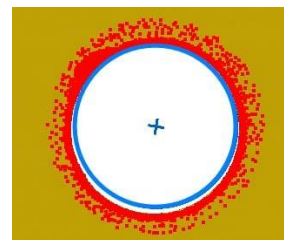
Tento výchozí typ přizpůsobení je nejvýhodnější pro mnoho typů prvků, například pro roviny je tato volba optimální.

V oblastech, kde se očekává, že je datový objekt obecně definován hladkým povrchem, je jakýkoli šum digitizéru rovnoměrně distribuován nad a pod povrchem.



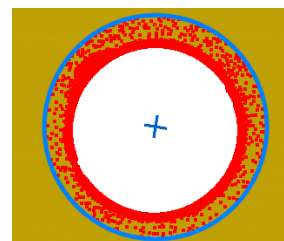
○ Min fit

Pokud je vybrán typ Min fit, objekt je přizpůsoben tak, aby se komponenta nedotýkala žádného bodu. V případě kruhové díry by se kruhový prvek umístil k nejnitičtějším datovým bodům, zatímco u rovinné plochy by se rovina přizpůsobila k dolním datovým bodům.



○ Max fit

Pokud je vybrán typ Max fit, použitý algoritmus přizpůsobení vytvoří nejmenší možnou komponentu, která uzavře všechny uvažované datové body. U válcové díry by se válec umístil k nejvzdálenějším datovým bodům, zatímco u rovinné plochy by se rovina přizpůsobila nejvyšším bodům.



10.1.7 Použití navigace při skenování

Použití navigace při skenování prvků vede uživatele k tomu, aby na základě naskenovaných prvků získal dostatek dat k provedení extrakce těchto prvků po provedení měření.



Vyhledání nástroje

Z panelu nástrojů pro skenování:

Navigace při skenování prvků



10.1.7.1 Přehled

Chcete-li využít navigaci, musí být snímací zařízení před-srovnáno s CAD modelem a musí být vytvořeny nominální rysy.

Pokyny jsou k dispozici pro všechny prvky, jejichž metoda měření je nastavena na:

- Nedefinováno: Vychází se z výchozích extrakčních parametrů.
- Extrakt: Vychází se z jednotlivých parametrů každého prvku.

10.1.7.2 Vizuální znaky navigační funkce

Oranžové kolíky označují umístění prvků.

Oranžové zvýraznění označuje místo, kde jsou požadovány dodatečné údaje.

Velikost a umístění zvýraznění jsou založeny na extrakčních parametrech stanovených pro každou funkci.

Šedý kolík pod šipkou označuje umístění prvku. Tyto prvky jsou však viditelné pouze ze zakryté strany.

Bílé zvýraznění označuje místo, kde jsou požadovány dodatečné údaje ve formě navazujícího Datového objektu.



10.2 Revize, report, a sdílení výsledků měření

10.2.1 Revize výsledků měření

Control Reviewer nabízí stručný pohled na měřené prvky geometrie. Zobrazuje tabulku kontrolních prvků a nabízí operace k jejich filtrování, třídění a seskupování v okně.

Název objektu	Požadavek	Odchyłka	Test
kružnice 1	$\varnothing 25,400 \pm 1,000$ lokální	0,808	Vyhovuje
kružnice 1	$\varnothing 1,000$	1,048	Nevyhovuje
kružnice 1	$\varnothing 1,000$	0,446	Vyhovuje
kružnice 1	Průměr	0,386	Vyhovuje
kružnice 1	X	-0,225	Vyhovuje
kružnice 1	Y	-0,473	Vyhovuje
kružnice 1	Z	0,518	Vyhovuje
válec 1	$\varnothing 9,525 \pm 1,000$ lícování	-0,174	Vyhovuje
válec 1	$\varnothing 1,000$	1,040	Nevyhovuje
válec 1	$\varnothing 1,000$	0,339	Vyhovuje
válec 1	Průměr	0,050	Vyhovuje
válec 1	Střední bod X	-0,300	Vyhovuje
válec 1	Střední bod Y	0,069	Vyhovuje
válec 1	Střední bod Z	0,000	Vyhovuje

Vyhledání nástroje

Report → Control Reviewer



10.2.1.1 Přehled

Control Reviewer může být použit pro:

- Přezkoumání výsledků měření různých hodnot
- Setřídění sloupců pomocí záhlaví sloupce
- Filtrování sloupců na základě jejich hodnot
- Nastavení 3D zobrazení pro zobrazení vybraného kontrolního prvku
- Vytváření kontrolního zobrazení z vybraných kontrolovaných prvků nebo všech kontrolovaných prvků.

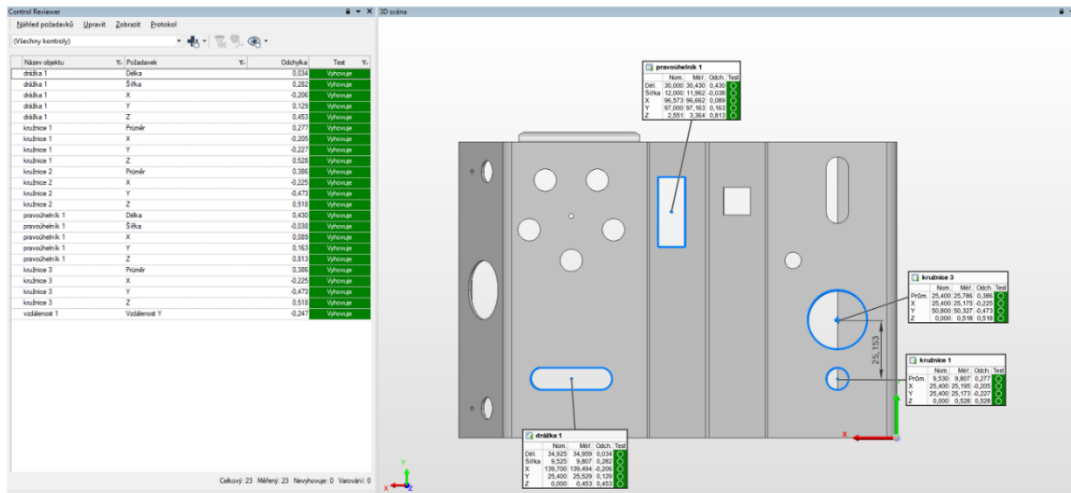


nebo

nebo

10.2.2 Revize výsledků měření pomocí kontrolního zobrazení

Kontrolní zobrazení lze použít k přezkoumání výsledků měření účinným a strukturovaným způsobem. Kontrolní zobrazení obsahuje seznam měřených prvků a přidružené 3D zobrazení.



