



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNICKÁ PŘÍPRAVA VÝROBY KOMPONENTY RUČNÍ PALNÉ ZBRANĚ

TECHNICAL PREPARATION OF A HANDGUN COMPONENT PRODUCTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. David Blažek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Aleš Polzer, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Bc. David Blažek
Studijní program:	Strojírenská technologie
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	Ing. Aleš Polzer, Ph.D.
Akademický rok:	2022/23

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Technická příprava výroby komponenty ruční palné zbraně

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zadání je zaměřeno na měření a technickou přípravu výroby komponenty ruční palné zbraně (zápalník), která se vyrábí třískovým obráběním (reverzní inženýrství). Zaměření je na odborný rozbor klíčových vazeb a funkčních rozměrů vybraných částí palné zbraně, které naváže na vlastní návrh výroby zadané součástky.

Cíle diplomové práce:

Systémový rozbor řešené problematiky.
Měření parametrů textury povrchu i jednotlivých rozměrů a vzdáleností konstrukčních prvků.
Vytvoření základní technické dokumentace k navrženému obrobku.
Zdůvodnění zvoleného způsobu měření a posouzení dosažených výsledků.
Technologická příprava výroby.
Vlastní závěry a doporučení pro praxi.

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN ISO 25178-1. Geometrické specifikace produktu (GPS) – Textura povrchu: Plocha – Část 1: Identifikace textury povrchu. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2022. 32 s. Třídící znak 014451.

ČSN EN ISO 25178-2. Geometrické specifikace produktu (GPS) – Textura povrchu: Plocha – Část 2: Termíny, definice a parametry textury povrchu. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2022. 80 s. Třídící znak 014451.

ČSN EN ISO 25178-3. Geometrické specifikace produktu (GPS) – Textura povrchu: Plocha – Část 3: Operátory specifikací. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2022. 20 s. Třídící znak 014451.

ČSN EN ISO 21920-1. Geometrické specifikace produktu (GPS) - Struktura povrchu: Profil – Část 1: Indikace struktury povrchu, 2022-07. 64 s. Třídící znak 014457.

ČSN EN ISO 21920-2. Geometrické specifikace produktu (GPS) - Struktura povrchu: Profil – Část 2: Termíny, definice a parametry struktury povrchu, 2022-07. 92 s. Třídící znak 014457.

ČSN EN ISO 21920-3. Geometrické specifikace produktu (GPS) - Struktura povrchu: Profil – Část 3: Operátory specifikace, 2022-07. 92 s. Třídící znak 014457.

PETR, Karel. Geometrické tolerance dle ISO GPS. Praha: Verlag Dashöfer, 2019. ISBN 978-80-7635-019-9.

ČSN EN ISO 1101. Geometrické specifikace produktu (GPS) - Geometrické tolerování – Tolerance tvaru, orientace, umístění a házení. Praha: Český normalizační institut, 2020. 178 s. Třídící znak 014120.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

Ing. Jan Zouhar, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Hlavním cílem této diplomové práce je navrhnout způsoby výroby zápalníku. Na zadanou součást je aplikováno reverzní inženýrství. V první části práce je popsána funkce zápalníku, upínání excentrických součástí na soustruhu, druhy výroby dle sériovosti a vybrané stroje. V druhé části je popsáno měření, které je v praktické části realizováno. Po měření a zhodnocení výsledků bylo navrženo několik technologií výroby zápalníku. Pro tyto technologie byl vytvořen ISO kód, který byl následně odsimulován. Časy i jiné aspekty daných technologií byly následně porovnány a vyhodnoceny. Pro požadovanou sérii 10 000 ks je vhodné použít technologii se soustružením s obrobenými čelistmi nebo pro zvýšení životnosti zápalníku technologii využívající lisování a složených nástrojů.

Klíčová slova

dlohotočný automat, reverzní inženýrství, výroba zápalníku

ABSTRACT

The main goal of this diploma thesis is to propose ways of producing a firing pin. Reverse engineering is applied to the specified component. In the first part of the thesis, the function of the firing pin, clamping of eccentric components on the lathe, types of production according to serial number and selected machines are described. The second part goes through the measurement that is implemented in the practical part. After measuring and evaluating the results, several fuze production technologies were proposed. An ISO code was created for them, which was then simulated. The times and other aspects of the given technologies were subsequently compared and evaluated. For the required series of 10,000 pcs, it is suitable to use turning technology with machined jaws or technology using pressing and compound tools.

Keywords

Swiss-style lathe, reverse engineering, production of firing pin

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BLAŽEK, David. *Technická příprava výroby komponenty ruční palné zbraně* [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-02-13]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/148312>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Aleš Polzer.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Technická příprava výroby komponenty ruční palné zbraně vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího práce.

.....
místo, datum

.....
David Blažek

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto svému vedoucímu Ing. Aleši Polzerovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování diplomové práce.

OBSAH

Zadání práce

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

ÚVOD	10
1 Systémový rozbor řešené problematiky	11
1.1 Flobertka 620.....	11
1.2 Náboje	12
1.3 Zápalek.....	14
1.4 Upínání obrobků s výstřednými plochami na soustruhu	15
1.5 Výroba součástí pomocí synchronizace otáček a posuvu.....	17
1.6 Druhy výroby podle množství požadovaných kusů	18
1.7 CNC soustruh SP 280 CNC.....	19
1.8 Dlouhohotný automat	20
1.9 Reverzní inženýrství.....	22
2 Měření.....	23
2.1 Profilová metoda	23
2.2 Plošná metoda.....	26
2.3 Pravidla přijatelnosti měření.....	27
2.4 Filtry	27
2.5 Teoretická drsnost	28
3 PRAKTICKÁ ČÁST	31
3.1 Měření základních rozměrů.....	31
3.2 Měření textury povrchu	32
3.2.1 Měření Ø 6,5.....	34
3.2.2 Druhé měření Ø 6,5	40
3.2.3 Měření Ø 2,5.....	43
3.3 Měření tvaru a polohy	49
3.4 Volba technologie výroby	52
3.4.1 Soustružení na konvenčním stroji s přípravkem.....	52
3.4.2 Soustružení a frézování na CNC strojích	53
3.4.3 Okružní frézování na CNC soustruhu	54
3.4.4 CNC soustruh s obrobenými čelistmi.....	54
3.5 Volba nástrojů pro výrobu součástí.....	55
3.6 Vývoj zápaleku	59
3.7 Porovnání technologií.....	62
ZÁVĚR.....	68

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam příloh

Seznam výkresů

ÚVOD

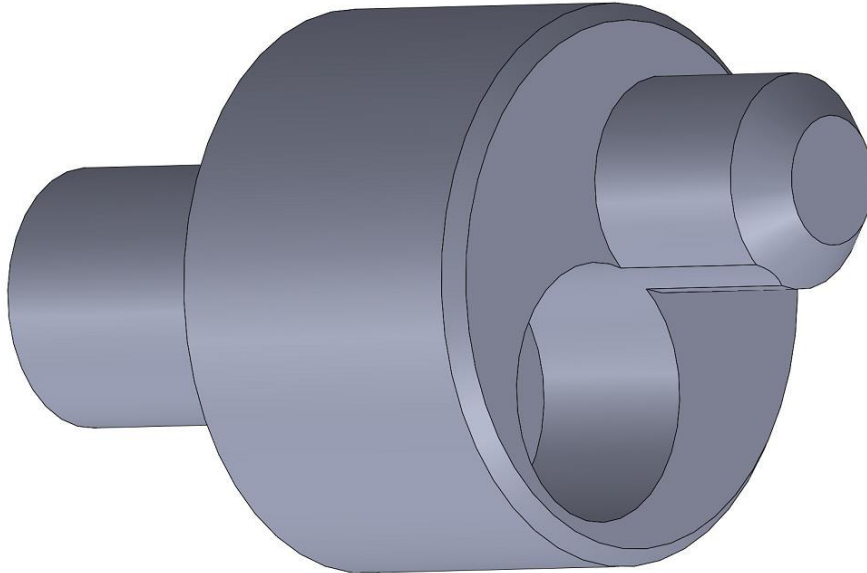
Spory mezi národy jsou tu už od nepaměti. Místo vyjednávání a láskyplné komunikace se však často tyto spory řešily válečnými konflikty. Vládci prahnou po moci a větším území i za cenu ztrát na životech. I když je to v naší vyspělé společnosti neuvěřitelné, tyto války se dějí i dnes ve dvacátém prvním století. Kromě válek vzdálených, kterých jsme si příliš nevšimli, se válečná vřava přiblížila i k nám. Je to již více než rok, kdy vypukla válka na Ukrajině, a stále jí není konec. I když žije Česká republika v míru, dopady této války se promítly i sem [1].

V dnešní době se dá stále více očekávat, že se do firem dostanou zakázky týkající se vývoje a výroby součástí pistolí, pušek nebo jiných zbraní. Válka na Ukrajině zvýšila výrobnost zbraní a přiblížila tento typ výroby i do České republiky [1]. Kromě válek se zbraně často používají i pro zábavu. Mnoho lidí má jako svůj koníček střelbu na terč. Jiní nahradili palné zbraně plynovými a hrají paintball nebo airsoft. Někteří lidé s láskou k historii si oblíbili rekonstruovat bitvy minulých století a kupují si makety zbraní té doby. Zbraně jsou také součástí mnoha filmů, které v lidech vzbuzují touhu si je vyzkoušet. Je tedy normální, že se dnes se zbraněmi setkáváme velmi často a že se to promítá i do výroby strojírenských firem.

Dříve se jednotlivé komponenty palných zbraní vyráběly ručně, výroba tak trvala hodiny času. Dnes se díky technickému pokroku mohou některé části vyrábět na strojích, které součást vyrobí za několik vteřin nebo minut. Konkurence tlačí firmy, aby vyráběly součásti co nejrychleji a co nejlevněji. Vlivem toho se firmy více zamýšlejí nad efektivitou výroby a vyvíjejí nové postupy a způsoby výroby.

1 SYSTÉMOVÝ ROZBOR ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

V této kapitole je řešena problematika zápalníku, součástky do ruční palné zbraně, blíže do Flobertky 620. Tato součást byla vymontována z reálného revolveru a po měření převedena do CAD softwaru. Zápalník (zadaná součást) pro tuto zbraň je hřídel s excentrickým čepem a excentrickou dírou s rovným čelem, viz obrázek 1. Excentrické prvky jsou vyoseny z osy součásti. Hodnota excentricity je nejkratší vzdálenost mezi danými osami. Excentrická díra zasahuje i do excentrického čepu, tím komplikuje následnou výrobu.



Obrázek 1 Zápalník.

Tato práce reaguje na zadání firmy ALFAPROJ s.r.o. (dále jen AlfaProj), která poptává výrobu zápalníku u jiné firmy. Zvažuje však vlastní výrobu a zkoumá možnosti výroby a jejich ekonomické hledisko. Firma požaduje originální řešení, proto nevedla stávající způsob výroby ani cenu, za kterou díly kupuje. Pro zachování know-how firmy AlfaProj byly upraveny rozměry dílu a byl zvolen jiný materiál než materiál, který se pro danou výrobu používá. Pro zápalník Flobertky 620 lze očekávat materiál s mírně zvýšenou pevností, ne však jako u sportovních zbraní. Proto byl zvolen materiál ocel 11600, který se podle [2] používá na výrobu namáhaných součástí podobných palných zbraní. Výrobní dávka pro návrh výroby je $10\,000\text{ ks}\cdot\text{rok}^{-1}$.

Tato kapitola popisuje Flobertku 620, různé druhy nábojů a různé druhy jejich odpálení. Vysvětluje samotnou funkci zápalníku a jeho umístění. Dále popisuje výrobu excentrických dílů a druhy výroby dle sériovosti. V neposlední řadě se v této kapitole píše o stroji SP 280 CNC (CNC soustruh) a dvou dlouhotočných automatech. Tyto stroje jsou následně navrženy pro výrobu daného dílu.

1.1 Flobertka 620

Flobertka 620 je ruční palná zbraň, používaná převážně k výcvikovým, sportovním nebo záchranářským účelům [3]. Tento typ revolveru může být použit například pro vystřelení světlice, k odstartování sportovního závodu nebo pro tréninkovou střelbu [3]. Při výrobě tedy nevyžaduje tak přesné tolerance, protože nepatří do skupiny nejpřesnějších zbraní, které se využívají pro sportovní účely. Flobertka 620 je revolver s krátkou hlavní. Revolver je charakteristický válcovým zásobníkem nábojů (válcem). Obrázek 2 popisuje jednotlivé základní části dané Flobertky 620. Rukojeť je místo, za které se zvolený revolver drží. Rukojeť (střenky) se vyrábí ze dřeva a je vyrobena tak, aby střelci dobře padla do ruky. Rukojeť je

spojena s rámem (s tělem) revolveru, který drží jednotlivé části pospolu. Při zmáčknutí spouště se skrze vnitřní mechanismus posune kohout a udeří do zápalníku, který převede danou pohybovou energii do nábojnice. Zápalník je schován v rámu mezi kohoutem a válcem. Nábojnice je ve válci. Válec je zásobník nábojů a slouží také jako odpalovací komora [3]. Při odpálení náboje z hlavně vyletí střela, nábojnice však zůstává uvnitř. Mechanismus uvnitř revolveru otáčí komorou tak, aby při každém výstřelu udeřil zápalník do další nábojnice. Umožní tak střelci vystřelit celý zásobník bez ručního otáčení válce. Aby střela zasáhla cíl, střelec standardně využívá hledí a mušku k zamíření.



Obrázek 2 Flobertka 620.

Každá zbraň má své specifické parametry. Pro revolver je to například délka hlavně nebo ráže (průměr střely). Tabulka 1 popisuje základní parametry Flobertky 620. Kapacita nábojů je závislá na zásobníku nábojů, který může mít například 9 otvorů pro umístění nábojů (může mít i jiné číslo). Tato palná zbraň je černěna, viz tmavé části na obrázku 2. Tato povrchová úprava chrání jednotlivé části před korozí. Kromě vnějších částí jsou černěny i některé vnitřní, například zápalník.

Tabulka 1 Základní parametry Flobertky 620 [3].

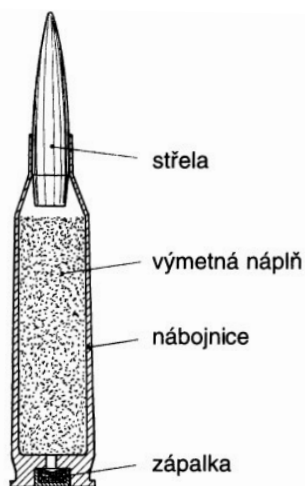
Ráže [mm]	Délka hlavně [mm]	Délka zbraně [mm]	Hmotnost [g]	Kapacita nábojů [ks]	Hledí	úprava	Přibližná cena (2023) [Kč]
6	51	175	750	9	pevné	černění	8 770

1.2 Náboje

Palné zbraně jsou obecně určeny k vystřelení střely, která má zasáhnout cíl nebo porušit tkáň [4]. Střela je však jen jednou částí náboje. Je mnoho druhů nábojů, některé jsou zkonstruovány pro daleký dostřel, jiné jsou určeny pro kratší vzdálenosti nebo třeba pro zásah cíle mnoha střelami. Na obrázku 3 je znázorněn náboj s jednotlivými částmi. Náboj se obecně skládá ze střely, výmetné náplně, nábojnice a zápalky, eventuálně zápalkové složky.

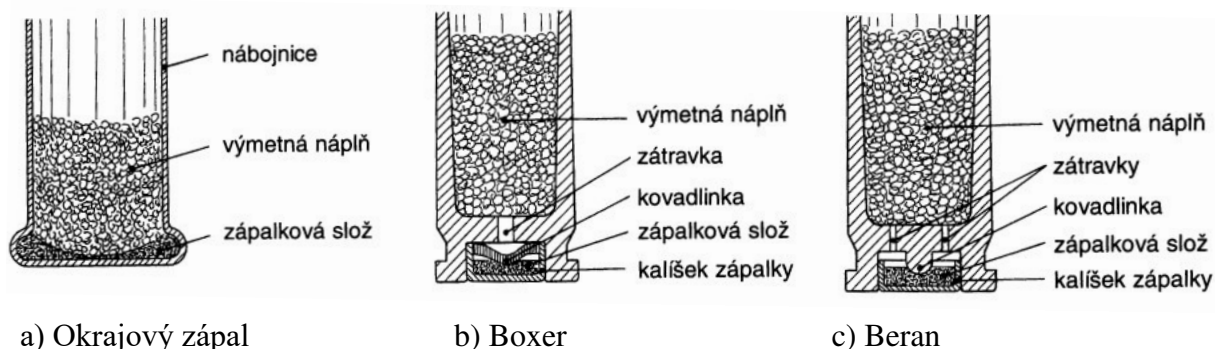
Zápalka zajišťuje vznícení výmetné náplně, tím že zápalník narazí na zápalku. Zápalka je tvořena třaskavinou citlivou na náraz [5]. Třaskavina následně zažehne výmetnou náplň [4]. Výmetná náplň se vznítí, tím předává kinetickou energii střele a následně ji vyšle z hlavně ven. Střela vylétá z hlavně a zasahuje cíl. Střela potřebuje dostatečnou energii, aby se dopravila na požadovanou vzdálenost a pronikla materiálem nebo porušila tkáň.

Další částí náboje je nábojnice, ta drží ostatní části náboje pohromadě, těsní, udává polohu střely i zápalky (zápalkové složky) a chrání okolí od vzniklého tepla [4; 6]. Po vystřelení střely je nábojnice u většiny pistolí odstraněna z pistole a nahrazena dalším nábojem. U revolveru vystřelená nábojnice zůstává v zásobníku, otočením válce se však posune mimo místo výstřelu. Po vystřelení celého zásobníku jsou pak vystřelené náboje nahrazeny novými.



Obrázek 3 Části náboje [4].

V základu se náboje dělí na náboje s okrajovým zápalem a středovým zápalem. Na obrázku 4 a) je náboj s okrajovým zápalem. Konstrukce jednotlivých nábojů napovídá významnému cenovému rozdílu jednotlivých typů. Náboj s okrajovým zápalem je tvořen z jednoduché nábojnice, která nevyužívá kalíšek zápalky. Tím se výrazně zlevňuje výroba tohoto typu výrobku. Náboj s okrajovým zápalem je tedy levný a jednoduchý na výrobu, ale nemá velkou sílu [4]. Proto se využívá do menších zbraní, na které nejsou kladeny vysoké nároky dostřelu nebo síly průrazu. Náboje se středovým zápalem jsou výrobně složitější, disponují však větší silou a delším dostřelem. Konstrukce nábojů se středovým zápalem může být různá. Mezi nejpoužívanější u ručních palných zbraní patří Boxer a Beran [4]. Pro výstřel u těchto nábojnic je nutné narazit zápalníkem na střed zadní části nábojnice. Při nárazu se zápalková složka stlačena mezi kalíškem zápalky a kovadlinkou vznítí. Kovadlinka může být součástí kalíšku (Boxer), nebo pevně spojena s nábojnicí, viz Obrázek 4 c) (Beran). Zápalková složka pak skrze zátravku zažehne výmetnou náplň, která vymrští střelu ven.



a) Okrajový zápal

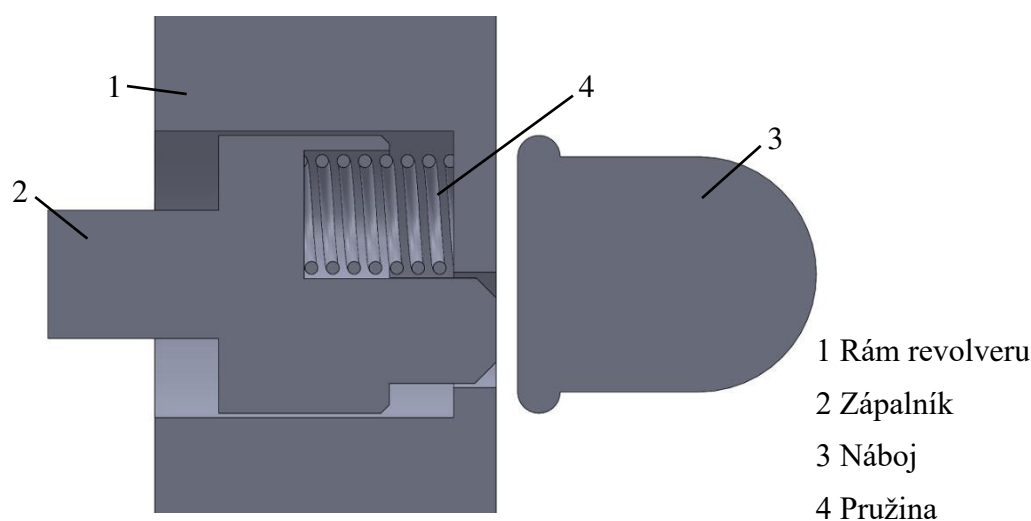
b) Boxer

c) Beran

Obrázek 4 Druhy nábojů [4].

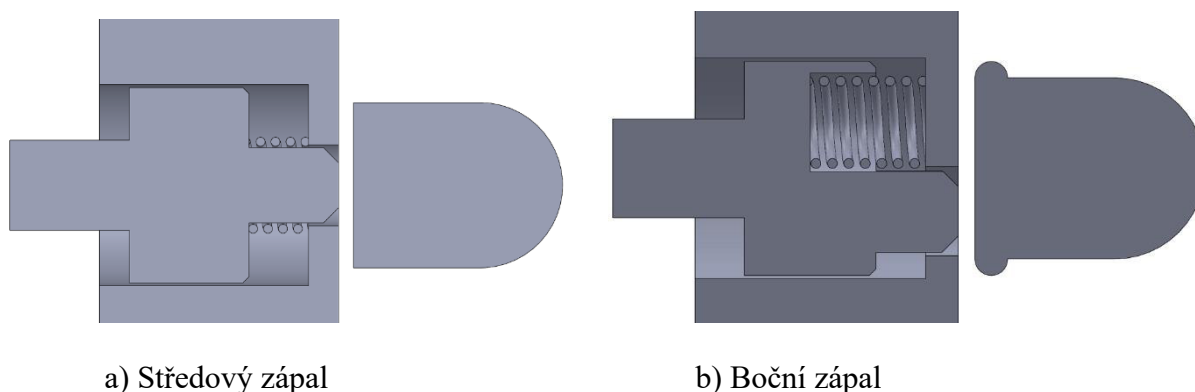
1.3 Zápalkník

Tato diplomová práce se zabývá výrobou zápalkníku, součástky, která narazí na zadní část nábojnice. V této části se nachází zápalková slož, která je citlivá na mechanické impulzy. Impulz ze zápalkníku tak způsobí zápal zápalkové slož, ta následně zapálí střelný prach (výmetnou náplň) [7]. Hoření střelného prachu vytváří velké množství plynů, které způsobí vysoký tlak. Tlak vymrští střelu vpřed. Vlivem akce a reakce se střela pohybuje jedním směrem a revolver opačným, tomuto jevu se říká zpětný raz. Obrázek 5 popisuje mechanismus výstřelu. Na pozici 1 se nachází rám revolveru, ve kterém je umístěn zápalkník (pozice 2). Zápalkník dostane úder od kohoutu. Tímto úderem se kinetická energie přivede až k náboji (pozice 3), v něm se pomocí impulzu aktivuje zápalková slož. Následně tlačná pružina (pozice 4) vrátí zápalkník do výchozí polohy, tak ho připraví na další výstřel. Zápalkník je z levé strany zajištěn maticí, která společně s pružinou zajišťuje polohu zápalkníku (pro přehlednost není matice znázorněna na obrázcích).



Obrázek 5 Mechanismus výstřelu.

Tvar zápalkníku je závislý na druhu zápalu. Dnes se převážně používají dva druhy zápalů. Středový zápal, viz obrázek 6a), je charakteristický tím, že zápalkník narazí do středu zadní části nábojnice, tím se v zápalce zažehne zápalková slož, která následně zapálí výmetnou náplň. Středový zápal se využívá u nábojnic pro pušky nebo pistole, kde je požadována větší síla pro výstřel [7]. Druhou možností, využívanou pro malé ráže, je okrajový zápal. U tohoto zápalu zápalkník narazí mimo osu, ke kraji nábojnice. Náboj určený pro boční zápal (obrázek 6b)) má zápalkovou slož koncentrovanou do krajů, právě na místě nárazu zápalkníku. Zápalkník narazí na kraj nábojnice, tím se spustí celý mechanismus výstřelu. Tato práce se dále zabývá jen excentrickým zápalkníkem (zápalkníkem pro boční zápal).



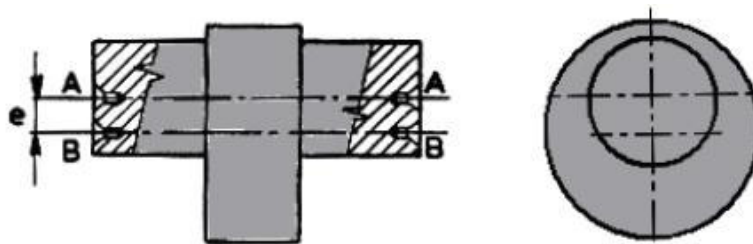
Obrázek 6 Druhy zápalů.

1.4 Upínání obrobků s výstřednými plochami na soustruhu

Zadaná součást je excentrická, je tedy nutné zhodnotit možnou výrobu excentrických prvků. Pro výrobu excentrické součásti je nutné zvolit vhodnou metodu upínání (vhodný upínač). Upínač musí být schopen součást upnout tak, aby bylo možné obrobit daný rozměr či více rozměrů [8]. Dále je nutno zhodnotit vhodnost pro daný typ obrábění, odchod třísek, cenu upínače, rychlost výměny obrobku, tuhost upnutí, bezpečnost upnutí, přesnost upínání, životnost upínače, spolehlivost, jednoduchost upínání nebo například odolnost vůči vibracím a deformaci [8]. Excentrické prvky mohou způsobovat nevyváženost, někdy je tedy nutné tento problém kompenzovat a soustavu vyvážit. Při obrábění excentrických součástí na soustruhu je nutné volit nástroje určené pro přerušovaný řez. Daný nástroj je obvykle z houževnatějšího materiálu, aby nedošlo ke křehkému lomu způsobenému nárazem.

- Upnutí mezi hroty

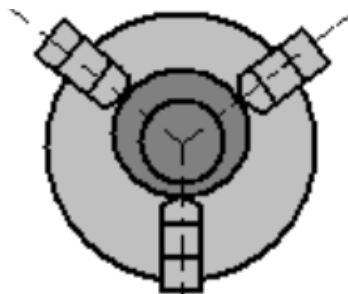
Upnutí mezi hroty je možné použít u standardních i excentrických hřídelů. Pro výrobu excentrických dílů tímto způsobem je nutné navrtat hřídel tak, aby byly středící důlky v ose jednotlivých výstředných prvků. Nejprve se součást obrobí na největší průměr (Obrázek 7 osa B). Následně se přeupne (osa A) a obrobí se další osazení. Obrobením materiálu při upnutí za posunutou osu vzniká excentrické osazení. Hodnota e na obrázku 7 je vzdálenost mezi osami zvaná excentricita. Tento typ výroby excentrických hřídelů je vhodný pro součásti větších rozměrů, u malých součástí mohou být středící důlky problémem. Středící důlky se na součást nemusí vejít nebo mohou způsobovat pevnostní problémy [9].



Obrázek 7 Hřídel pro upnutí mezi hroty [9].

- Upnutí s vynecháním čelisti o jednu nebo více otáček

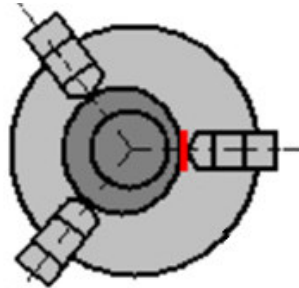
Do těla sklíčidla se vkládají čelisti. Pomocí spirály se pak všechny přibližují do středu stejně. Spirála je jednochodá, a proto se čelisti vkládají postupně v určeném pořadí. Pokud jednu čelist vynecháme a přidáme ji až o otáčku později vznikne mimoosé upínání [9]. Tento typ upínání obrobků s výstřednými plochami je vhodný jen pro konkrétní typy součástí, není vhodný, pokud je nutné velikosti vyosení měnit. Toto upínání není vhodné v případě jiné hodnoty excentricity, než kterou umožní stoupání spirály. Toto upnutí je tuhé, ale pro jeho nízkou variabilitu málo používané. Na obrázku 8 je možné vidět, že spodní čelist byla do spirály vložena tak, aby byla ve středu blíže než horní dvě. Toto ustavení vytvoří upínání, které upíná hřídel mimo hlavní osu.



Obrázek 8 Upnutí s vynecháním čelisti [9].

- Upnutí s podložkou

Variabilnější možností upínání je vyvození excentrického upnutí pomocí podložky. Tento typ upínání je výhodný tím, že různou velikostí podložky je možné měnit velikost vyosení. Další výhodou je rychlá změna excentricity nebo přesunutí osy zpět do základní polohy. Upínání s podložkou se může kombinovat s předcházejícím způsobem upnutí, viz obrázek 9, kde je podložka zvýrazněna červenou barvou.



Obrázek 9 Upnutí s podložkou [9].

Při častějším používání je možné vyrobit pevnou podložku, která bude na čelisti držet sama, viz obrázek 10. Pevná podložka usnadňuje a urychluje práci obsluze. Je možné ji jednoduše vyrobit například ohnutím plechu. Použití podložky pro výrobu excentrických hřídelí je vhodný pro kusovou nebo malosériovou výrobu.



Obrázek 10 Pevná podložka [9].

- Upínací desky

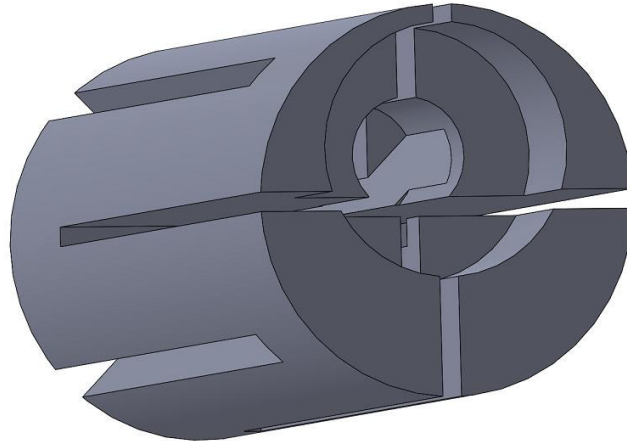
Upínací desky slouží primárně k upnutí nestandardních součástí, například kvádr s válcem [8]. Je možné je použít i pro výrobu excentrických hřídelí. Upínací desky využívají stavitelných upínek, čelistí nebo třeba magnetických sil. Obecně jsou uzpůsobeny pro větší a složitější součásti spíše pro kusovou výrobu, protože trvá delší čas je ustavit. Obrázek 11 ukazuje upínací desku s nastavitelnými čelistmi. Tato upínací deska může upnout součást pomocí čtyř čelistí. Každá čelist je nastavitelná samostatně pomocí šroubu. Tím zajišťuje velkou variabilitu upínacích dílů, které dokáže upnout. Čelisti je možné nahradit upínkami které mohou být upnuty v drážkách.



Obrázek 11 Upínací deska [8].

- Soustružení s excentrickým přípravkem

Pro mnohé součásti se dnes vyrábí přípravky, které usnadní výrobu dané součásti. I pro excentrické díly je možné vytvořit přípravky, které pomohou součásti upnout přesně a rychle mimo osu, tak jak je požadováno. Použitím přípravku jsou sníženy vedlejší časy, které zdražují výrobu. Tímto přípravkem může být například excentrická kleština. V případě větší série je možné například obrobit čelisti tak, aby se dosáhlo požadovaného excentrického upnutí. Příklad excentrické kleštiny je na obrázku 12.



Obrázek 12 Excentrická kleština.

1.5 Výroba součástí pomocí synchronizace otáček a posuvu

Výroba excentrických součástí je realizovatelná i u standardního upínání v ose součásti. Některé CNC stroje umožňují synchronizovat posuv v ose X (přisuv) a otáčky tak, aby vzniklo excentrické osazení. Tyto metody se používají u větších součástí, protože je náročné synchronizovat posuv s vysokými otáčkami. Například dlouhotočný automat MANURHIN K'MX 816 dokáže synchronizovat vřeteno a pohyb nástroje, a tím vytvořit excentrické osazení [10]. Při synchronizaci otáček jsou výrobcem pro daný stroj povoleny maximální otáčky 300 min^{-1} kvůli složitosti synchronizace [10]. Sladění posuvu a otáček je obvykle realizováno v CAM programu. Po nahrání virtuální součásti do CAM softwaru je zvolena dráha nástroje. Z dráhy jsou vybrány body, které se zavedou do tabulky [11]. Řídicí systém stroje následně přijme tabulku z CAMu. Pokročilejší CNC soustruhy jsou schopné vyrábět excentrické díly bez CAM softwaru pomocí cyklů přímo na stroji. Podobně lze vyrábět díly eliptického nebo třeba polygonálního tvaru [11]. Pro výrobu polygonálního tvaru (N-hranu) se kromě součásti otáčí i poháněný nástroj s několika břitovými destičkami [12]. Synchronizací otáček obou prvků je na hřídeli možné vyrobit například šestihran. Obrázek 13 popisuje nástroj, který může vytvořit N-hran.