Vyhledání nástroje

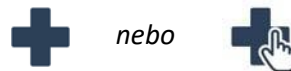
Ze 3D zobrazení:

Report → Vytvořit kontrolní zobrazení z 3D zobrazení



Alternativní z Control Reviewer

Kontrolní zobrazení → Vytvořit



10.2.2.1 Vytvoření kontrolního zobrazení ze 3D zobrazení.

Kontrolní zobrazení mohou být vytvořena z objektů zobrazených ve 3D zobrazení.

○ **Vybrat** → Vytvořit kontrolní pohled z 3D zobrazení



- Volba měřených prvků přidávaných ke kontrolnímu zobrazení závisí na viditelnosti popisků objektů.
- Snímek a tabulka protokolu je automaticky generována.

10.2.2.2 Vytváření kontrolních pohledů z Control Reviewer

○ Vytvořit kontrolní zobrazení z vybraných měřených prvků:
Vytvoří kontrolní zobrazení z vybraných kontrolovaných prvků v panelu.



○ Vytvořit kontrolní zobrazení: Vytvoří kontrolní zobrazení ze všech kontrolovaných prvků, také zachovává filtrování listu.



Realizováno v rámci projektu:

Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591

10.2.3 Vytvoření snímků a tabulek

Reportování pomocí kontrolních pohledů umožňuje generovat snímky a tabulky sestav, které jsou synchronizovány a propojeny s kontrolními pohledy. Snímky 3D zobrazení a tabulky sestav vytvořené z objektů měření mohou také zakončit protokol z měření.



Vyhledání nástroje


Report → [vyberte volbu]

10.2.3.1 Vytvořit kontrolní snímek a tabulku protokolu z kontrolního 3D zobrazení

Kontrolní pohled vytvořen z 3D zobrazení automaticky generuje snímek a reportovací tabulku, které se přidávají do zformátovaného reportu.

10.2.3.2 Vytvořit kontrolní snímek a tabulku ze všech kontrolních zobrazení


Jakmile jsou všechny kontrolních pohledy vytvořeny pomocí nástroje Control Reviewer, je možné vytvářet snímky a tabulky ze všech kontrolních pohledů.

- Vybrat: **Report** → **Vytvoření snímků a tabulek** → **Ze všech kontrolních zobrazení** 
- Z Control Reviewer, je možné vytvořit snímky a tabulky pro specifický kontrolní pohled.
- Vyberte požadované kontrolní zobrazení z kontrolního výběru.
- Klepněte na tlačítko Vytvořit snímek a tabulku pro aktivní kontrolní pohled.



10.2.3.3 Vytvoření snímku


Reportovací snímky jsou snímky pořízené z 3D zobrazení k reportování modelu a výsledků měření v plném detailu.

- Vybrat **Vytvořit** → **Reportovací snímky** → **Zachycení 3D zobrazení** 



10.2.3.4 Vytvoření reportovací tabulky

Reportovací tabulka je seznam požadovaných informací o jakémkoli objektu měření, jako jsou jmenovité a měřené hodnoty, tolerance, odchylky a stav úspěšnosti / selhání. Tabulky jsou velmi užitečným nástrojem prezentace výsledků měření.

- Vybrat **Report** → **Vytvořit tabulky** → **z objektů** 



10.2.4 Report o výsledcích měření pomocí formátovaných reportů

Vytváření reportů je klíčem k analýze a komunikaci v oblasti kontrolního měření. Report se obvykle sestává z tabulek sestav a snímků součástí, doplněných pozorováním, komentáři a závěry, vše naformátované do tisknutelného dokumentu.








Vyhledání nástroje

Report → **Vytvořit formátovaný report**

10.2.4.1 Vytváření formátovaných reportů

Formátované reporty jsou automaticky vytvořeny pokud:

- Jsou reportovací snímek a tabulka vytvořeny z kontrolního 3D zobrazení. 
- Jsou snímky a tabulky sestav vytvořeny ze všech kontrolních pohledů. 
- Jsou reportovací snímek a tabulka vytvářeny z konkrétního kontrolního zobrazení. 
- Jsou vytvořeny reportovací snímky 3D zobrazení. 
- Jsou vytvořeny reportovací tabulky z měřených objektů. 

Jakmile je sestava vytvořena a aktivní, lze do ní přidat další snímky a tabulky. Po dokončení sestavy ji lze exportovat do formátu PDF a tudíž sdílet libovolným způsobem.

10.2.4.2 Vlastní projekt

Vlastnosti projektu lze zadat ke kategorizaci projektu, jako je číslo dílu, číslo výrobní zakázky a další.

Vybrat: **Soubor** → **Vlastnosti projektu**

Dostupné vlastnosti:

- Organizace
- Název dílu
- Jméno zákazníka
- Číslo výkresu dílu
- Číslo výrobní zakázky
- Vlastní vlastnosti
- Číslo dílu

Nastavitelné vlastnosti mohou být definovány ve vlastnostech projektu.

10.2.4.3 **Určení kusových vlastností**

Každý kus má některé unikátní vlastnosti, například datum a čas, ve kterém je kus měřen atd.

- Vybrat **Soubor** → **Vlastnosti projektu**



Dostupné vlastnosti:

- Počet kusů
- Číslo objednávky
- Stav schválení
- Jméno pracovníka
- Datum
- E-mailová adresa
- Čas
- Příklad
- Sériové číslo
- Další vlastnosti

Poznámky: Nastavitelné vlastnosti mohou být definovány pro jednotlivé kusy

10.2.4.4 **Určení vlastnosti sestavy**

Formátované reporty mohou mít také jedinečné vlastnosti, jako je například název a autor.

Uvnitř editoru přehledů:

- Vybrat **Soubor** → **Vlastnosti**

Dostupné vlastnosti:

- Název
- Autor

Poznámky:

Nastavitelné vlastnosti mohou být definovány pro vlastnosti sestavy.

10.3 **Kontrolní otázky**

1. Jak se provádí extrakce prvků z mračna bodů?
2. Jak se provádí nastavení barevné mapy?
3. Jak nastavím detail skenování pro „Jemné skenování“?
4. Jak se provádím extrakce dat z mračna bodů?
5. Jak lze vytvořit snímky a vložit je do protokolu?

11 Aplikace pokročilých postupů při práci s mobilním skenerem ROMER

11.1 Získávání dat z více poloh zařízení

Získání datových bodů na velkých objektech vyžaduje překonání mnoha překážek. Některé objekty jsou větší než měřicí objem zařízení. Někdy musí být data získána na povrchu součásti, která je skryta před měřicím zařízením. Tyto situace vyžadují, aby se zařízení pro získání dat pohybovalo kolem součásti. V PolyWorks | Inspector se pozice zařízení zabývají touto konkrétní potřebou.