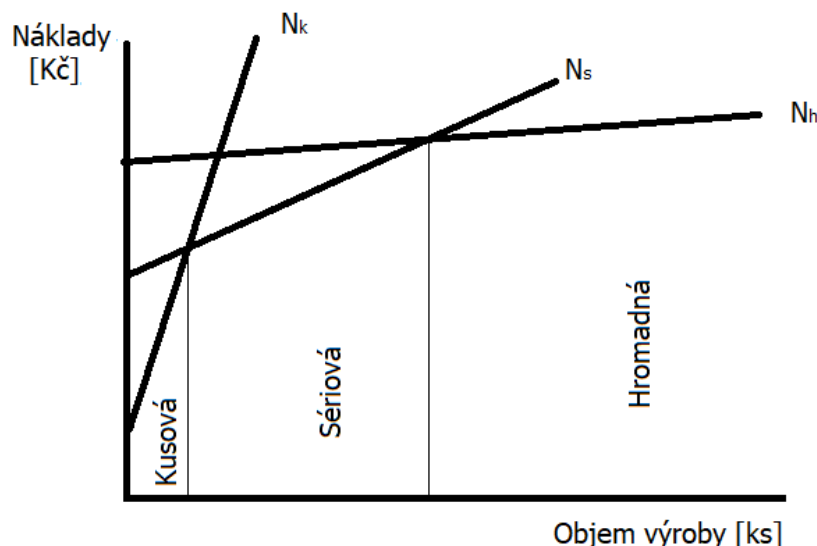


Obrázek 13 Nástroj pro výrobu N-hranu [12].

1.6 Druhy výroby podle množství požadovaných kusů

Výrobu můžeme rozdělit podle požadovaného množství kusů za dané období na kusovou sériovou a hromadnou výrobu. Kusová výroba je výroba malého množství kusů (jednotky až desítky kusů). Kusová výroba obvykle zajišťuje velké množství různých výrobků nebo vyrábí daný díl v různých variantách dle požadavků zákazníka [13]. U kusové výroby je jednoduché změnit nějaký rozměr dílu nebo vyrábět jinou součást, u hromadné je to však velký problém. Kusová výroba obvykle obsahuje dlouhé vedlejší časy vztažené na jednu součást, tyto dlouhé časy přípravy je nutné započíst do kalkulace ceny při nacenění výrobku. Požadavkem pro sériovou výrobu je zakázka o větším množství kusů, obecně kolem desítek až desetitisíců kusů. Sériovou výrobu je dle velikosti objemu možné rozčlenit na malosériovou, středně sériovou a velkosériovou výrobu. Sériovost je vhodné hodnotit nejen podle množství kusů, ale také podle druhu součásti a složitosti výroby. Při obrovských dávkách požadovaných výrobků je možné mluvit o hromadné výrobě. Hromadná výroba je typická speciálně nastavenými stoji, které jsou uzpůsobeny právě pro výrobu konkrétního výrobku [14]. Kusová, sériová i hromadná výroba má v dnešní době své místo. Každý druh výroby vyžaduje speciální přístup k danému řešení. Například kusová výroba může při jednoduché součásti využít konvenčních strojů, zatímco při hromadné výrobě by byla daná součást vyráběna na automatických strojích. U hromadné výroby je vhodné zapojit do výroby roboty a celou výrobu zautomatizovat. Vždy je však nutné přihlídnout k finančním i technickým možnostem firmy z dlouhodobého hlediska.

Obrázek 14 ukazuje náklady na jednotlivé druhy výroby. Kusová výroba má nízké počáteční náklady, ty ale prudce rostou s množstvím kusů až do bodu, kdy se daný typ výroby nevyplatí. Náklady na kusovou výrobu jsou na obrázku označeny N_k . Typickým příkladem je výroba na konvenčním soustruhu, při výrobě jednoho nebo několika kusů bude součást vyrobena rychle a levně. Při větším požadovaném množství (sériová výroba) se udělá program na CNC stroj, který vyrobí větší množství kusů v daných tolerancích rychle. Cena však zahrnuje vyšší hodinovou sazbu dražšího stroje a čas programátora CNC stroje. Křivka nákladů na sériovou výrobu je označena N_s . Při hromadné výrobě je počáteční investice největší, cena jednoho dílu však vyjde od určitého požadovaného množství levněji. Náklady na hromadnou výrobu (N_h) stoupají pomalu.



Obrázek 14 Závislost nákladů na objemu výroby [14].

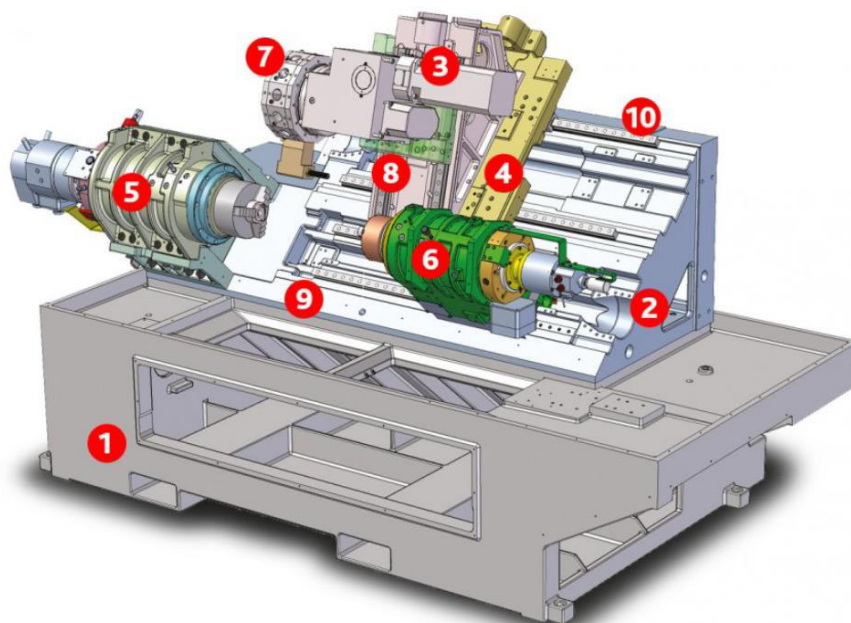
1.7 CNC soustruh SP 280 CNC

Většina strojírenských firem pro výrobu hřídelů využívá univerzální CNC soustruhy. Zástupcem tohoto typu stroje je CNC soustruh SP 280 CNC (dále jen SP 280), který je dostupný na VUT. Daný stroj je tuhý a robustní CNC soustruh vážící 7 200 kg [15]. SP 280 je možno vidět na obrázku 15. Svou tuhostí a velkým výkonem (až 22 kW) je určen pro produktivní výrobu a odebrání velkého množství materiálu [15]. Disponuje dvěma vřeteny (vřeteno a protivřeteno), čímž se jeho produktivita ještě zvyšuje. Maximální hodnota otáček prvního vřetena je $4\,700\text{ min}^{-1}$, druhého pak $6\,000\text{ min}^{-1}$ [15]. Daný stroj je určen spíše pro obrábění velkých součástí až do maximálního obráběného $\varnothing 280\text{ mm}$. SP 280 může obrábět i z tyče, maximálně však do průměru tyče 63 mm [15]. Ke stroji mohou být připojeny také podavač tyčí nebo poháněné nástroje, které jsou pro daný stroj standardem. Poháněné nástroje například umožní vrtat mimo osu součásti nebo frézovat.



Obrázek 15 CNC soustruh SP 280 CNC [15].

Při posuzování stroje je vhodné prozkoumat jeho základní části. Základní části stroje SP 280 jsou zobrazeny na obrázku 16. Na pozici 1 se nachází základ stroje, ten je vždy robustní a obsahuje vanu na třísky. Na pozici 2 se nachází lože. Lože je umístěno na základu stroje a je určeno k nesení ostatních částí stroje. Tuhost lože výrazně ovlivňuje tuhost celé soustavy. [15]



Obrázek 16 Základní části stroje [15].

Pozice 3 ukazuje umístění saní pro posuv v ose Y a pozice 4 sáně pro posuv v ose Z. Osa Z je standardní osou soustruhu, společně s osou X umožňuje pohyb soustružnického nože. Osa Y v kombinaci s X a Z umožňuje například frézovat nebo vrtat mimo osu. Pozice 5 a 6 ukazují hlavní a vedlejší vřeteno. Dvě vřetena mohou výrazně urychlit výrobu dané součásti, protože součást může být obrobena i z druhé stany bez nutnosti otočit součást. Další základní součástí daného stroje je nástrojová hlava (pozice 7). Do nástrojové hlavy se upínají nástroje. Tato nástrojová hlava může obsahovat poháněné i nepoháněné nástroje. Poháněné nástroje mají vlastní motor například pro frézu nebo vrták. Nepoháněné nástroje vlastní motor nepotřebují. Mezi nepoháněné nástroje patří například soustružnický nůž. Kombinací těchto druhů nástrojů je možné obrobit součásti na jednom stroji místo na dvou (soustruh a frézka). Na pozici 8, 9 a 10 (obrázek 16) je umístěno valivé vedení pro pohyb v ose X, pro pohyb protivřetena v ose Z a pro pohyb lože v ose Z. [15]

1.8 Dlouhotočný automat

Pro výrobu malých součástí ve velké sérii je vhodné volit stroj s vysokými otáčkami a rychlou výměnou nástrojů, pro zefektivnění výroby [16]. Proto byl pro výrobu navržen dlouhotočný automat neboli soustruh švýcarského typu, který je vysoce produktivní soustruh využívající posuvný vřeteník [16]. Tento typ soustruhu je vhodný pro výrobu hřídelů z dlouhých tyčí obecně do $\varnothing 32$ mm, některé stroje jsou však omezeny a mají maximální průměr menší [16]. Tyč je podávána ze zásobníku tyčí pomocí podavače. Oproti standardnímu soustruhu dokáže na jedno upnutí obrobit delší hřídel, protože využívá vodící pouzdro jako lunetu. Velikost vnitřního průměru vodícího pouzdra se seřizuje mechanicky podle používané tyče [16]. Dlouhotočný automat obrábí několik centimetrů od vodícího pouzdra, tyč se během obrábění pohybuje nejen rotačním pohybem, ale i pohybem v ose Z. Pohybující se vřeteník posouvá tyč podle potřeby pomocí valivých hnízd. Posunutí vřeteníku se nazývá zdvih vřeteníku. Kvůli krátké vzdálenosti mezi vodícím pouzdem a soustružnickým nožem může dlouhotočný automat u delších obrobků odebrat větší třísku na jeden záběr než normální CNC soustruh, záleží však také na výkonu motoru [16]. Ukázka vodícího pouzdra je na obrázku 17.



Obrázek 17 Vodící pouzdro [17].

Dlouhotočný automat může vrtat, frézovat (pomocí poháněných nástrojů), využívá protivřeteno a mnoho dalších nástrojů. Další výhodou tohoto druhu CNC soustruhu je rychlost výměny nástroje a možnost obrábět několika nástroji zároveň. Nástroje se mohou přesunout do řezu pomocí posunutí nástrojové desky, nepotřebují odjet do výchozí polohy a otočit revolverovou hlavou, jako to potřebují nástroje u revolverových soustruhů [16]. Kvůli danému typu upínání je kvalita tyče jedním z hlavních prvků ovlivňujících kvalitu upnutí, a tím i kvalitu obrábění [16].

- Dlouhotočný automat K'MX 816

Zástupcem moderních dlouhotočných automatů je dlouhotočný automat MANURHIN K'MX 816 (dále jen K'MX 816). Na obrázku 18 je zobrazen daný stroj, který disponuje zásobníkem tyčí, viz levá část obrázku. K'MX 816 je určen pro tyče do $\varnothing 16$ mm

nebo $\varnothing 20$ mm. Součástí stroje jsou dvě vřetena s otáčkami $12\,000\text{ min}^{-1}$, dále také 32 nástrojových poloh určených pro poháněné i nepoháněné nástroje [10]. Tento dlouhotočný automat disponuje osmi lineárními osami a dvěma rotačními, viz příloha 1. Stroj umožňuje obrábět více nástroji najednou, čímž může snížit čas výroby [10]. Stroj může použít až 4 nástroje zároveň, při použití více nástrojů je nutné počítat s omezeným výkonem stroje.



Obrázek 18 Dlouhotočný automat K'MX 816 [10].

- Dlouhotočný automat CH154

Pro danou aplikaci je hlavním limitujícím parametrem stroje maximální velikost otáček, protože požadovaná součást je velmi malá. Dlouhotočný automat Tsugami CH154 (dále jen CH154) má dvě vysokorychlostní vřetena, která umožňují až $15\,000\text{ min}^{-1}$ [18]. To je více, než mají ostatní navržené stroje. CH154 je relativně malý CNC soustruh o hmotnosti 2 200 kg [18]. Tento stroj je určen pro výrobu hřídelů malých rozměrů, maximálně do průměru tyče 15 mm. Pro malé průměry tyčí jsou důležité vysoké otáčky pro zachování rezné rychlosti destiček. Tento stroj má dvě nástrojové desky, viz příloha 2, které umožňují obrábět v pravém i levém vřetenu zároveň, což výrazně zkrátí čas výroby. Výhodou tohoto dlouhotočného automatu je i možnost posunu protivřetena v ose X. CH154 je zobrazen na obrázku 19.

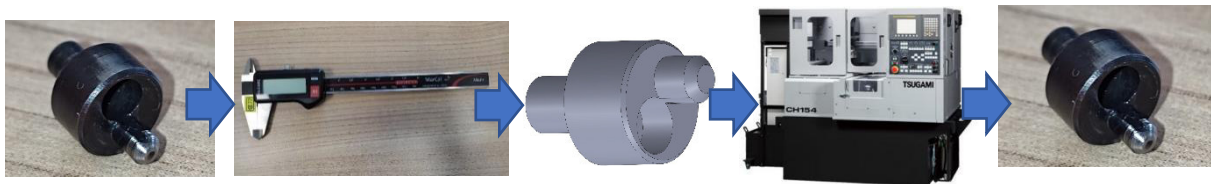


Obrázek 19 Dlouhotočný automat CH154 [18].

1.9 Reverzní inženýrství

Při standardní výrobě se součást navrhne a vyrobí. U reverzního inženýrství je však na počátku hotová součást, kterou je nutno změřit, převést do CAD softwaru, navrhnout technologii výroby a vyrobit ji [19]. Reverzní inženýrství je hojně využíváno u náhrady dílů, které už není možné sehnat, například při renovaci starých aut nebo výroby historických zbraní [19]. Reverzní inženýrství je realizováno prakticky během celého věku člověka, kdy národy od sebe kopírovaly nástroje, zbraně i technologie [20]. Obzvláště v době válek bylo časté zkoumat získané zbraně protivníka a eventuálně je uvádět do provozu [20]. Reverzní inženýrství se však hojně vyskytuje i dnes. Tato technologie může využívat různých způsobů pro získání informací ohledně předchozí výroby, vlastností dané součásti nebo její činnosti. Pro získávání informací o součástce je v některých případech možné použít standardních měřicích přístrojů nebo zkušeností pracovníka, který danou součást hodnotí. V některých případech je nutno využít speciálních přístrojů, jako jsou například skenovací kamery nebo jiné optické či mechanické přístroje. Reverzní inženýrství se dnes dostává i do výroby, jejímž cílem je nezávisle na předchozím způsobu výroby navrhnout originální řešení, které může zvýšit konkurenceschopnost firmy.

Obrázek 20 ukazuje možný způsob využití reverzního inženýrství. Nejprve je fyzická součást zkoumána a měřena. Po změření je převedena do CADu. V této části je prostor na vývoj součástky. Dalším krokem je výběr technologie a stroje, který ji vyrobí. Následně je vyrobena součást o podobné kvalitě jako ta původní. Součást je dále měřena a zjišťuje se její vhodnost v dané aplikaci.



Obrázek 20 Postup reverzního inženýrství.

2 MĚŘENÍ

Pro změření součásti je nutné využít více druhů měření, aby byly získány informace o rozměrech i textuře povrchu. Základní rozměry se mohou měřit přímo například mikrometry nebo posuvnými měřítky. Rozměry mohou být i porovnávány pomocí kalibrů nebo jiných měřidel. V některých případech je vhodné použít místo konvenčního měřidla optický přístroj. Tato kapitola popisuje měření, způsoby měření prvků na optickém přístroji a hodnocení textury povrchu. Převážně se zaměřuje na hodnocení textury povrchu. Dále popisuje způsob psaní značek definujících konkrétní požadavky na daný povrch.