Vyhledání nástroje

Nástroje → Polohy zařízení → Pohyb zařízení



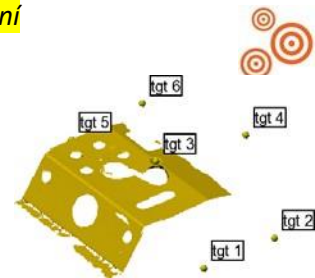
11.1.1 Srovnání pozice zařízení pomocí cíle

Sondované cíle se používají pro srovnání různých pozic zařízení. Cíle mohou být definovány z fyzických cílů strategicky umístěných na součásti a / nebo kolem součásti, nebo to mohou být prvky (body, kruhy, koule) na součásti. Pamatujte, že lze použít kombinaci fyzických cílů a funkcí na součásti.

- Pozice 1

○ Vybrat Nástroje → Pozice zařízení → Definovat měřené cíle polohy zařízení

- Nastavte způsob: Sonda
- Snímejte potřebné cíle.
- Získejte data o části.



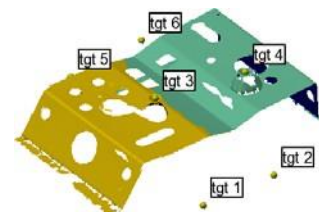
- Pozice 2

- Přesuňte zařízení nebo měřenou součást.

- Vyberte **Přesunout zařízení**



- Nastavte způsob srovnání na Cíle.
- Snímejte požadované plochy.
- Získejte data o části.



- Pozice n
- Opakujte výše uvedené kroky podle potřeby.

Realizováno v rámci projektu:

Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591

11.1.2 Propojení pozic zařízení pomocí informací o povrchu

Díl je digitalizován a skenované povrchy jsou použity pro srovnání, což zahrnuje srovnání mezi objekty (nasmímaným a výchozím). Tato technika vyžaduje následující kroky:

- Získat data na různých pozicích zařízení.
- Srovnejte rozdílné datové objekty pomocí srovnání dat Best-fit k datovému objektu.
- Jakmile jsou datové objekty těsně srovnány, globálně optimalizujte srovnání.
- Sjednoťte polygonální modely do jednoho datového objektu.

11.1.3 Získávání dat

- Pozice 1
- Získávání údajů ze součásti.



- Pozice 2
- Přesuňte zařízení nebo část.

- Vybrat **Přesunout zařízení**
- Nastavte způsob srovnání na Vlastní (Custom).
- Získejte údaje ze součásti.
- Pozice n
- Opakujte výše uvedené kroky podle potřeby.



11.1.4 Srovnání různých datových objektů k sobě

Na základě informací o povrchu použijte srovnání objektů Data-Data Best-Fit k srovnání datových objektů k sobě. Vyžadují se překrývající se údaje.

Srovnat → **Best-Fit Datové Objekty** → **Data do datových objektů**



- Klepněte na srovnání datových objektů



11.1.5 Globální optimalizace srovnání

Pokud jsou přítomny tři nebo více datových objektů z různých pozic zařízení, lze srovnání všech datových objektů optimalizovat pomocí metody globálně optimalizovaného srovnání, aby se zajistily nejlepší výsledky, pokud jde o srovnání mezi naskenovanými datovými objekty. Obvykle by tato metoda měla být použita v poslední poloze zařízení.

Srovnat → Best-Fit Datové Objekty → data do datových objektů



- Klepněte na Globálně optimalizovat srovnání.



11.1.6 Sjednocení polygonálních modelů

Před prohlídkou součásti se doporučuje sjednotit polygonální modely do pouze jednoho datového objektu.

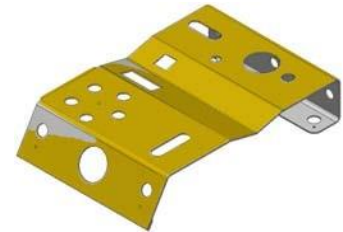
Nástroje → Datové objekty → Vytvořit polygonální model



11.2 Srovnání měřené součásti k referenčnímu objektu

11.2.1 Srovnání pomocí povrchů objektu

Srovnání je operace, která přenese datový objekt do souřadnicového systému referenčního objektu. Dostupná naskenovaná data vybraných datových objektů na povrch referenčních objektů (model CAD).



Vyhledání nástroje

Srovnání → Best-Fit Datové objekty → Data do referenčních objektů



11.2.1.1 Přehled

Toto srovnání se provádí ve dvou krocích. Za prvé, předběžné srovnání se provádí pro přiblížení naskenovaných dat k referenčnímu objektu. Poté se provede samotné srovnání, což je optimalizační krok pro minimalizaci odchylek datových bodů ve vztahu k povrchu referenčního objektu.

11.2.1.2 Předběžné srovnání

Pro správnou funkci automatického předběžného srovnání musí datový objekt pokrýt většinu referenčního objektu a referenční objekt nesmí mít symetrický tvar.

Dostupné metody jsou:

- Automatické: Toto je standardní metoda.
- Bodové páry: V případě, že automatické předběžné srovnání nepřinese výsledek, je možné předběžné srovnání provést ručně, pomocí jedné z metod Bodových párů.

11.2.1.3 Srovnání bodových párů

Po vstupu do režimu se referenční objekt a datový objekt zobrazí v samostatných oknech.

- Klepněte na tlačítko N Bodových párů.



- Přesunutím referenčního objektu (vlevo) a objektu Data (vpravo) budou mít objekty podobnou orientaci. To usnadňuje

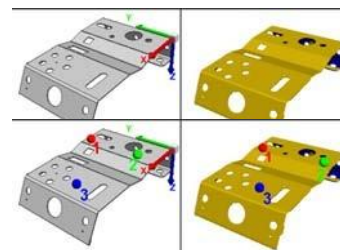
výběr párů bodů v podobných oblastech

- Ukotvěte odpovídající body na obou objektech pomocí stejného pořadí. Jsou požadovány minimálně tři páry bodů.

Body jsou zobrazeny pomocí stejné barvy a stejného

čísla v dolním indexu.

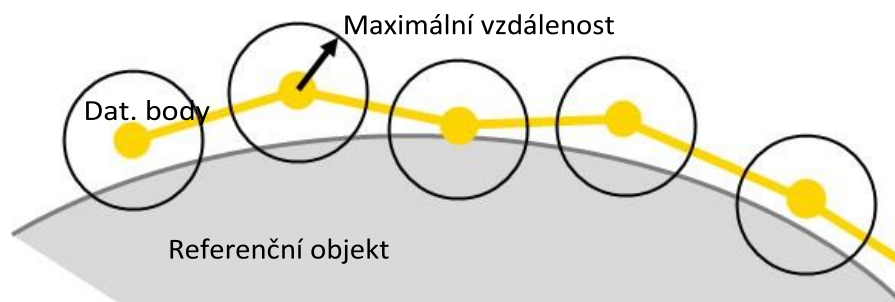
- Klepněte pravým tlačítkem myši pro dokončení operace.



11.2.1.4 Maximální vzdálenost

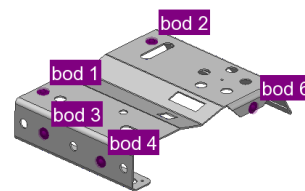
Maximální vzdálenost je poloměr vyhledávání používaný k přiřazení datových bodů k povrchu referenčního objektu.