Každé měřidlo je určeno pro konkrétní oblast měření. Konvenční měřidla obvykle měří průměr, délku, některé například i hloubku. Jsou levnější a nejsou ovlivněny špatným odrazem světla nebo lesklostí povrchu. Pro některé aplikace je vhodné použít konvenční měřidlo a pro jiné zase nekonvenční.

Při měření složitějších prvků konvenční měřidla nemusí stačit. Mezi nekonvenční měřidla mohou patřit například optické měřicí přístroje. Optické měřicí přístroje mohou měřený prvek měřit různými způsoby. Oproti standardním měřidlům si optické měřicí přístroje mohou například zvolit způsob měření. Pro měření průměru díry nebo čepu na optickém přístroji je možné zvolit měření dle Gausse, dle maximální vepsané kružnice, dle minimální opsané kružnice atd. [21]. Měření dle Gausse je vhodné například při hledání středu čepu nebo díry, například pro budoucí měření vzdáleností prvku mezi sebou. Metoda dle Gausse pokládá měřenou kružnici do neideálního prvku tak, aby byly co nejvíce eliminovány odchylky [21]. Neideální prvek je například díra, která nemá přesný kruhovitý tvar, ale disponuje určitými nerovnostmi [21]. Na výkrese se měření dle Gausse předepisuje jako GG [22]. Touto problematikou se zabývá norma ČSN EN ISO 14405. V případě použití prvku maximální vepsané kružnice je měřena největší kružnice, která se do zvoleného neideálního otvoru vejde. Pro měření prvkem maximální vepsaná kružnice se daná kóta na výkrese označuje jako GX [22]. Minimální opsaná kružnice je pak nejmenší kružnice, do které se například čep vejde. Výkresová kóta pak tento prvek označuje GN [22]. Všechna písmena pro dané kritérium jsou označena stejně jako na obrázku 21, jen s jinými písmeny. Maximální kružnice vepsaná je vhodná pro měření rozměrů děr. Je možné ji však použít i pro hřídele [21]. Minimální kružnici opsanou je vhodné použít u měření vnějších rozměrů například čepů, ale také tímto doporučením není omezena [21].

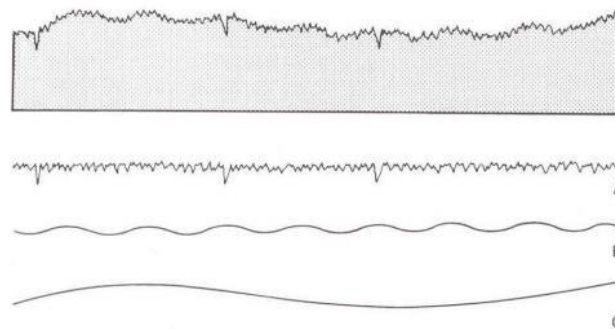


Obrázek 21 Označení modifikátoru minimální opsané kružnice na výkrese [22].

2.1 Profilová metoda

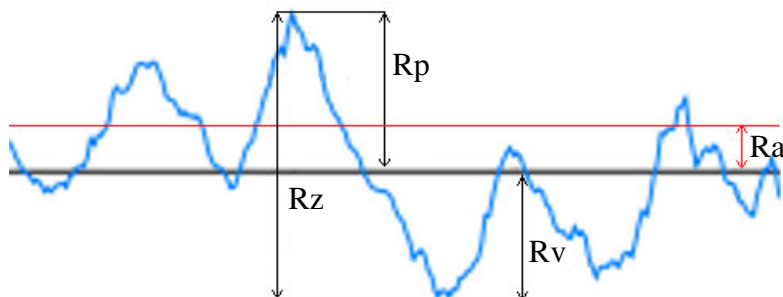
Kromě rozměrů a jejich polohy je možné měřit například texturu povrchu. Textura povrchu je ovlivněna převážně způsobem výroby a strukturou materiálu. Povrch součásti se hodnotí profilovou metodou nebo plošnou metodou [23]. Profilová metoda hodnotí data v jednom řezu povrchu. Plošná metoda hodnotí parametry v ploše čtverce. V dřívějších dobách byla používána jen profilová metoda, protože nebyly vhodné měřicí přístroje, které by plošné parametry dokázaly přesně zhodnotit [23]. Postupem času byly vynalezeny měřicí přístroje s možností hodnotit části plochy, a tím i plošné parametry [23]. ČSN EN ISO 25178-3 poukazuje na to, že plošné parametry daného měřeného dílu nemají stejné hodnoty jako parametry profilu [23]. Měření dotykovým měřidlem je méně přesné oproti optickému měřicímu přístroji, protože hrot profilometru nezachytí všechny prohlubně v celém jejich rozsahu [24]. Hodnocením parametrů pomocí profilové metody se zabývá například norma ČSN EN ISO 21920-2. Profilová metoda

standardně hodnotí parametry textury pomocí dotykových měřicích přístrojů. Dotykový měřicí přístroj používá diamantový hrot, kterým přejede po povrchu. Hrot kopíruje povrch a měří základní profil. U obráběných povrchů se směr pohybu hrotu volí obvykle kolmo na stopy obrábění, aby byla zjištěna co největší hodnota drsnosti. Nová norma však požaduje měření kolmo i rovnoběžně se stopami obrábění. Základní profil je znázorněn na obrázku 22 nahoře. Textura daného profilu se dělí na drsnost označenou písmenem A, vlnitost označenou písmenem B a úchylku tvaru označenou písmenem C [24]. Drsnost je definována jako malé nerovnosti povrchu, může být ovlivněna například tvarem nástroje nebo řeznými podmínkami [25; 26]. Hodnoty drsnosti jsou označeny písmenem R. Vlnitost je definována jako pravidelná nerovnost povrchu, jejíž vlny jsou delší než délky výstupků parametru R [25]. Může být způsobena například chvěním nebo nesprávným upnutím nástroje [26]. Vlnitost je označena písmenem W. Úchylka tvaru se vyskytuje například na plochách, které jsou ovlivněny chybným upnutím, prohnutím obrobku nebo nástroje, opotřebením nebo třeba celkovou nepřesností stroje [26]. Úchylka tvaru ukazuje nerovnosti tvaru vůči jmenovité hodnotě. Jednotlivé parametry jsou zpravidla ovlivněny jinými vlivy, proto jsou často hodnoceny zvlášť. Pro každou aplikaci je však nutné zvážit, jestli například samotný parametr R má vhodnou vypovídací schopnost.



Obrázek 22 Rozdělení profilu [26].

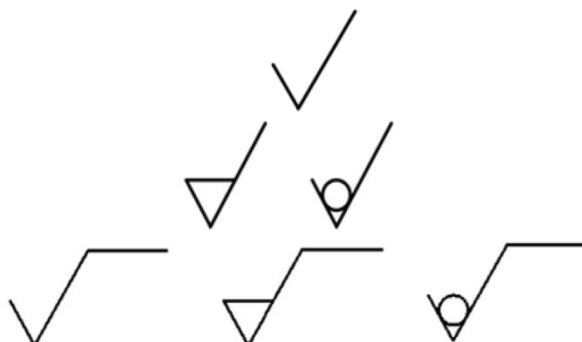
Parametry R mohou být hodnoceny pouze z profilu drsnosti [24]. Obdobně parametry W z vlnitosti a P ze základního profilu. Dále se práce věnuje převážně parametrům drsnosti. Je mnoho parametrů drsnosti, které různě definují daný profil, některé hodnotí výšku nerovností jiné například délku nebo rozteč. Mezi nejznámější parametry drsnosti můžeme zařadit **R_a** a **R_z**. Parametry **R_p** a **R_v** pomáhají vysvětlit parametr **R_z**, viz obrázek 23. Modrá barva symbolizuje profil drsnosti, který je vyhlazen filtrem s určitou hodnotou cut-off. Černá tlustá čára označuje střední čáru a červená průměrnou hodnotu absolutních úchylek profilu. Parametr **R_a** se definuje jako střední aritmetická úchylka profilu, **R_p** jako největší výška výstupku profilu a **R_v** jako největší hloubka prohlubně profilu. **R_z** (maximální výška profilu) vzniká sečtením **R_p** a **R_v**. Podobně mohou být označovány hodnoty vlnitosti W a základního profilu P.



Obrázek 23 Základní parametry drsnosti.

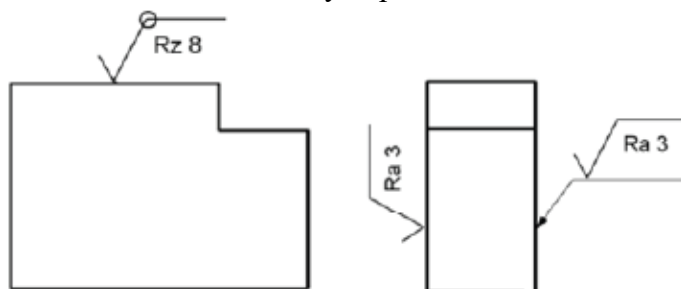
Pro výrobu s požadovanou texturou povrchu se na výkres umísťuje značka, která určuje danou drsnost (nebo jiný parametr). Dříve byla dle ČSN EN ISO 4287 textura povrchu značena bez symbolů profilu nebo plochy (obrázek 24) [28; 29]. V horní části obrázku 24 je možné vidět základní typ značky označující souhrn drsností. Ve střední části je značka rozšířena, popisuje

plochu, která vznikne odebráním materiálu nebo obrobena nebude. Vlevo odebráním materiálu (obrobením), vpravo požaduje neobrobený povrch. Ve spodní části (obrázek 24) jsou umístěny úplné značky. Součástí této značky bývá požadovaná hodnota.



Obrázek 24 Značky textury povrchu dle ČSN EN ISO 4287 [28; 29].

Obrázek 25 ukazuje značky drsnosti s konkrétními požadavky na drsnost. Vpravo je možné vidět 2 značky, jedna je umístěna přímo na povrch a druhá je na něj odkázána. Každá značka popisuje jen danou plochu. Obě požadují, aby střední aritmetická úchylka profilu nepřesáhla 3 μm dle požadovaného pravidla přijetí. Vlevo se nachází značka požadující maximální výšku profilu 8 μm . Značka obsahuje kroužek, který značí všechny plochy po obvodu [28]. Naměřená hodnota tedy musí splňovat podmínky u všech těchto ploch dle platného pravidla přijetí. Značka požadované textury povrchu se obvykle umísťuje na výkres na konkrétní plochu nebo se na ni odkazuje šipkou. Další možností je zapsat hodnotu drsnosti do popisového pole. Značka tak určuje požadovanou drsnost všech neoznačených ploch.



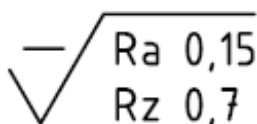
Obrázek 25 Ukázka značení drsnosti [28].

Nová norma do značky implementovala znak označující profilovou nebo plošnou metodu. Obrázek 26 ukazuje úplné značky drsnosti profilu dle nové normy ČSN EN ISO 21920-1. Tyto značky jsou tedy označeny čarou označující profilovou metodu.



Obrázek 26 Značky drsnosti dle normy ČSN EN ISO 21920-1 [28].

Každá značka nemusí obsahovat jen jednu informaci, značka umožňuje kombinovat jednotlivé parametry. Obrázek 27 ukazuje profilovou značku drsnosti, popisující zároveň parametr **Ra** i **Rz**. Značka tedy požaduje splnění obou požadavků. Obecně jsou ustáleny hodnoty drsnosti 6,3; 3,2; 1,6; 0,8; 0,4 atd. Dané hodnoty však nejsou podmínkou. Výkres tedy může obsahovat i hodnoty 5,4; 0,7; 1 a jiné.



Obrázek 27 Značka kombinující více kritérií hodnocení drsnosti [30].

2.2 Plošná metoda

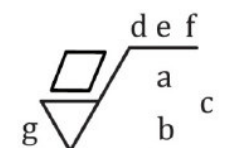
Plošnou metodu popisuje norma ČSN EN ISO 25178. Plošná metoda pro získání dat využívá optických měřicích přístrojů. Měřicí přístroj hodnotí čtverec, ze kterého vyhodnotí jednotlivé parametry. Například plošné parametry **Sa** (střední aritmetická úchylka plochy), **Sz** (maximální výška plochy), **Sp** (největší výška výstupku) a **Sv** (maximální hloubka prohlubně). Dané parametry se hodnotí podobně jako parametry profilu, zpravidla však nedosahují stejných hodnot. Například plošný parametr **Sz** má obvykle vyšší hodnotu než profilový parametr **Rz**. Málodky jde hodnocený řez přímo přes maximální vrchol v dané ploše. Hodnoty parametrů **S** a **R** vykazují podobné hodnoty, nejsou však přímo srovnatelné. Pro měření profilových parametrů se většinou používají kontraktní měřicí přístroje, zatímco pro plošné parametry se používá bezkontaktní měření (optické) [23; 27].

Plošné značky jsou znázorněny v tabulce 2. Oproti předchozí normě je požadováno umístit nad značku textury povrchu značku pro plošnou metodu [31]. Stejně jako u profilové metody i zde je možné zvolit vlastní hodnotu textury povrchu, nejen obecně ustálené hodnoty.

Tabulka 2 Grafické značky textury povrchu plochy [31].

Č.	Popis	Značka
1	Základní grafické značky textury povrchu plochy	
2	Rozšířená grafická značka indikující požadavek na odebrání materiálu	
3	Rozšířená grafická značka indikující, že odebírání materiálu není dovoleno	
4	Úplná grafická značka Dovoluje se jakýkoliv výrobní proces	
5	Úplná grafická značka Odebírání materiálu se požaduje	
6	Úplná grafická značka Odebírání materiálu není dovoleno	
7	Úplná grafická značka S modifikátorem „všude kolem“	

Značka textury povrchu může obsahovat různé požadavky, například typ filtru nebo způsob výroby. Poloha jednotlivých požadavků je znázorněna na obrázku 28. Pozice a popisuje požadavek na texturu povrchu. Požadavky mohou být na konkrétní parametr nebo například na index vložení. V případě více požadavků na texturu povrchu se požadavky umísťují na pozici b, eventuálně pod ni [31].

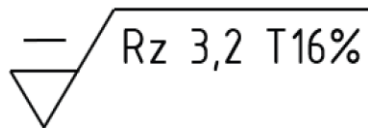


Obrázek 28 Poloha umístění požadavků na texturu povrchu [31].

Poloha c je určena pro orientaci průsečné roviny. Určuje tak směr tolerance vůči součásti [22]. Pozice d je určena pro požadavky na výrobu. Zde může být informace o tom, že se má součást brousit, soustružit nebo třeba povlakovat. Na pozici e je možné blíže popsat povrchové nerovnosti, viz příloha 3. Tato příloha označuje konkrétní druhy nerovností povrchu a přiděluje jim značku. Písmeno f (obrázek 28) ukazuje možné umístění informací ohledně orientace povrchových nerovností indikátorem průsečné roviny. Poloha g znázorňuje možné umístění přídatku na obrábění. [31]

2.3 Pravidla přijatelnosti měření

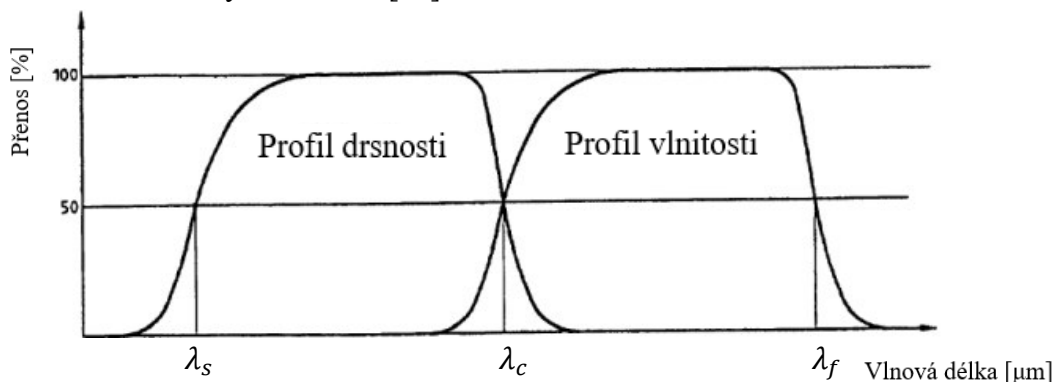
Pro hodnocení výsledků měření existuje několik pravidel, podle toho, kolik procent měření musí být v požadované toleranci. V dřívějších dobách bylo měření přijato, pokud danou toleranci nepřesahovalo více než 16 % změřených hodnot [28]. Toto pravidlo se jmenuje pravidlo přijetí 16 %. Označuje se jako T16%. Dříve bylo toto pravidlo výchozím pravidlem. V případě, že tolerovaná kóta neobsahovala žádnou značku pro přijetí hodnot bylo počítáno s pravidlem 16 %. V dnešní době je výchozím pravidlem pravidlo maxima (maximální tolerance) [28]. Jako výchozí nastavení tedy nemusí být označováno. Může se ale označit pro případ, aby nedošlo k záměně pravidel. Označuje se Tmax. Pravidlo maximální tolerance požaduje, aby všechny naměřené hodnoty byly v toleranci a nepřesahovaly stanovené maximum. Pak je změřený povrch považován za správný. Kromě pravidla 16 % a pravidla maxima je možné využít pravidla přijetí střední hodnoty. Toto pravidlo je označováno Tmed. Dané pravidlo vyžaduje 3 a více měření, kde více než polovina naměřených hodnot nesmí překročit zvolené maximum. Ukázka značení je zobrazena na obrázku 29.



Obrázek 29 Ukázka značení pravidla přijatelnosti [28].

2.4 Filtry

Na povrchu materiálu jsou vlny různých vlnových délek. Pro lepší hodnocení se dělí na krátkovlnné složky a dlouhovlnné složky. Pro rozdělení mezi těmito složkami se používají filtry λ_s , λ_c , λ_f , které jsou určeny hodnotou cut-off [27]. λ_s je filtr oddělující drsnost od menších vlnových délek. Filtr λ_c odděluje složky drsnosti a vlnitosti, viz obrázek 30. Filtr λ_s stanovuje hranici mezi vlnitostí a úchylností tvaru. [29]

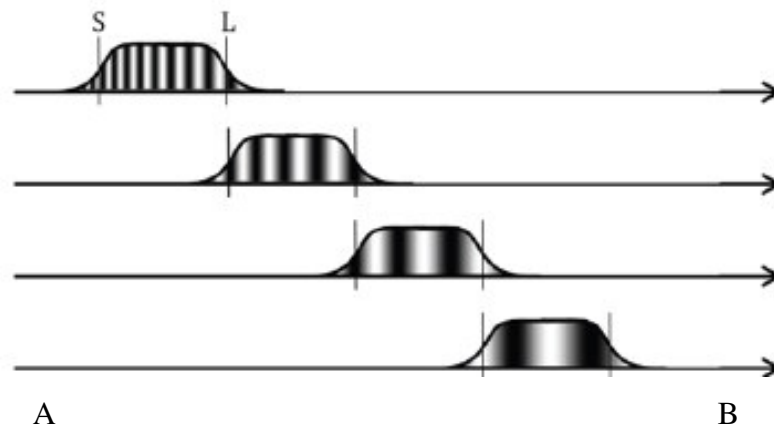


Obrázek 30 Oblasti profilu drsnosti a vlnitosti [29].

Při posuzování funkčních vlastností dílu se mohou vyskytnout různé požadavky na texturu povrchu. Filtrace odstraní některé podrobnosti a pomůže zaměřit pozornost na jiné. Filtry mohou odstranit tvar součásti nebo například vlnitost. Například Gausův filtr dělí profil na část dlouhých a krátkých vln [32]. Parametr filtrace (index vložení) znázorňuje hodnotu cut-off,

tato hodnota určuje přechodový bod, kde filtr část vln potlačuje [32]. Při dlouhovlnném filtrování je profil s vysokým indexem vložení (parametrem filtrace) vyhlazen více než s malým [32]. Zobrazí tedy méně podrobností o daném povrchu. Filtry se volí například podle funkce daného povrchu, pro některé aplikace je vhodné zvolit Gausův filtr a pro jiné například obálový filtr. Filtr je nutné označit, aby bylo jasné, o který filtr se jedná. V případě Gausova filtru tomu tak však není, není tedy nutné uvádět jeho značku, protože je standardně používaným filtrem (výchozím) [31].

Filtry lze kombinovat, při použití hranic z obou stran tak můžeme definovat pole, kde se naměřené hodnoty mohou pohybovat [22]. Obrázek 31 ukazuje příklad umístění S-L filtru. S-L filtr vyhlazuje okolní hodnoty a umísťuje pole, ve kterém jsou dané hodnoty hodnoceny. Při použití filtrů je možná velká variabilita zvolit si jednostranný nebo oboustranný filtr. Tato variabilita je i u volby hodnoty daných hranic, a tím i velikosti zkoumaného pole. Uživatel však musí zvážit nutnost a relevantnost dat. Písmeno S a L znázorňují hranice pro vyhlazení. Písmeno A znázorňuje směr krátkých vln, zatímco písmeno B ukazuje směr dlouhých vln.



Obrázek 31 Příklad umístění S-L filtru [27].

S-filtr je základní filtr (Gausův filtr) standardně hodnocený ze stejného čtverce, jako je původní hodnocená plocha [32]. To platí i u S-L nebo S-F filtr. S-filtr používá hodnotu indexu vložení jako hodnotu vymežující hranici vyhlazení. Hodnoty tohoto filtru jsou například 0,025; 0,05; 0,08; 0,1; 0,2 [23].

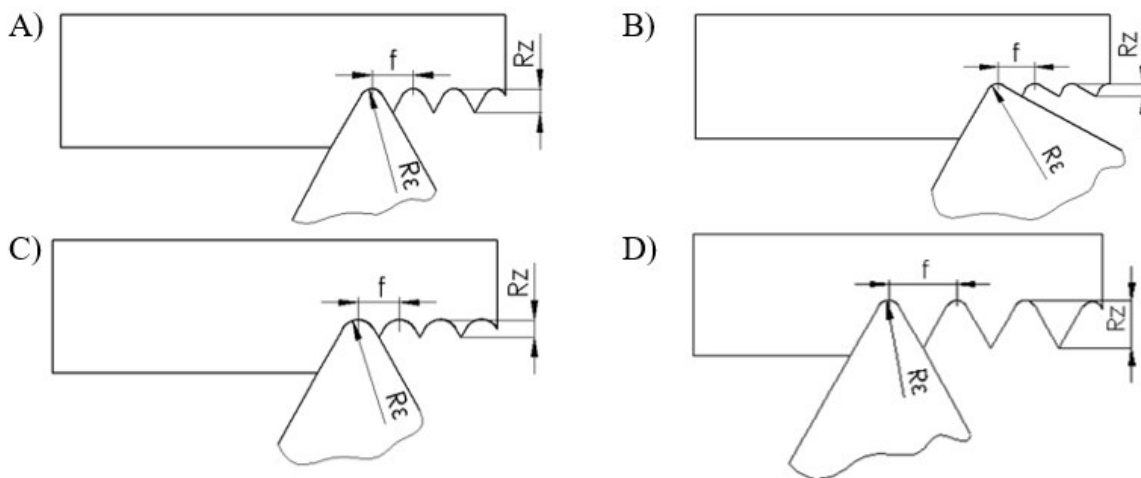
Při porovnání filtrů pro profilové i plošné parametry jsou hodnoty při stejném typu filtru i hodnotě cut-off zpravidla jiné [23]. Profilová metoda nedokáže zhodnotit všechny výstupky a prohlubně dané plochy jako plošná metoda, protože se zpravidla netrefí do největších vrcholů či nejmenších prohlubní [23]. Plošná metoda tyto prohlubně (vrcholky) umí zachytit. Hodnoty ekvivalentních parametrů nelze přímo srovnat. Dokonce i metoda zjištění (dotyková nebo optická) má vliv na změřené hodnoty.

2.5 Teoretická drsnost

Při volbě textury povrchu je nutno přihlédnout, jestli je daná plocha funkční nebo ne. Textura povrchu má vliv na správnou funkci součásti, proto je nutné při volbě požadované textury zhodnotit vhodnost povrchu pro danou funkci. Některé funkce vyžadují nízkou drsnost, jiným nevádí drsnost vyšší. Dále je nutno zhodnotit, jestli je plocha pohledová a jestli bude materiál dále zpracováván. V neposlední řadě se hodnotí výrobní možnosti a ekonomické hledisko. Kombinací těchto požadavků je zvolena požadovaná textura povrchu. Dodržení požadavků na texturu povrchu nebo tolerance rozměrů jsou základními podmínkami vyměnitelnosti součástí [33]. Textura povrchu ovlivňuje například tření, přesnost chodu, přilnavost povrchové úpravy nebo například odolnost vůči opotřebení nebo korozi [26]. Pro základní návrh textury povrchu na součást se volí teoretická drsnost, která pomůže zvolit řezné podmínky.

Teoretická drsnost je drsnost počítající s ideálními podmínkami, ukazuje orientační hodnotu drsnosti vzhledem ke způsobu obrábění. Pro hodnocení teoretické drsnosti jsou stanoveny podmínky. První podmínkou je nedeformovatelnost obráběného povrchu. Teoretická drsnost dále počítá s neměnnou kinetikou soustavy. Je obecně známo, že soustava stroj, nástroj, obrobek nejsou dokonale tuhé, teoretická drsnost však počítá s ideální tuhostí této soustavy. Poslední podmínkou jsou neměnné podmínky týkající se tvaru nástroje. Špička je vždy konstantní a nevzniká zde opotřebení, tím je zachována geometrie nástroje. [33]

Hlavní vliv obráběcího procesu na texturu povrchu mají tvar nástroje a posuv. Tvar nástroje zahrnuje velikost špičky a velikosti úhlů nastavení hlavního a vedlejšího ostří, viz obrázek 32. Tento obrázek ukazuje vliv jednotlivých změn na teoretickou drsnost R_z u soustružení. Na pozici A je umístěna část obrobku, nástroj a stopa vzniklá obráběním. Parametr f je posuv, R_ϵ je rádius (poloměr špičky) a R_z je teoretická drsnost, hodnocená podle maximální výšky profilu. Obrázek na pozici B) má oproti pozici A) břitovou destičku s větším úhlem. Úhel nastavení hlavního ostří je stejný (břit vlevo), ale úhel nastavení vedlejšího ostří (břit vpravo) je menší. Při této výměně destičky se tedy hodnota R_z zmenšila. Při ustavení destičky má na drsnost hlavní vliv nastavení vedlejšího břitu nástroje. Pozice C) ukazuje část obrázku, kde byla použita destička s větším poloměrem špičky R_ϵ . Větší rádius způsobuje zmenšení hodnoty R_z . Při velkém rádiusu a malé hloubce řezu může být vliv nastavení hlavního a vedlejšího ostří vzhledem k drsnosti umenšen, až úplně eliminován. Obrázek na pozici D) znázorňuje vliv rychlosti posuvu na teoretickou drsnost. Při vyšší hodnotě posuvu se drsnost zvětšuje. Obecně tedy platí, že se pro dokončovací operace volí nižší posuv, který pomůže obrobek povrch s menší hodnotou drsnosti. Tyto vlivy platí i pro reálnou drsnost, proto se těchto poznatků hojně využívá v obrábění.



Obrázek 32 Vlivy na teoretickou drsnost.

Teoretická drsnost může být spočtena dle vzorců zohledňujících posuv, špičku nástroje i úhel nastavení hlavního a vedlejšího ostří. Při velkém poloměru zaoblení špičky, nízkém posuvu a malé hloubce řezu je možné vlivy hlavního a vedlejšího ostří zanedbat. A použít jednodušší vzorce. Další možností je zjistit si drsnost z tabulek, nebo změřit na hotovém vzorku. Teoretická drsnost je zpravidla nižší než skutečná, proto je vhodné umístit hodnotu drsnosti níž, než je požadovaná maximální hodnota. Hodnotu teoretické drsnosti je možné získat například z tabulky hodnot drsností, viz tabulka 3.

Tabulka 3 Teoretická drsnost Ra [34].

Posuv F (mm/ot.) špičky	r_c Rádus																		
	0,1	0,2	0,4	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5	1,6	2,0	2,4	2,5	3,0	3,2	3,5	4,0	5,0	6,0	8,0
	Drsnost Ra (μm)																		
0,05	1,47	0,75	0,38	0,31	0,20	0,16	0,13	0,11	0,10	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02
0,07	2,76	1,41	0,72	0,58	0,37	0,30	0,25	0,20	0,19	0,15	0,13	0,12	0,10	0,10	0,09	0,08	0,06	0,05	0,04
0,08	3,55	1,81	0,93	0,75	0,47	0,38	0,32	0,26	0,24	0,19	0,16	0,16	0,13	0,12	0,11	0,10	0,08	0,07	0,05
0,10		2,76	1,41	1,13	0,72	0,58	0,48	0,39	0,37	0,30	0,25	0,24	0,20	0,19	0,17	0,15	0,12	0,10	0,08
0,12		3,88	1,98	1,60	1,01	0,82	0,68	0,55	0,52	0,42	0,35	0,34	0,28	0,26	0,24	0,21	0,17	0,14	0,11
0,15		5,9	3,02	2,43	1,54	1,24	1,04	0,84	0,79	0,63	0,53	0,51	0,43	0,40	0,37	0,32	0,26	0,22	0,17
0,16		6,7	3,41	2,74	1,74	1,40	1,17	0,94	0,89	0,71	0,60	0,58	0,48	0,45	0,42	0,36	0,29	0,25	0,19
0,18		8,3	4,25	3,42	2,17	1,75	1,46	1,18	1,11	0,89	0,75	0,72	0,60	0,57	0,52	0,46	0,37	0,31	0,23
0,20			5,2	4,17	2,64	2,13	1,78	1,44	1,35	1,09	0,91	0,88	0,73	0,69	0,63	0,56	0,45	0,37	0,28

3 PRAKTICKÁ ČÁST

Tato kapitola popisuje měření a konstrukci zadané součástky. Dále také návrh její následné výroby. Pro tuto práci byla zadaná fyzická součást (zápalník), viz obrázek 33. Tato součást byla měřena a s upravenými rozměry (kvůli zachování know-how firmy AlfaProj) převedena do digitální podoby (CADu). Nejprve byly změřeny základní rozměry, následně hodnoty textury povrchu a umístění jednotlivých částí vůči sobě, protože čep a díra jsou posazeny excentricky. Dále byly navrženy různé druhy výroby v závislosti na měření a konstrukci dílu. Nejvhodnější druhy výroby byly odsimulovány a porovnány vůči sobě.



Obrázek 33 Zadaná součást (zápalník).

Zadaná součást je na první pohled černěna a obráběna na soustruhu. Součást má excentricky umístěnou díru s rovným dnem a excentricky umístěný čep. Proto je nutné zhodnotit možné technologie pro výrobu mimoosých výrobků. Výroba excentrických součástí je ovlivněna převážně přesností a sériovostí výroby, požadovaným počtem kusů za dané období. Množství požadovaných kusů je jedním z určujících parametrů pro volbu stroje. Při získávání dat z fyzické součásti pro reverzní inženýrství je pro danou součást nutné měřit více způsoby. Základním měřením je měření rozměrů, průměrů a délek. Následuje měření polohy prvků a drsnosti povrchu.

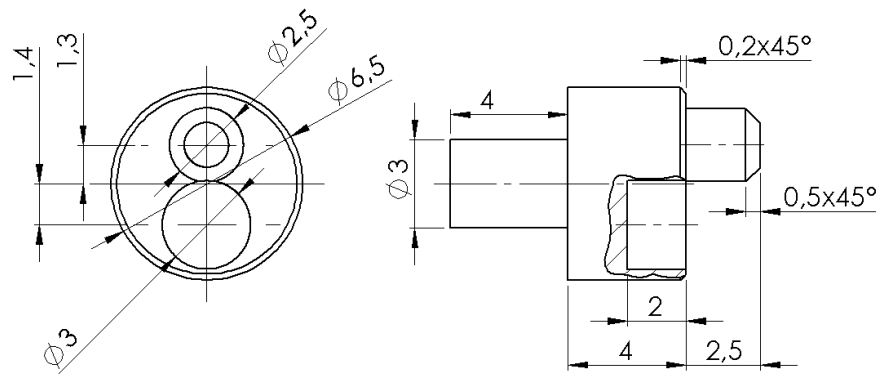
3.1 Měření základních rozměrů

Pro reverzní inženýrství je důležité změřit jednotlivé rozměry, aby se součást mohla vymodelovat v CADu a následně vyrobit. Pro základní měření hlavních rozměrů bylo použito posuvné měřítko a mikrometr, viz obrázek 34. Tento digitální mikrometr (obrázek 32 vpravo) je měřidlo, které měří s vysokou přesností, dokáže však měřit jen některé rozměry, například vnější průměr nebo délku součásti. Hůře dostupné rozměry součásti byly měřeny posuvným měřítkem (obrázek 34 vlevo), které má nižší přesnost. Posuvné měřítko dokáže měřit kromě vnějšího průměru nebo délky i hloubku nebo průměr otvorů.



Obrázek 34 Použitá měřidla.

Změřený díl byl vymodelován v programu SolidWorks. Z modelu bylo vytvořeno schéma s orientačními hodnotami, viz obrázek 35. Toto schéma neobsahuje hodnoty tolerancí ani drsnosti, slouží pro základní popis součásti.