Pokud je datový objekt výrazně odchylen od referenčního objektu, zvýšte maximální vzdálenost tak, aby odpovídala datovým bodům povrchu referenčního objektu.



11.2.2 Srovnání pomocí sondování povrchových bodů

Způsob srovnání povrchových sondovaných bodů se používá k srovnání sondovaných bodů s body ve stejných místech na referenčním objektu. Tento nástroj předběžného srovnání velmi usnadňuje vizualizaci a přístup k dalším operacím.



Vyhledání nástroje

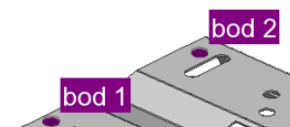
Zarovnání → Zarovnání bodů povrchu



11.2.2.1 Způsob vytváření

- Ukotvit: Ukotvit šest bodů v referenčním objektu, které budou použity pro srovnání

Všech šest stupňů volnosti by mělo být omezeno použitím metody 3-2-1 srovnání.



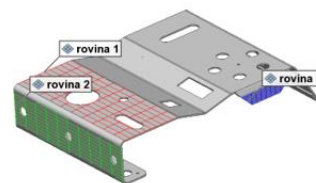
11.2.2.2 Metoda měření

- Zdrojové body sondy: Na fyzické součásti sondujte stejných šest bodů ve stejném pořadí.



11.2.3 Srovnání pomocí kolmých rovin (Srovnání na tři roviny)

Metoda srovnání kolmých rovin srovná datový objekt k referenčnímu objektu tím, že srovná tři roviny (rovinné prvky).



Vyhledání nástroje

Zarovnání → Prvkově založené → Zarovnání kolmých rovin



11.2.3.1 Přehled

Roviny se musí protínat v prostoru, aby mohly být použity pro toto srovnání.

Pořadí, ve kterém jsou roviny uvedeny, je důležité. První rovina je primární rovina a má přednost před druhou a třetí rovinou při srovnávání.

○ Zdroj

Měřené části rovinných prvků použitých pro srovnání by měly být ve sloupci Zdroj.



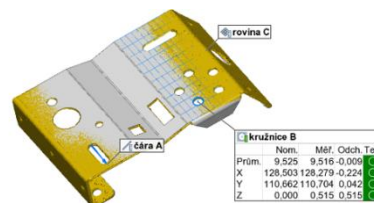
○ Destinace

Odovídající nominální části rovinných prvků by měly být ve sloupci Destinace.



11.2.4 Srovnání pomocí roviny, osy, a středového bodu

V metodě srovnání pomocí roviny, osy a středového bodu je používána k srovnání datových objektů na referenční objekty dvojice rovinných prvků: směrové prvky a prvky středových bodů.



Vyhledání nástroje

Zarovnání → Založené na prvcích → Pomocí roviny, vektoru a středového bodu



11.2.4.1 Přehled

Měřená součást objektu je přiřazena jako zdrojový objekt, zatímco jeho nominální součást je přiřazena jako cílový objekt.

- Sekvence: Nastavuje posloupnost, v jakém pořadí jsou prvky upřednostňovány.
- Zdroj: Měřené prvky součásti použitých pro srovnání by měly být specifikovány jako zdrojové objekty.
- Destinace: Nominální (jmenovité) prvky součásti k srovnání by měli být uvedeny jako destinace.

Název:

Sekvence:

Parametry

Rovina

Zdroj:

Cíl:

Osa

Zdroj:

Cíl:

Středový bod

Zdroj:

Cíl:

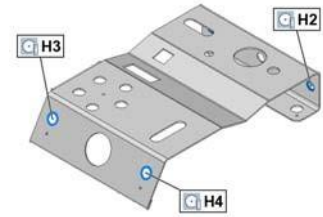
Realizováno v rámci projektu:

Kurzy pro společnost 4.0, s registračním číslem: CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_031/0011591

11.2.5 Best-fit

Tato metoda srovná měřené prvky objektu měření s odpovídajícími nominálními prvky.

Může být použita celá řada měřených objektů.



11.2.5.1 Vyhledání nástroje

Zarovnání → Nejlepší proložení na měřené objekty



11.2.5.2 Přehled

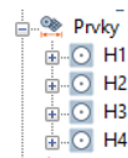
Tato metoda srovnání minimalizuje vzdálenost mezi měřenými datovými body nebo změřenou geometrií měřených objektů k nominální geometrii měřených objektů.

Součást by měla být před-srovnána k referenčnímu objektu. Je však možné specifikovat předběžnou úpravu před provedením srovnání Best-fit měřených objektů.

K dispozici je několik technik srovnání na základě typů použitých objektů měření. Je možné použít:

- Prvky (všechny typy s výjimkou vzdálenosti, úhlů, desek a křivek)
- Srovnání bodů

Je doporučeno vybrat objekty, které budou použity pro srovnání ve stromovém zobrazení před přístupem k srovnání měřících objektů Best-Fit.



Vybrané objekty jsou automaticky přidány do podokna.

11.2.5.3 Klíčové parametry

- Automatické před-srovnání: Proveďte automatické před-srovnání za účelem lepšího výsledku v situacích kdy jsou objekty daleko

od sebe a jsou možná různá optimalizační řešení.

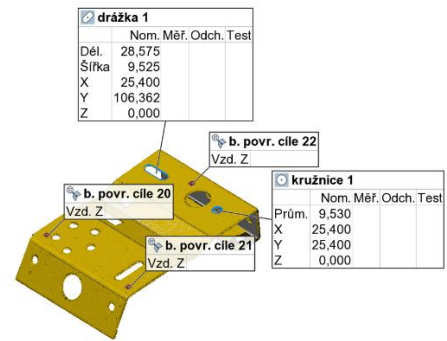
- Určete směr srovnání (X, Y, Z), pro každý objekt.
- Best-fit měření objektů – Panel s Nastavením a výsledky.
- Použití X, Y, Z viz. obr.

Objekt	Osa X	Osa Y	Osa Z
H1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
H2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
H3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
H4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



11.2.6 Srovnání pomocí referenčních hodnot

Referenční cíle jsou body, čáry nebo oblasti, které lze použít k omezení srovnání podél určeného směru. Obvykle se vyskytují ve výkresech plechových součástí, jakož i ve výkresech forem a zápustek, ve kterých jsou stanoveny specifické souřadnice součásti a jsou stanoveny směry podél standardních os pro srovnání součástí.



11.2.6.1 Vyhledání nástroje

Zarovnaní → Referenční Cíle → Srovnání



Zarovnaní → Referenční Cíle → Srovnání sondováním



11.2.6.2 Vytvoření referenčních hodnot

- Vybrat: Měření → Referenční Cíle → Vytvořit → [vybrat typ]

Referenční body: Jsou umístěny v přesných souřadnicích a srovnávají Datový objekt podél směrů srovnání. Existují podtypy referenčních cílových bodů.