Obrázek 35 Schéma zápalníku s orientačními rozměry.

3.2 Měření textury povrchu

Pro zjištění, jakou technologií se původní (zadaná) součást vyráběla, je nutné provést měření textury. Následně může být navržena technologie budoucí výroby. Zápalník je ustaven a pohybuje se v rámu revolveru převážně pomocí největšího průměru součásti. Excentrický čep zajišťuje, aby se součást neotáčela a při výstřelu udeřila vždy na stejné místo. Proto největší nároky na drsnost budou kladeny na $\text{Ø } 6,5 \text{ mm}$, dále pak i na $\text{Ø } 2,5 \text{ mm}$ (obrázek 35). Vzhledem k důležitosti těchto rozměrů při funkci mechanismu revolveru se měření provádělo na plochách těchto průměrů. Pro standardní měření drsnosti se využívají kontaktní profilometry, které pomocí posuvného ramene s diamantovým hrotem měří drsnost. Tento typ měření je však pro tak malý čep nevhodný, takže měření kontaktní metodou zde není použitelné. Jednotlivé průměry jsou tak malé a vytvářejí tak malý oblouk, že by bylo velmi obtížné součást vyrovnat tak, aby se do měření oblouk nezapočítal. Obzvláště plocha na $\text{Ø } 2,5 \text{ mm}$ je příliš zakřivena na to, aby se po ní přesouval hrot měřicího přístroje. Při standardním použití není zajištěna souosost posuvu diamantového hrotu a osy měřeného průměru. Nástroj by se neudržel na vrchlíku. Měření by bylo použitelné jen při použití speciálních přípravků pro vytvoření souosého měření. Další nevýhodou měření pomocí kontaktního profilometru je nutnost určité délky měřeného úseku, kterého na dané součásti nelze zajistit. Proto byl pro měření drsnosti použit bezdotykový 3D profilometr Taylor Hobson Talysurf CCI Lite (dále jen Taylor Hobson), viz obrázek 36.



Obrázek 36 Bezdotykový 3D profilometr Taylor Hobson Talysurf CCI Lite.

Tento přístroj funguje na bázi odrazu světla. Během měření povrchu je vzorek osvětlen polychromatickým světlem, které prochází interferometrickým objektivem [35]. Světlo dopadne na povrch a různé vlnové délky se odrazí do snímače tak, že se navzájem ovlivňují. Odražené paprsky jsou snímány a s velkou přesností určují vzdálenost. Tímto způsobem se bezkontaktně měří povrch vzorku. Taylor Hobson je propojen s počítačem. Využívá software Talysurf CCI pro ovládání přístroje. Pro úpravu a hodnocení dat byl použit program TalyMap.

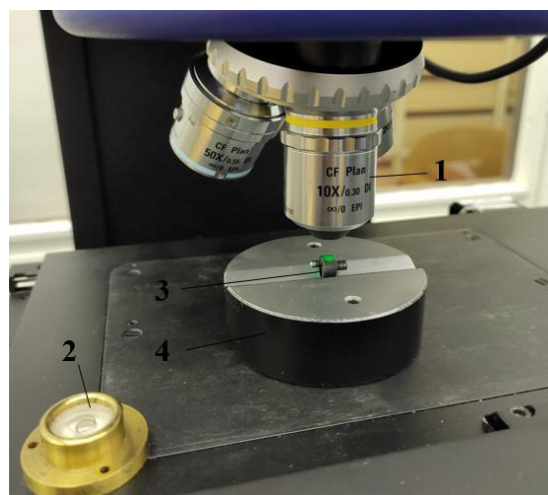
Před měřením textury povrchu byla součást (obrázek 37, pozice 1) očištěna benzínovým čističem (pozice 2) pomocí vatového tampónu (pozice 3). Zápalník tak byl očištěn od prachu, mastnoty a jiných částic, které by mohly měření znehodnotit. I přes důkladné očištění však během měření bylo na součásti nalezeno několik smítek, která byla eliminována pomocí ořezu dat (tresholding). Po měření a vyhodnocení různých parametrů drsnosti se měřený díl odmastil a zakonzervoval konzervačním olejem (pozice 4). Tato konzervace slouží k ochraně měřeného dílu před korozí.



- 1 Měřená součást
- 2 Benzínový čistič
- 3 Vatový tampón
- 4 Konzervační olej

Obrázek 37 Pomůcky pro přípravu vzorku.

Pro měření parametrů textury povrchu byl použit objektiv 10, viz obrázek 38, pozice 1, který může měřený úsek zvětšit 10×. Stůl přístroje je umístěn na vzduchovém polštáři, aby se eliminovaly rázy a chvění z okolí. Před měřením je tedy nutno zkontrolovat, jestli je vzduchový polštář dostatečně nafouknut, dále jestli je stůl v rovině. Rovinnost stolu zjistíme pomocí bublinky (pozice 2), podobně jako u vodováhy. Součást (pozice 3) je ustavena na prizmatické podložce (pozice 4).



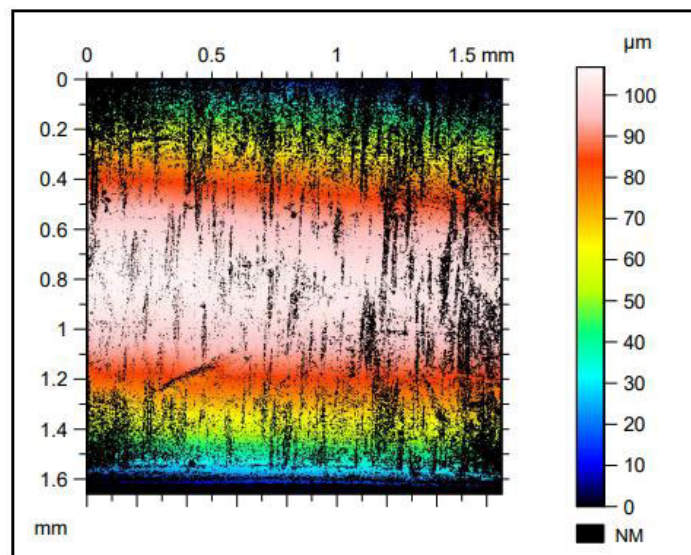
- 1 Objektiv
- 2 Bublinka
- 3 Měřená součást
- 4 Prizmatická podložka

Obrázek 38 Měření na profilometru Taylor Hobson.

Měření bylo provedeno na $\varnothing 6,5$ mm a $\varnothing 2,5$ mm. Při měření drsnosti na $\varnothing 2,5$ byl velký problém s válcovitou plochou. Pro měření textury povrchu se využívá určitá hloubka ostrosti, která vlivem zaoblení nedosáhne na vzdálenější části měřené plochy. Od určité vzdálenosti povrchu od objektivu už tedy nedokáže změřit. Proto je u $\varnothing 2,5$ mm více neměřených bodů i v blízké vzdálenosti od střední části povrchu. Čím je rádius menší, tím je větší vliv problematické malé hloubky ostrosti.

3.2.1 Měření $\varnothing 6,5$

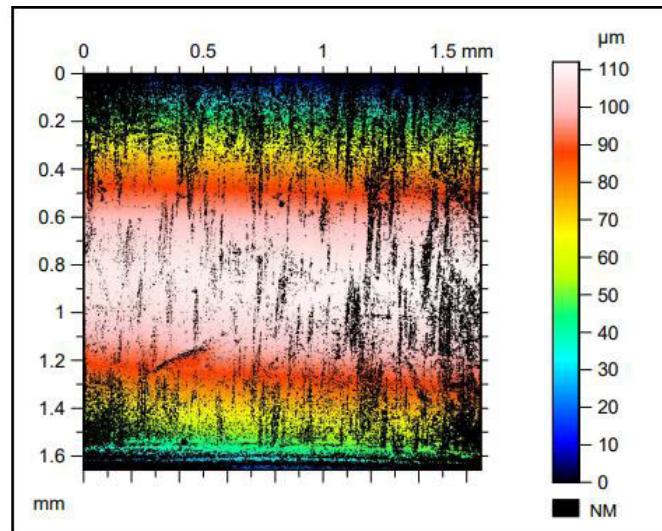
Před měřením byla součást umístěna na prizmatickou podložku. Dále byl přisunut objektiv, nastavila se hodnota světlosti a hloubka ostrosti. Po nastavení byly naměřené hodnoty textury povrchu upravovány v softwaru TalyMap. V programu byla data převedena do grafické podoby, viz obrázek 39. Na tomto obrázku je vidět část plochy měřené součásti. Obrázek znázorňuje plochu válcového vrchlíku, protože součást je rotačního tvaru. Z obrázku je patrné, že je mírně pod úhlem. Vůči měření je však umístěna kolmo. Hodnocená plocha je čtverec o rozměrech $1,659 \times 1,659$ mm.



Obrázek 39 Naměřené hodnoty před úpravami.

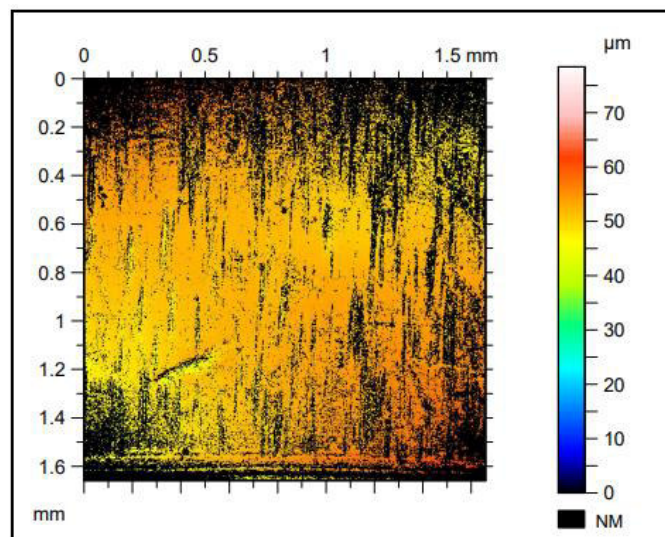
Na pravé straně obrázku je stupnice naměřených hodnot. Stupnice znázorňuje vzdálenost jednotlivých naměřených bodů. Body jsou vzdáleny od fiktivní roviny určené nejnižším bodem. Obrázek obsahuje i neměřené body. Jsou to body, které měřicí přístroj nedokázal změřit. Tyto neměřené body nejsou započteny do vyhodnocení. Obrázek 39 ukazuje mnoho bodů, které měřicí přístroj nevyhodnotil. V tomto měření je jich 40,08 %, viz příloha 4. Neměřené body jsou znázorněny černou barvou. Prvním důvodem pro tak velké množství neměřených bodů je nedostatečná hloubka ostrosti při takovém zaoblení plochy součásti. Zvolený bezdotykový 3D profilometr není schopen zaostřit na všechny body součásti, protože má jen omezenou hloubku ostrosti. Druhým důvodem je špatný odraz paprsku vlivem zaoblení součásti. Z válcového povrchu se vyslaný paprsek hůře odráží zpět do snímače, proto je ve vzdálenějších místech od osy součásti více neměřených bodů. Odraz paprsku je problematický i u větších vrypů na povrchu materiálu. Pro eliminaci neměřených bodů ve vrypech nebo jiných prohlubních se u některých měřicích zařízení mění vlnová délka vyslaného paprsku [35]. Použité vlnové délky odpovídají například zelené nebo bílé barvě. Třetím faktorem pro eliminaci hodnocení je světlost. Při každém měření se nastavuje množství světla. Součást nesmí být přesvícena ani osvícena malým množstvím světla. Standardně se používá hodnota světlosti kolem 50 %. Na tuto hodnotu má vliv například to, jestli je povrch matný nebo lesklý. Pro náš matný povrch součásti byla použita světlost mírně přes 50 %, u druhého měření pak 52 %.

TalyMap je software, který zajišťuje, pomáhá upravovat, hodnotit naměřená data i jejich grafickou stránku. Součást byla nejprve mírně pootočena a svírala s osou X mírný úhel. Naměřené hodnoty tedy byly vyrovnány (leveling). Tato úprava způsobila mírné zvýšení hodnot. Obrázek 40 však neukazuje konečnou úpravu dat pro získání parametrů textury povrchu.



Obrázek 40 Naměřené hodnoty po vyrovnání.

Zaoblený povrch měřeného úseku byl v programu narovnan pomocí odfiltrování tvaru válce. Na obrázku 41 je vidět plocha vrchlíku největšího průměru měřené součástky (\varnothing 6,5 mm) ve stavu po odstranění tvaru. Narovnání povrchu do rovne plochy snížilo hodnoty **Sa** i **Rz**. Většina dat se pohybuje kolem 50 μm , viz stupnice na obrázku 41. Obrázek dále obsahuje píky, které vznikly pravděpodobně špatným odrazem světla. Tyto hodnoty posouvají celé spektrum o desítky mikrometrů, a znehodnocují tak měření. V dalších úpravách však budou eliminovány pomocí ořezu dat, tím budou data více popisovat skutečný povrch součásti.

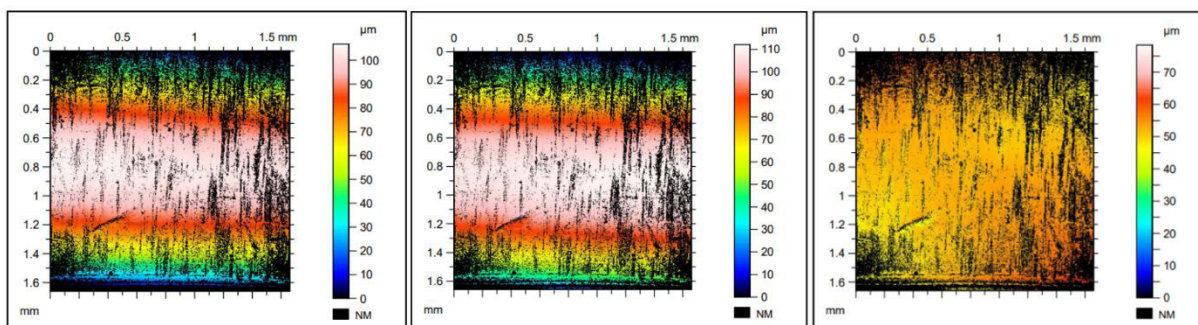


Obrázek 41 Naměřené hodnoty po odstranění tvaru.

Po odstranění tvaru byly zhodnoceny plošné parametry prvního měřeného úseku. Hodnoty plošných parametrů jsou **Sz** 78,433 μm a **Sa** 1,7182 μm . Parametry **Sz** a **Sa** jsou plošné parametry textury povrchu, pro které je odfiltrován tvar, protože je nutné odstranit zaoblení vzniklé kruhovitostí hřídele. Složku vlnitosti je možné odfiltrovat. Pro toto měření však tato složka nebyla odfiltrována. Parametry **S** jsou počítány z plochy čtverce. Parametr **Sa** díky

vlnitosti reálněji popisuje povrch z funkčního hlediska, je však hůře představitelný. R_a je parametr, který nemá z funkčního hlediska tak vypovídající hodnotu, protože odfiltruje vlnitost a udává průměrnou hodnotu drsnosti. R_a je teoretický prvek, který se však hojně používá ve strojírenství, kde se předpokládá určitý tvar profilu, vytvořený většinou obráběcím nástrojem.

Data je důležité upravit do té míry, aby měla co nejvíce vypovídající hodnotu. Důležitost úprav dat je možné vidět při srovnání jednotlivých úprav, viz obrázek 42 a tabulka 4. Obrázek ukazuje, že původní hodnoty jsou oproti hodnotám po odstranění tvaru válce výrazně odlišné, liší se o desítky mikrometrů.



A) Původní hodnoty

B) Hodnoty po vyrovnání

C) Data po odstranění tvaru válce

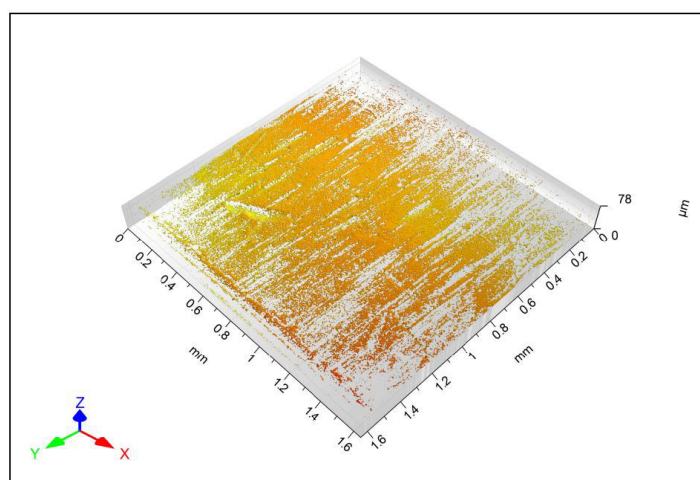
Obrázek 42 Srovnání dat hodnoceného povrchu během jednotlivých úprav.