- Povrchové referenční body: Jsou umístěny v přesných souřadnicích na povrchu referenčních objektů.

- Prvkové referenční body: Jsou vytvořeny z přesných souřadnic referenčního objektu a jsou spojeny s jednotlivými prvky,

jako je kruh, díra nebo rovina.



Referenční přímkové: Jsou vytvořeny z přímkových prvků a jsou omezeny výstupky nebo ostrými hranami.

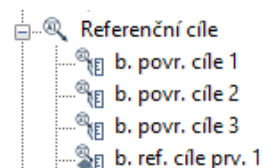
Referenční cílové oblasti: Srovnávají datový objekt v závislosti na určité oblasti s referenčním objektem.

- Nastavte směr srovnání cílového bodu. To může být nastaveno Automaticky, Normálový bod, + X, -X, + Y, -Y, + Z, -Z nebo směr XYZ.

11.2.6.3 Srovnání

Tato metoda vyrovnání je pro referenční cíle, které jsou měřeny pomocí metod extrakce měření nebo snímání. Umožňuje provedení srovnání po změření referenčních cílů, jakož i prvků navázaných nebo specifikovaných na referenční cílové body prvků.

- Po provedení měření, vyberte referenční cíle ve stromové nabídce.



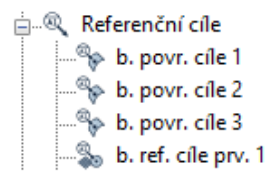
- Vybrat: **Zarovnání** → Referenční Cíle → **Zarovnání**



11.2.6.4 Srovnání sondováním

Tento způsob srovnání je pro referenční cíle, které se měří pomocí metod měření sondy. Je určeno pro snímání referenčních povrchových cílových bodů přímo i vázaných prvků nebo pro prvkové referenční cílové body. Toto srovnání se provádí tím, že bude každý cílový bod naskenován.

- Vyberte referenční cílové body ve stromové nabídce.



- Vybrat: **Srovnání** → Referenční Cíle → **Srovnání sondováním**

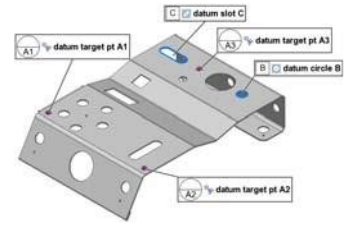


- V podokně srovnání referenčních cílových bodů sondováním, klepněte na tlačítko Sondováno.



11.2.7 Srovnání pomocí datového referenčního rámce

Datový Referenční rámec (DRF) je odkaz, který slouží k orientaci a lokalizaci objektů v prostoru. DRF se může skládat z datových prvků s nominálními a měřenými primitivními prvky. Může se také skládat z datových bodů. DRF slouží k orientaci a lokalizaci tolerančních zón, které jsou kontrolovanými prvky geometrického kótování a tolerance (GD&T).



11.2.7.1 Vyhledání nástroje

Srovnání → Datový referenční rámec → Srovnání



Srovnání → Datový referenční rámec → Srovnání sondováním



11.2.7.2 Srovnání

Tato metoda umožňuje srovnat datové objekty na definovanou DRF pomocí referenčních bodů nebo pomocných cílů, které jsou již změřené, a to buď s použitím metody extrakce, nebo metody sondování.

○ Vybrat: Srovnání → Datový referenční rámec → Srovnání



○ DRF je již specifikováno v rámci kontroly prvků GD & T kontrolované prvky se automaticky objeví v seznamu. Vyberte existující DRF a proveďte srovnání.

○ Vytvořte novou DRF z dialogového okna. Poté ji vyberte ze seznamu a proveďte srovnání.

Creation	
Datum feature 1:	A
Datum feature 2:	B
Datum feature 3:	D
Create	

11.2.7.3 Srovnání sondováním

Tato metoda umožňuje srovnávat datové objekty na definovanou DRF pomocí vztažného bodu nebo pomocného cíle, který se změří pomocí sondy. Pořadí, ve kterém jsou data sondována, je založen na jejich pořadí v Datovém referenčním rámci.

- Vybrat: **Srovnání** → **Datový referenční rámec** → **Srovnání sondováním**.



Ve srovnávacím referenčním rámci v panelu Sondování:

- DRF je již uvedeno v rámci kontrolních prvků funkcí GD & T a tudíž se automaticky objeví v seznamu. Vyberte existující DRF.



- Vytvořte novou DRF z podokna. Klepněte na tlačítko Vytvořit datový referenční rámec. Po vytvoření, jej vyberte ze seznamu.



- Klepněte na tlačítko Měřeno sondou.



11.3 Kontrolní otázky

1. Popište srovnání pomocí kolmých rovin (na tři roviny).
2. Popište přemístění ramene.
3. Jaké jsou druhy vyrovnání?
4. Jak se provádí Vytvoření položek: „Nový dílec“ a „Nová šablona“?
5. Jak se provádí srovnání pomocí: roviny, osy a středového bodu?

12 Základní seznámení se software SpaceClaim

12.1 Základní nástroje pro práci ve SpaceClaim

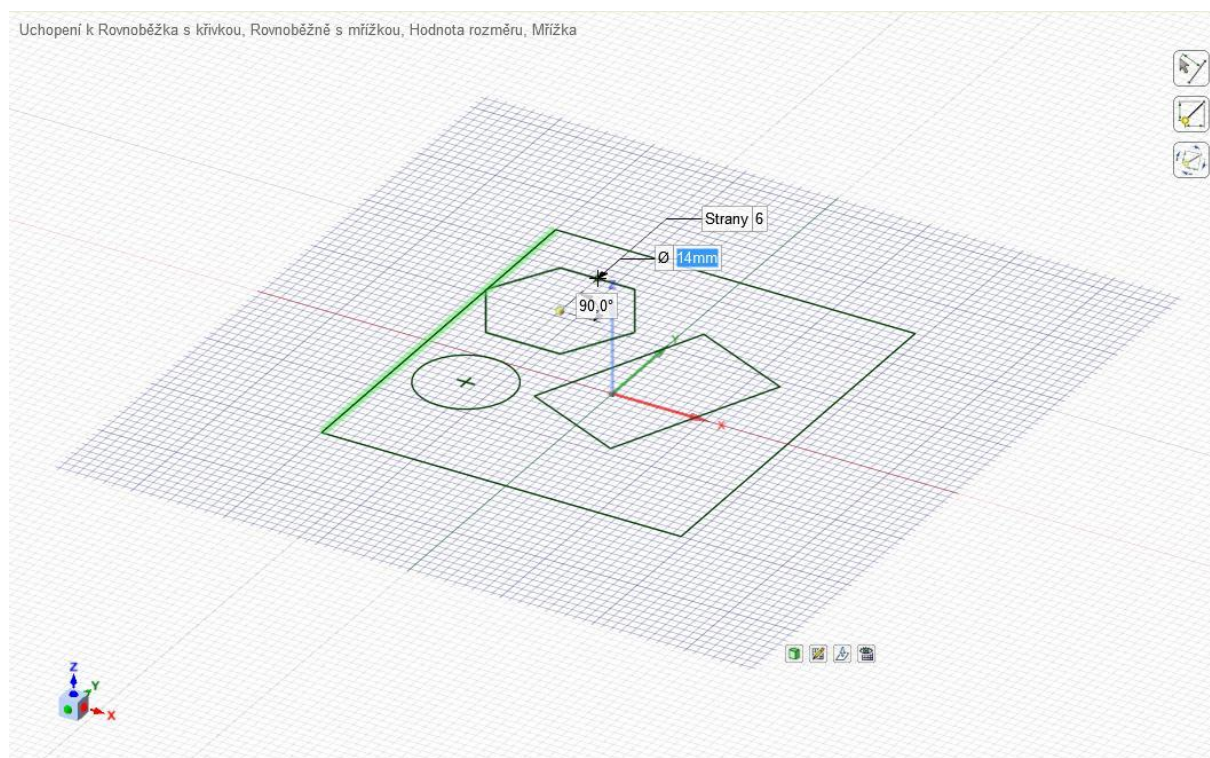
12.1.1.1 Náčrt

Náčrt je důležitá fáze modelování v případě, že chcete vytvořit zcela novou geometrii. Pro úpravy stávající geometrie není, ve většině případů, nutné náčrt využívat.



Pro náčrt můžete použít základní konstrukční prvky, jako je bod, úsečka, kružnice nebo křivka. Můžete využít i zjednodušených nástrojů jako např. mnohoúhelník, obdélník, obdélník třemi body, elipsa a další.

Náčrt lze provádět na 2D mřížku nebo na plochu či stěnu modelu.



12.1.1.2 Úpravy

Funkce pro úpravy slouží k editaci stávající geometrie nebo k vytváření nové geometrie z náčrtu. Většina funkcí a možností úprav je reprezentována těmito čtyřmi nástroji:



12.1.1.3 Vybrat



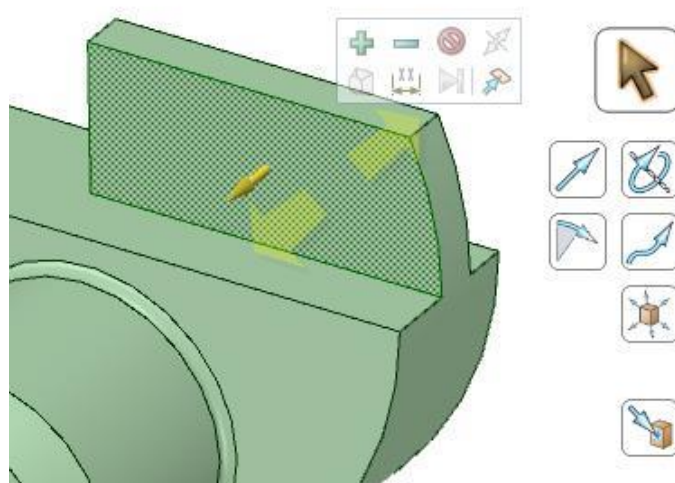
Touto funkcí lze provádět výběry bodů, úseček, oblouků, křivek, kružnic, hran, ploch, těles, sestav, os, výběry ve 2D nebo 3D, výběry v okně kreslení nebo v panelech sestavy modelu, výběry dle vlastností prvků a mnoho dalšího.

Při označování lze použít jednoduché, dvojité nebo trojitě kliknutí, přičemž se vybere jeden prvek, řetězec nebo celá součást. Samozřejmostí je také možnost výběru oknem nebo pomocí klávesové zkratky Ctrl+A.

12.1.1.4 Vytáhnout



Funkce slouží pro offsetování, prodloužení, rotaci, tažení, náklon, propojení ploch, zaoblení nebo sražení rohů a prodloužení hran ploch. Funkci lze použít mimo jiné i k uchopení a tažení bodu v rovině a vytvoření křivky.

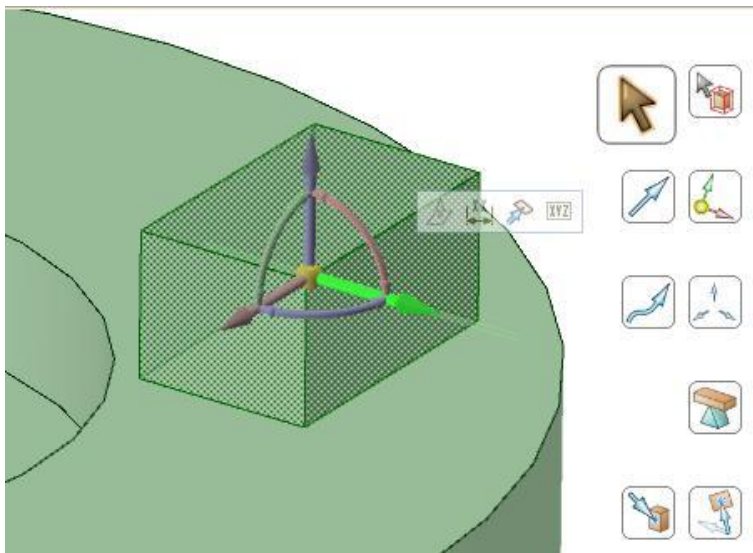


Při použití této funkce je zobrazena nabídka rozšiřujících funkcí a při označení prvků i kontextová nabídka pro úpravu daného prvku.

12.1.1.5 **Posun**

Tuto funkci lze opět využít jak ve 2D, tak i ve 3D. Chování funkce se mění v závislosti na tom, jaký typ prvku je označen.

Označíte-li těleso, můžete jej posouvat nebo rotovat.

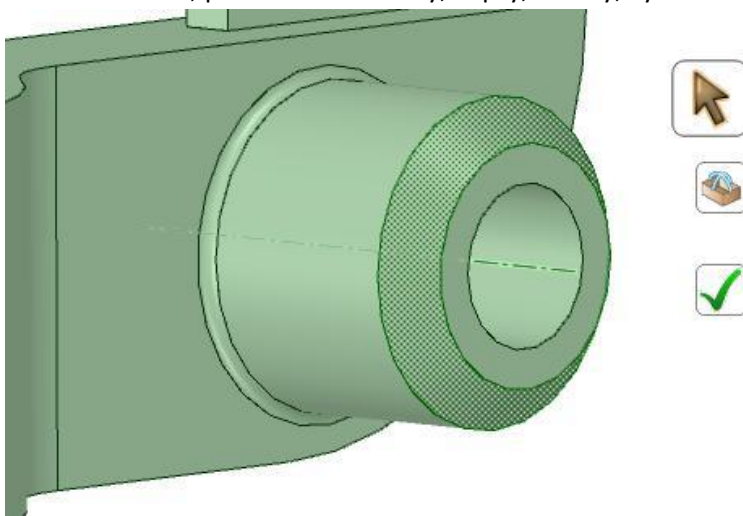


Při označení stěny tělesa můžete těleso zvětšovat nebo zmenšovat. Můžete také naklánět stěnu atd.