Tabulka 4 porovnává hodnoty S_a a S_z u původních dat A). U dat po vyrovnání B). A u dat po odstranění tvaru C). Hodnoty C jsou nejnižší, hodnota S_a je přibližně desetkrát menší než u předchozí úpravy.

Tabulka 4 Srovnání hodnot daného měření.

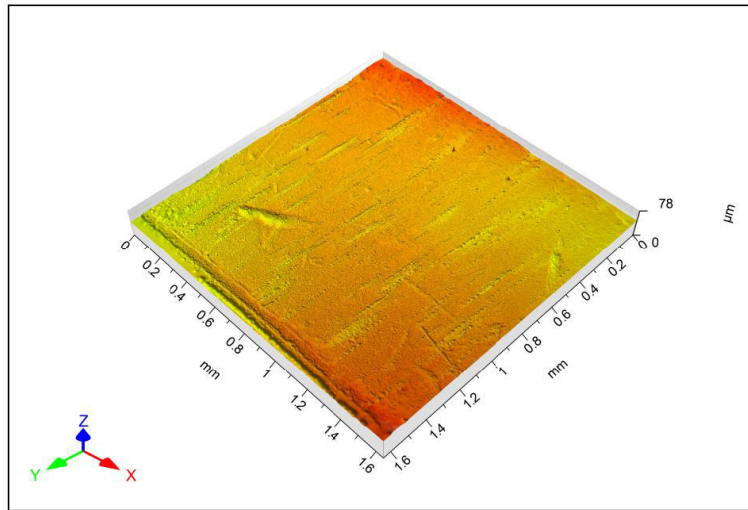
Parametry textury povrchu	A	B	C
S_z [μm]	106,79	112,08	78,433
S_a [μm]	18,153	17,521	1,7182

Po vyhodnocení byla data zobrazena jako 3D povrch, viz obrázek 43. Zobrazený 3D povrch je programem umístěn tak, aby byly viditelné hodnoty os X, Y i Z. Pro lepší orientaci je v levém rohu umístěn souřadný systém. Na obrázku je možné spatřit stopy po obrábění a v levé části rýhu. Kvůli neměřeným bodům je však obrázek méně čitelný.


Obrázek 43 3D zobrazení povrchu.

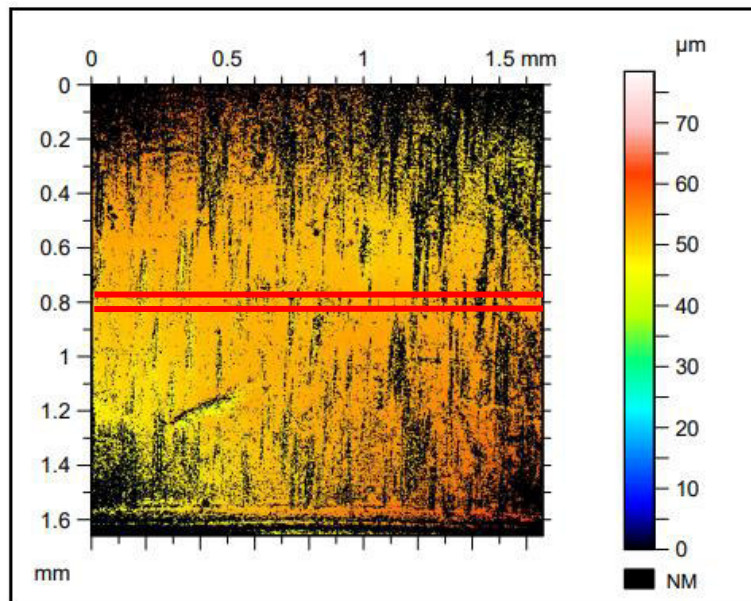
Následující úprava vyplnila neměřené body, a tak vytvořila celistvý povrch. Obrázek 44 ukazuje velké defekty, vrypy, axiální škrábance, dále také stopy po dokončovací operaci, které

jsou v tangenciálním směru. Pro hodnocení parametrů textury povrchu je vhodné brát data s nevyplněnými neměřenými body, ty jsou pro vzhled Doplněné body by znehodnotily výsledek.



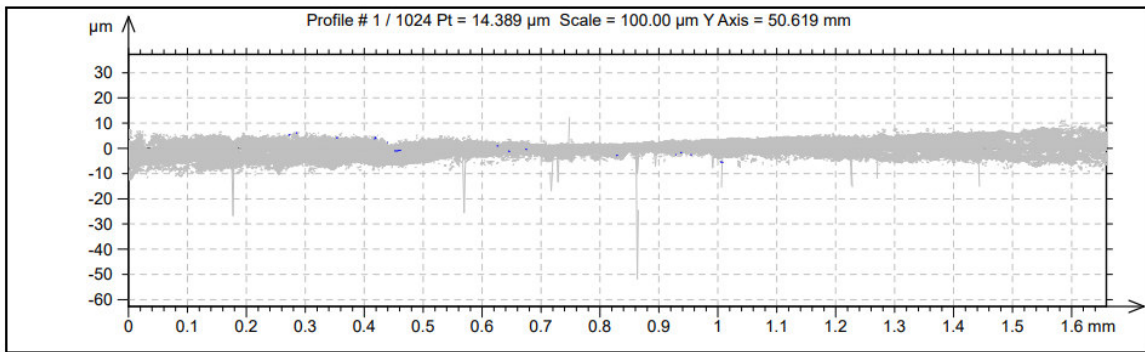
Obrázek 44 3D povrch s vyplněním neměřených bodů.

Hodnocení profilovou metodou je možné i na optickém přístroji, je však nutné zvolit řez, ve kterém bude měření probíhat. Po danou aplikaci byly zvoleny dva řezy. Jeden cca ve středu a druhý v mírné vzdálenosti od středu. Obrázek 45 ukazuje umístění daných řezů, řezy jsou označeny červenou čarou.



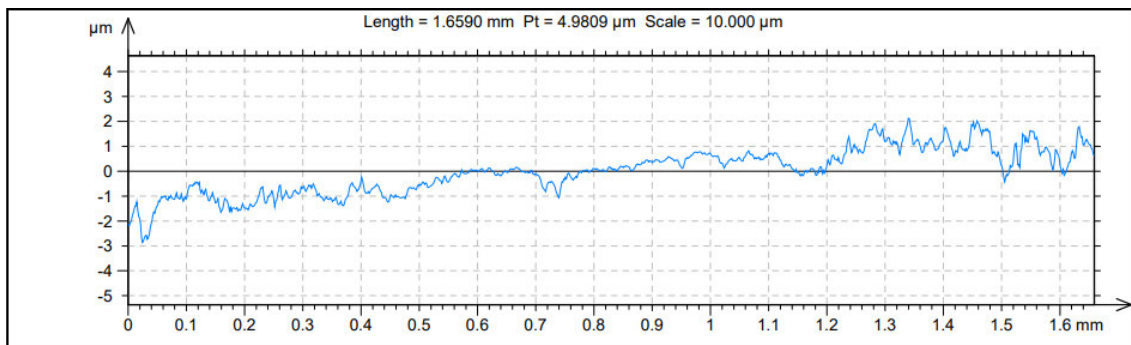
Obrázek 45 Umístění řezů pro měření R parametrů.

Pro zhodnocení profilových parametrů byl zhotoven řez, kolmo na stopy obrábění. První řez (umístěný přibližně ve středu) byl hodnocen a dále upravován. Podle něj byl vyhodnocen i druhý řez, umístěný dál od středu. Při zkoumání řezu byly nalezeny veliké píky, viz obrázek 46, které jsou pravděpodobně způsobeny nečistotami nebo jinými částicemi, které způsobily chybný odraz paprsku světla. Tyto nečistoty zhoršují přesnost měření. Píky se výrazně projeví při zkoumání parametrů Sz , eventuálně Rz , protože se tyto parametry zaměřují na největší vrcholy a prohlubně. Největší pík dosahuje hodnot kolem $-50 \mu\text{m}$, tím postaví celé měření o tuto hodnotu výš. Proto je většina hodnot na předchozích obrázcích umístěna okolo $50 \mu\text{m}$.



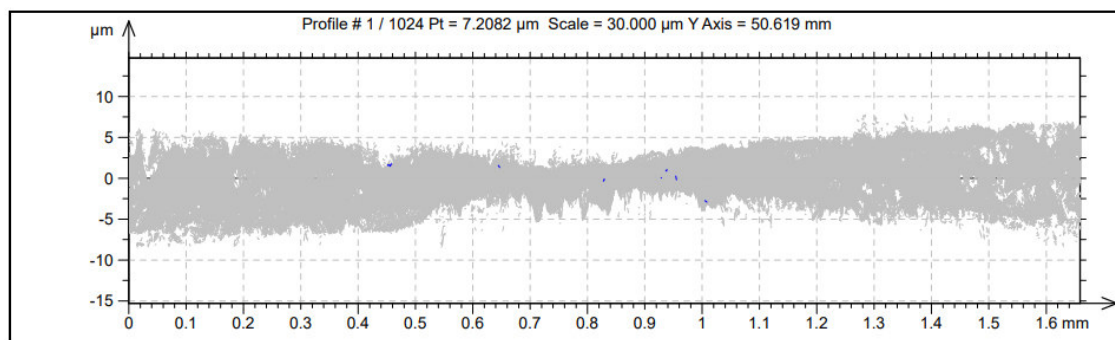
Obrázek 46 Změřené hodnoty textury povrchu řezu.

Data získaná z řezu nejsou dostatečně přehledná vzhledem k množství dat (obrázek 46). Software TalyMap umožňuje vykreslení průměrných hodnot z naměřených dat v daném řezu. Vykreslení průměrných hodnot je zobrazeno na obrázku 47. Zobrazené hodnoty nevykazují velkou periodicitu, proto bude daný povrch hodnocen jako neperiodický. Pro vykreslení průměrných hodnot byl použit Gaussův filtr s indexem vložení 0,8. Hodnota cut-off je zvolena podle odhadované hodnoty **Ra** pro neperiodický povrch, která se nachází v intervalu 0,1 μm až 2 μm [36]. Dle nejnovějších norem se periodicitu povrchu nezahrnuje do volby hodnoty cut-off, dle staré (ISO 4288) i nové normy (ČSN EN ISO 21920-1) je však zvolená hodnota správná [28; 36]. Naměřené hodnoty **Ra** se při zvoleném filtru pohybují kolem 0,4 μm . Největší a nejmenší hodnoty daného řezu jsou přibližně 2 μm nad střední čáru a 3 μm pod ní. Při porovnání s předchozím obrázkem (obrázek 46) je možné vidět výrazné rozdíly, kde některé píky dosahují hodnot přesahující 50 μm .



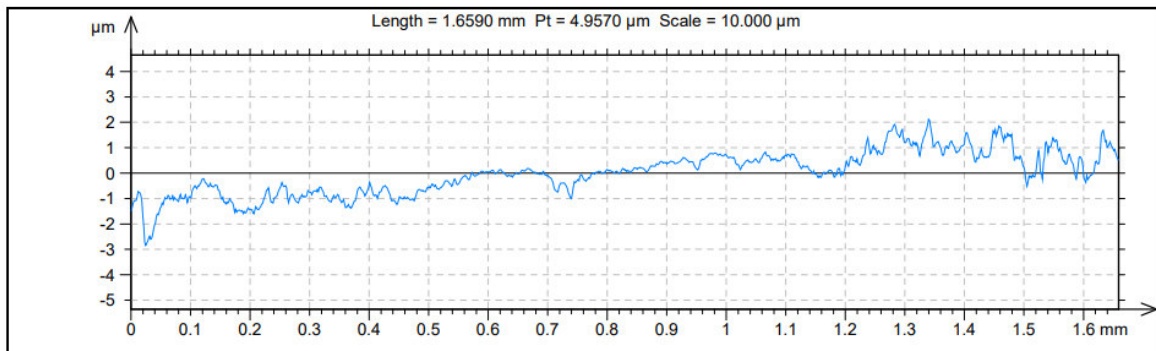
Obrázek 47 Vykreslení průměrných hodnot řezu.

Píky je možné odstranit ořezáním dat o nejvyšší a nejnižší hodnoty. Pro toto měření byly hodnoty ořezány o 0,5 % nahore i dole. Tyto hodnoty nejsou vyplněny jinými hodnotami, ale jsou započteny do neměřených bodů. Po tresholdingu (ořezu dat) byla data znovu zobrazena, viz obrázek 48. Při porovnání obrázku 46 a 48 je možné vidět, že se odstranily píky a data vypadají relevantněji pro vyhodnocení. Maximální hodnoty jsou od střední čáry vzdáleny kolem 7 μm .



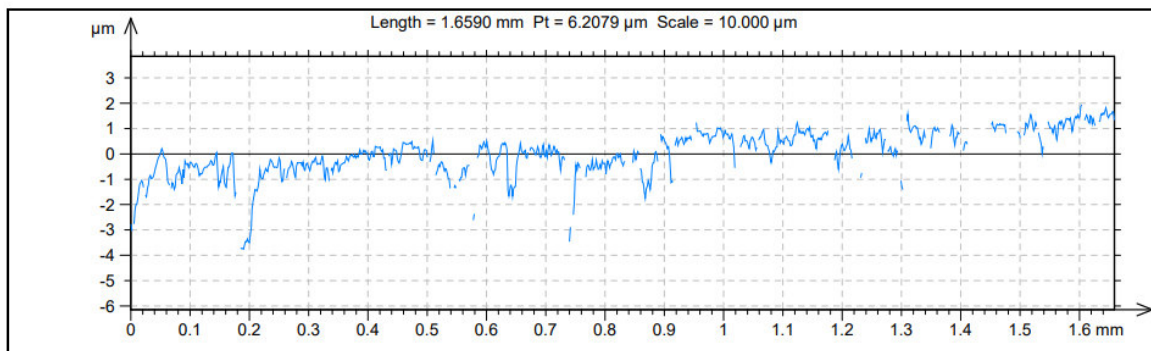
Obrázek 48 Změřené hodnoty textury povrchu řezu po tresholdingu.

Ořez dat je určen jen pro data, která nejsou relevantní pro daný řez. Při ořezu pomocí vysoké hodnoty ořezání by byly výrazně upraveny i hodnoty průměrných hodnot. Výrazné změny jako plošky na výstupcích či prohlubních by byly nežádoucí. Křivky průměrných hodnot je tedy vhodné porovnat. Dané křivky jsou však při porovnání prakticky stejné, viz obrázky 47 a 49.



Obrázek 49 Vykreslení průměrných hodnot řezu po tresholdingu.

Po ořezu dat byly spočítány hodnoty **Rz** a **Ra**, které popisují drsnost v řezu, umístěném ve středu obrázku. Parametry profilu v daném řezu byly **Rz** 2,3868 μm a **Ra** 0,29139 μm . U druhého řezu, viz obrázek 50, byly zjištěny hodnoty **Rz** 4,9501 μm a **Ra** 0,42092 μm . Druhý řez tedy obsahuje vyšší hodnoty. Tyto vyšší hodnoty jsou částečně způsobeny chybějícími body umístěnými blízko střední čáry. Ve firmách je parametr **Ra** často používán a požadován na výkresech. Následně podle jeho velikosti je určena metoda obrábění. Zadaná součást byla pravděpodobně broušena, protože zde dosahuje velice nízkých hodnot a také nevykazuje typický vlnkovaný povrch vzniklý soustružnickým nožem. Stopy vzniklé obráběním toto tvrzení podporují. Při použití dokončovací operace soustružením by byly vzdálenosti vlnek od soustružnického nože rovny velikost posuvu na otáčku, u broušení tomu však tak není, protože broušení využívá více zrn umístěných různě po obvodu brousícího kotouče. Zadaná součást byla vyjmuta ze zbraně, která nějakou dobu fungovala v provozu. Během používání došlo k odírání vršků výstupků povrchu, a tím se hodnota **Ra** i **Rz** ještě snížila.



Obrázek 50 Vykreslení průměrných hodnot druhého řezu.

Ořez dat je možné použít u profilové i plošné metody. Ořez dat pro dané měření způsobil výrazný rozdíl ve zjištěných hodnotách. Například při vyhodnocení plošných parametrů je zásadní rozdíl v hodnotě **Sz**, která se zmenšila ze 78,433 μm na 13,327 μm , viz tabulka 5.