Při posouvání lze tvořit pole.

12.1.1.6 **Vyplnit**

Touto funkcí lze zrušit některé útvary na modelu nebo ploše či křivce. Můžete například odstranit otvory, zaoblení nebo sražení hran, přechodové rádiusy, kapsy, nálitky, vybrání a mnoho dalšího.

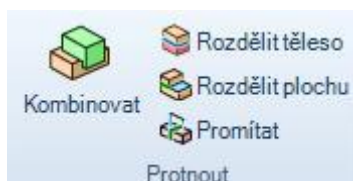


Tyto čtyři funkce jsou základními nástroji SpaceClaim, kterými budete schopni provádět naprostou většinu potřebných úkonů. Všechny tyto funkce mají široké možnosti využití a díky doplňkovým funkcím a nabídkám vám umožní pracovat rychle a efektivně, bez nutnosti detailní znalosti prostředí a panelů. To vše je doplněno českou kontextovou nápovědou pro ještě lepší orientaci.

Všechny tyto základní funkce mají vlastní klávesové zkratky. V menu SpaceClaim pak lze nastavit, zda budou tyto zkratky viditelné na panelech.

12.1.1.7 **Prolnutí**

Pro práci se sčítáním nebo rozdělováním ploch a těles lze využít funkce z panelu Protnout, mezi které patří:



12.1.1.8 **Kombinovat**

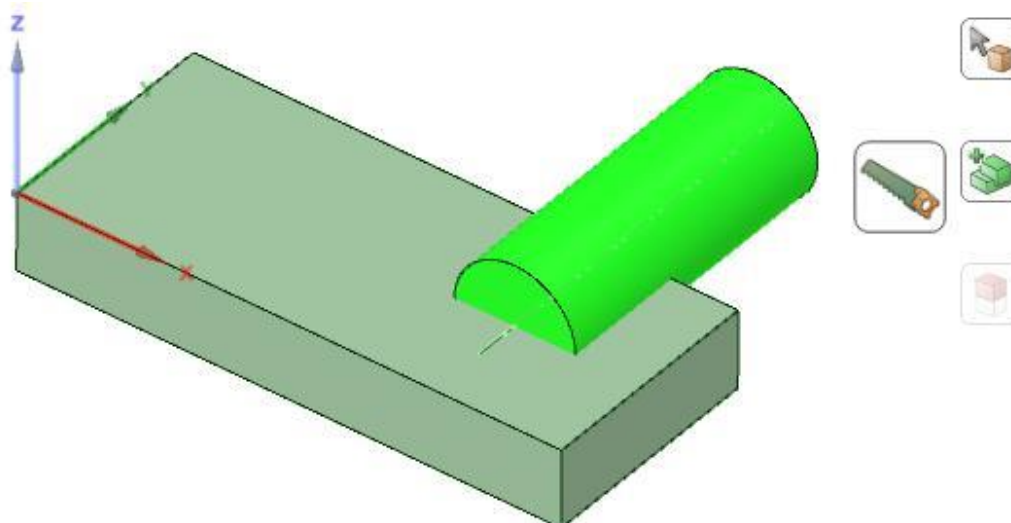


Tato funkce poskytuje nástroje pro:

Sčítání těles - tělesa jsou sečtena do jednoho

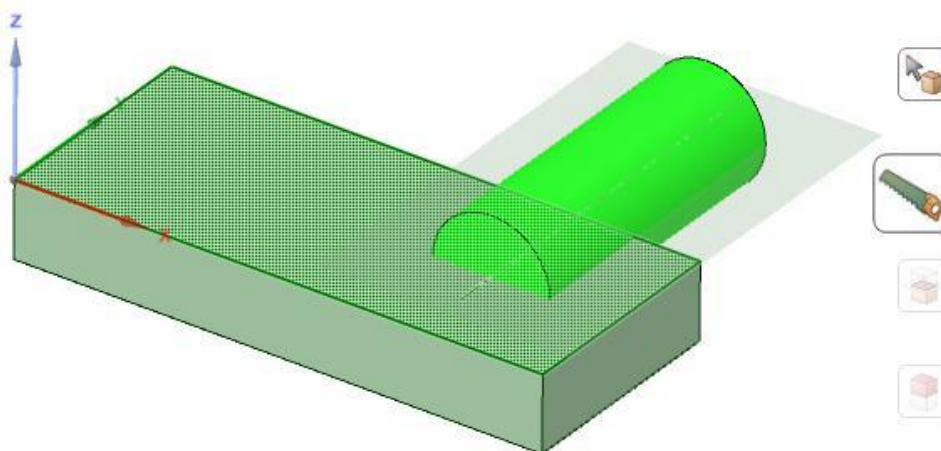
Rozdíly těles - tělesa jsou odečtena. Jejich průniky mohou být ponechány nebo automaticky odstraněny.

Tvorba 3D křivek průniků ploch - na průnicích ploch lze vytvořit 3D křivku, která může dále sloužit například pro tvorbu plochy apod.

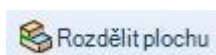


12.1.1.9 Rozdělit těleso

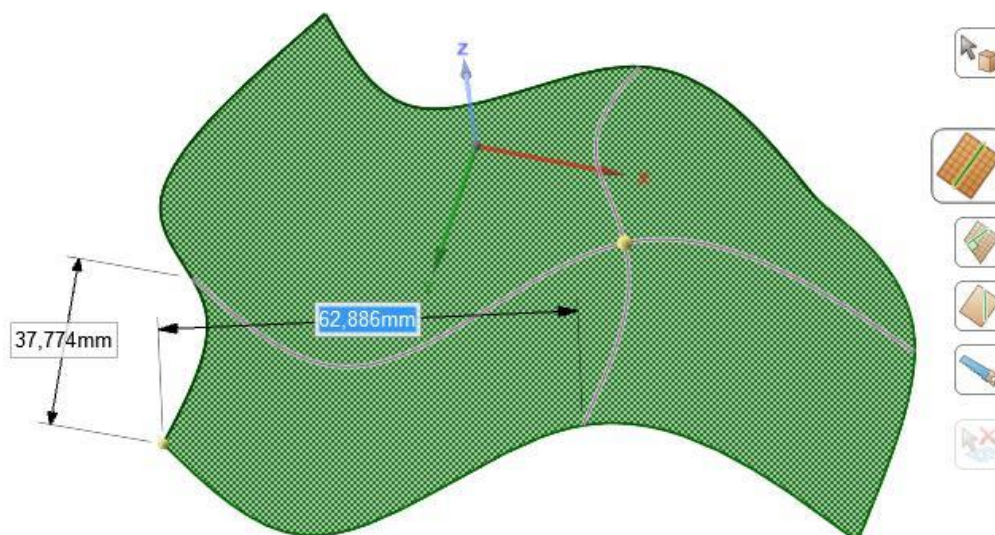
Tato funkce umožňuje velmi rychlé rozdělení součásti dle označené plochy či roviny. Mezi doplňkové podfunkce patří například automatické sečtení zbylých těles po odstranění jejich nepotřebných částí.

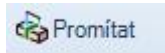


12.1.1.10 Rozdělit plochu

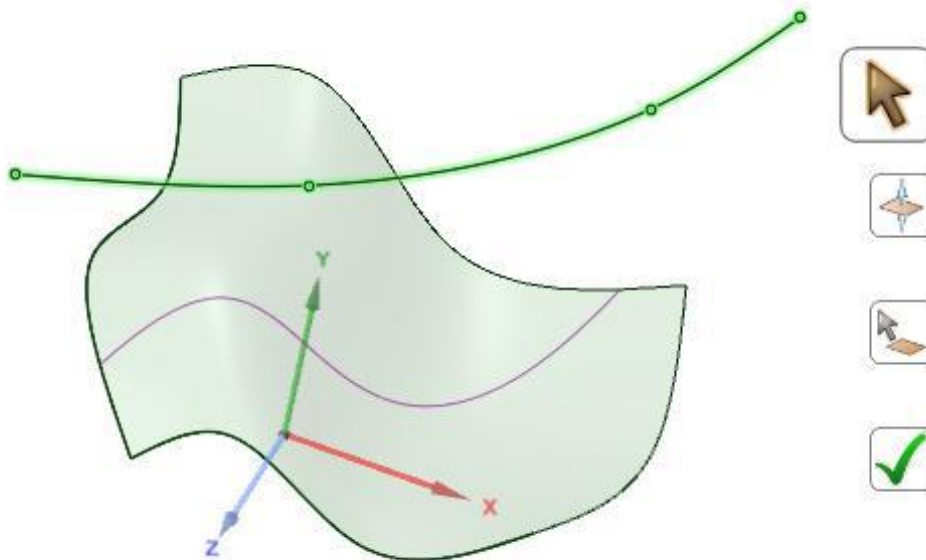


Tímto nástrojem lze rozdělit plochy nebo plochy na tělesech jedním až dvěma kliknutími. Stačí pouze vybrat plochu a zvolit způsob rozdělení – například dle jiné plochy, křivky na ploše, mezi dvěma body, automatické rozdělení rotačních ploch apod.



12.1.1.11 **Promítat**

Tato funkce slouží pro průmět skic, křivek nebo hran ploch a těles na plochu, těleso nebo do roviny.



Všechny funkce pro prolnutí těles a průměty opět disponují velkým množstvím doplňkových funkcí, které vám pomohou rychle a snadno dosáhnou požadovaného výsledku.

12.2 Kontrolní otázky

1. Popište využití náčrtu.
2. Jak lze vytáhnout náčrt do 3D?
3. Jak lze provést Posun (rotaci)?
4. Jak rozdělit těleso?
5. Jak rozdělit plochu?

13 Prezentace týmových projektů k měření systémem ROMER, konzultace, rekapitulace

Cílem tohoto výukového bloku je umožnit studentům prezentovat výsledky zadaných týmových projektů realizovaných v předcházejících výukových blocích pomocí 3D měřicího systému ROMER Absolute Arm včetně základů práce transformace naskenovaných dat do plnohodnotného CAD modelu s aplikovatelností v reverzním inženýrství.

Dalším cílem je na základě prezentace výsledků vyhodnotit jejich kvalitu, konzultovat získané poznatky z měření a vyhodnocování, jakož i z vlastní prezentace. Součástí bloku je rovněž finální diskuse se studenty k práci na 3D měřicím přístroji a na CAD modely transformačním software a rekapitulace klíčových parametrů práce.

Po tomto výukovém bloku by studenti měli porozumět principům:

- základů 3D měření pomocí 3D měřicího systému kombinující dotykovou sondu a laser,
- manipulace a ovládání moderních 3D měřicího systému kombinující dotykovou sondu a laser,
- základů práce s importem a exportem virtuálních objektů a CAD dat,
- základů práce s profesionálním softwarem pro rozměrovou analýzu, digitalizaci objektů a softwaru pro transformaci naskenovaných dat do CAD modelů.

Po tomto výukovém bloku by studenti měli umět:

- na základě konkrétního zadání posoudit vhodnost aplikovatelnosti 3D měřicího systému kombinující dotykovou sondu a laser pro danou měřicí úlohu,
- připravit měřený objekt, 3D měřicí systém kombinující dotykovou sondu a laser pro práci,
- ovládat 3D měřicí systém kombinující dotykovou sondu a laser při vlastním měření,
- v základním rozsahu využívat profesionální řídicí a vyhodnocovací software,
- komparovat naskenovaný model s podkladovým modelem a vyhodnotit odchytky,
- převést původní 3D model objektu na plnohodnotný 3D CAD datový objekt,
- v základu pracovat s CAD modely v 2D a 3D pro přípravu na další aplikace, např. reverzní inženýrství nebo 3D tisk.

POUŽITÁ LITERATURA

ŠTRONER, M., 2013. *3D skenovací systémy*. 1. Vydání. Praha: ČVUT. ISBN 9788001053713.

DĚDIČ, M., 2019. *3D scanning and analysis of acquired data of historically and culturally significant objects referring to the work of Adalbert Stifter*. MATEC Web of Conferences.

MANUÁL firmy INNOVMETRIC. *PolyWorks Inspector Training Workbook: Basic Probing and Scanning Applications for Portable Metrology*. Québec QC Canada, 2014.

MANUÁL firmy INNOVMETRIC. *PolyWorks Inspector Training Workbook: Basic Probing and Scanning Applications for CNC CMM*. Québec QC Canada, 2014.

HRBKOVÁ Eliška. *Problematika měření obecných tvarových ploch s využitím CMM*. Praha 2016. *Bakalářská práce (Bc.)*. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. Fakulta strojní Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie.

ČERMÁK Jan. *Metody 3D skenování objektů*. Brno 2015. *Bakalářská práce (Bc.)*. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Fakulta strojního inženýrství ústav automatizace a informatiky.

ČSN EN ISO 1101. *Geometrické specifikace produktu (GPS)*

SPACECLAIM. *První kroky ve SpaceClaim: Průvodce pro seznámení se SpaceClaim*. Tř. T. Bati 2112 Zlín, 2019.