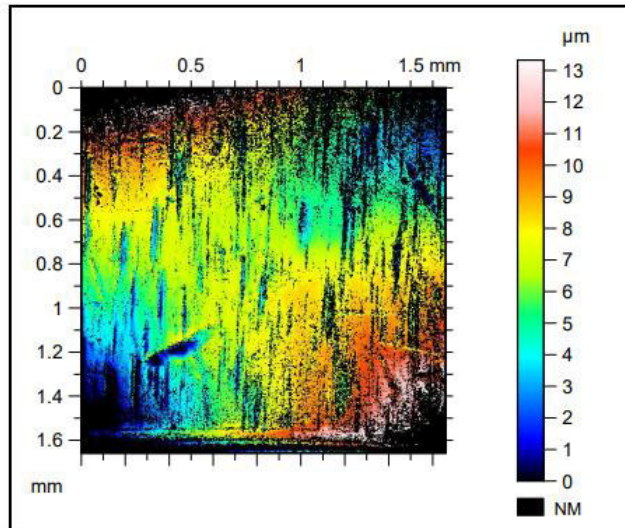
Tabulka 5 Srovnání hodnot daného měření.

Parametry textury povrchu	Hodnoty bez ořezu	Hodnoty s ořezem
Sz [μm]	78,433	13,327
Sa [μm]	1,7182	1,6542

Hodnota **Sa** se výrazně nezměnila, protože počítá s průměry, nejen s nejvyššími a nejnižšími hodnotami. Pokud by po tresholdingu hodnota **Sa** vyšla výrazně jiná, nebo by křivka

průměrných hodnot byla výrazně změněna, pak by byla data upravena příliš a výsledky by nebyly relevantní.

Grafické znázornění povrchu po tresholdingu je zobrazeno na obrázku 51. Na tomto obrázku jde vidět různé vrypy, které zvyšují hodnoty **Sa** a **Sz**. Povrch je znázorněn různými barvami dle škály na pravé straně obrázku.



Obrázek 51 Grafické znázornění povrchu po tresholdingu.

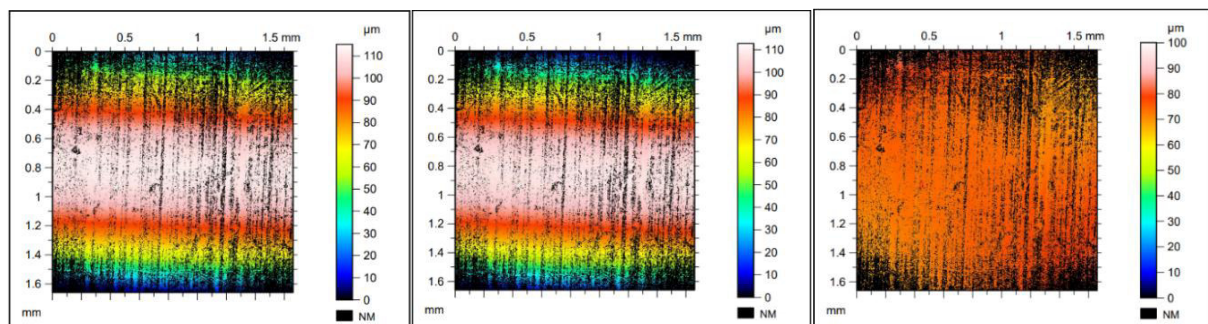
Při porovnání plošných a profilových parametrů je možné vidět výrazný rozdíl mezi hodnotou **Sa** a **Ra** i **Sz** a **Rz**. Hodnoty jsou výrazně rozdílné, protože hodnoty parametru S počítají s vlnitostí. Pro porovnání byly zvoleny hodnoty profilu (z prvního řezu) i plochy po ořezu dat. Tabulka 6 ukazuje, že plošné hodnoty jsou vyšší. To je způsobeno kromě obsaženou vlnitostí i hodnocením celé plochy, která je více členitá v okrajových částech než v místě prvního řezu. Hodnoty **Sz** lépe zachytí nejvyšší a nejnižší hodnoty, protože je velmi nepravděpodobné, že zvolený řez přímo protne nejvyšší vrchol i nejnižší prohlubeň zároveň.

Tabulka 6 Srovnání plošných a profilových parametrů.

Sa [μm]	Ra [μm]	Sz [μm]	Rz [μm]
1,6542	0,29139	13,327	2,3868

3.2.2 Druhé měření Ø 6,5

Pro každé měření se součást mírně posouvá, aby byl měřen jiný úsek. Pro druhé měření byla zvýšena hodnota světlosti na cca 52 %. Tímto krokem byl výrazně snížen počet neměřených bodů na 35,13 %. Počáteční úpravy ukazuje obrázek 52, který shrnuje základní data A), data po vyrovnání B) i data po odstranění tvaru válce C). Pro hodnocení měření byla vytvořena šablona, která výrazně usnadnila práci. Tato šablona byla použita pro druhé i třetí měření.



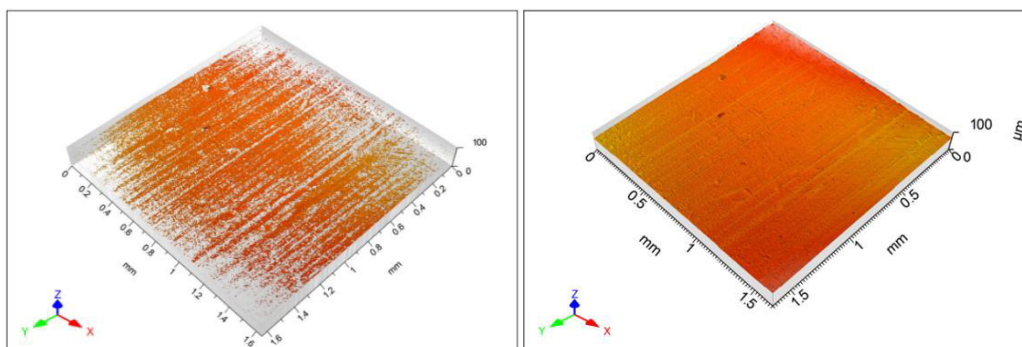
A Původní hodnoty

B Hodnoty po vyrovnání dat

C Data po odstranění tvaru válce

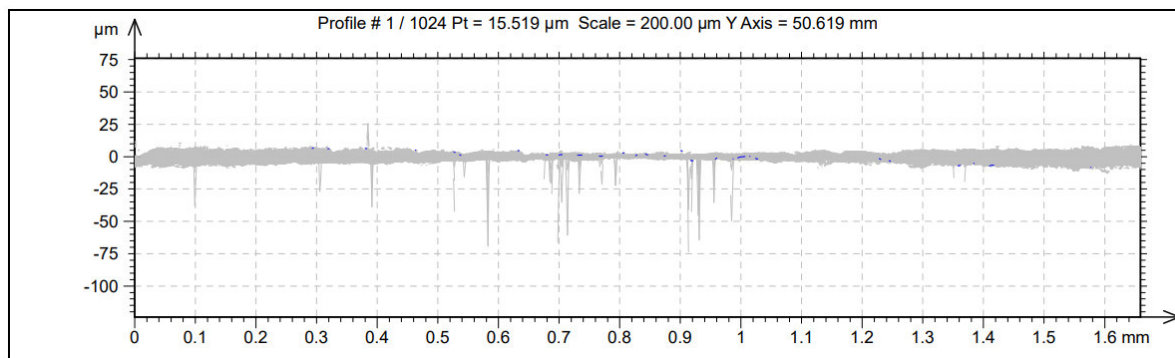
Obrázek 52 Počáteční úpravy dat textury povrchu.

Po počátečních úpravách byla data převedena do 3D podoby. Obrázek 53 vlevo znázorňuje 3D zobrazení povrchu s neměřenými body. Pravá strana obrázku ukazuje povrch s vyplněnými neměřenými body. Druhé měření neobsahuje tak velké vrypy jako u předešlého měření, stále zde však jsou vidět stopy po obrábění.



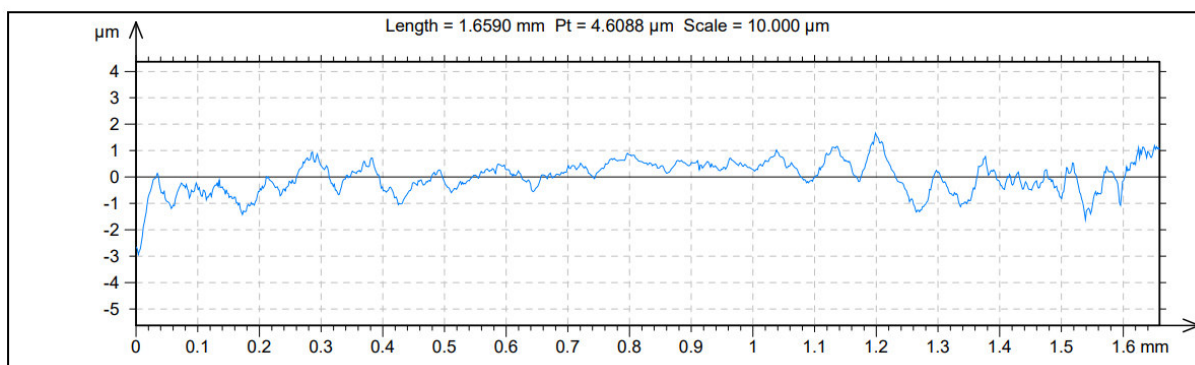
Obrázek 53 3D zobrazení povrchu.

Obrázek 54 ukazuje naměřené hodnoty textury povrchu. Na první pohled jsou zde vidět píky, které je nutno odstranit pomocí tresholdingu. Největší píky dosahují hodnot kolem 70 μm . Tyto píky dané měření zkreslují, skutečné hodnoty jsou mnohem nižší.



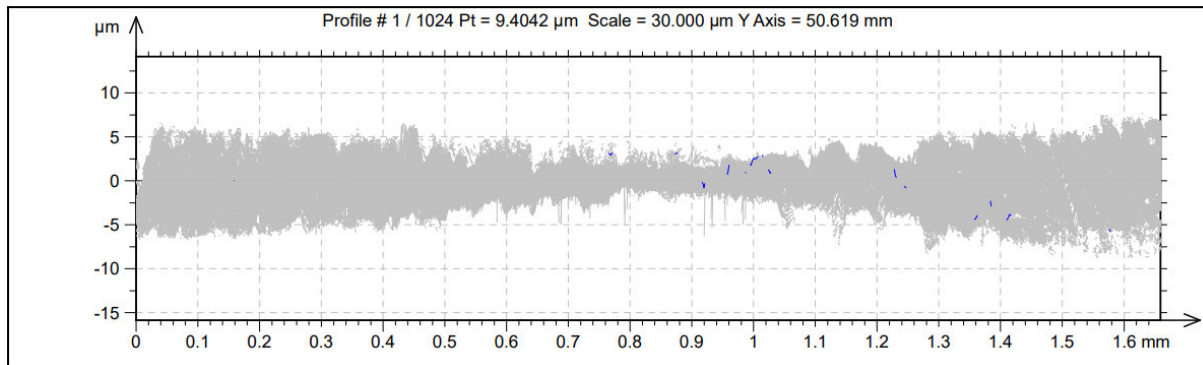
Obrázek 54 Změřené hodnoty textury povrchu řezu.

Na obrázku 55 jsou vykresleny průměrné hodnoty naměřených dat v daném řezu. Hodnoty se pohybují mezi 2 μm nahoře a 3 μm dole od střední čáry. Oproti předchozímu měření je daný povrch více periodický.



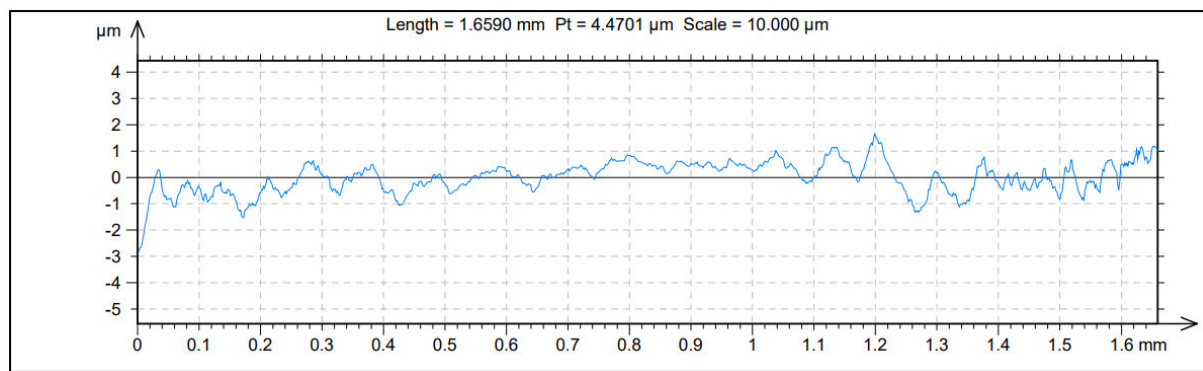
Obrázek 55 Vykreslení průměrných hodnot řezu.

Data po tresholdingu jsou znázorněna na obrázku 56. Ve střední části obrázku je možné spatřit malé píky, které nebyly odstraněny tresholdingem. Tyto píky jsou opět způsobeny chybným odrazem. Vyhodnocená data však s nimi musí počítat, protože není možné je odstranit bez výrazného zásahu do hodnocených dat. Při zvýšení hodnoty ořezu by tyto píky byly odstraněny. Zároveň s nimi by byla ořezána data skutečných hodnot, což je nežádoucí.



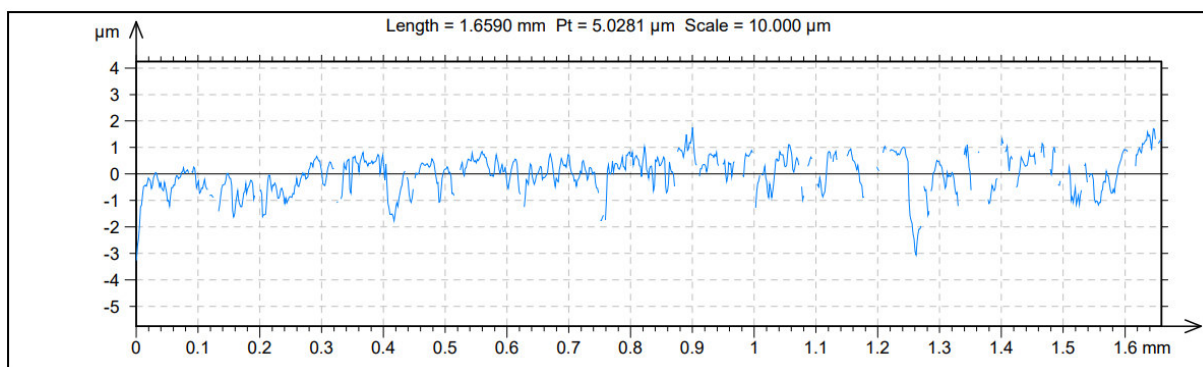
Obrázek 56 Změřené hodnoty textury povrchu řezu po tresholdingu.

Obrázek 57 je velmi podobný obrázku 55. Tím je potvrzeno, že použití ořezu dat o 0,5 % nahore i dole je vhodné i pro toto měření. Při ořezání příliš velkou hodnotou by obrázek 53 obsahoval viditelnou plochu u horních nebo spodních dat, která by naznačovala hranici ořezaných dat.



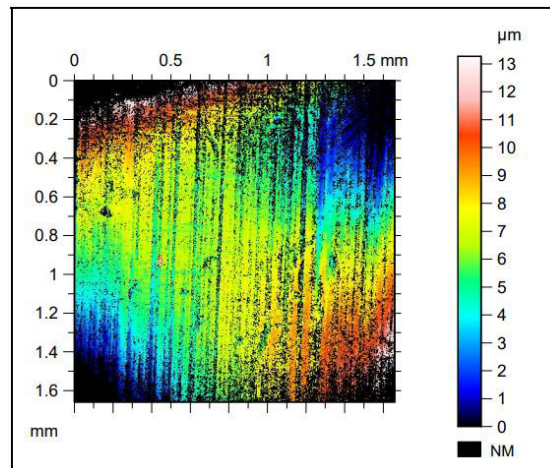
Obrázek 57 Vykreslení průměrných hodnot řezu po tresholdingu.

Při měření byly podobně jako u předešlého měření vytvořeny 2 řezy. Z prvního byly zjištěny hodnoty R parametrů, **Rz** 2,9564 μm a **Ra** 0,33315 μm. Tyto hodnoty mají kvůli vhodnému umístění největší vypovídající hodnotu. Druhý řez v obrázku byl od středu mírně vzdálen, proto obsahuje více neměřených bodů (obrázek 58) a také vyšší drsnost. **Rz** 3,9385 μm a **Ra** 0,49162 μm.



Obrázek 58 Vykreslení průměrných hodnot druhého řezu.

Data po tresholdingu krásně vykreslují obrobenu texturu povrchu. Obrázek 59 ukazuje, že měřený úsek neobsahuje tolik vrypů jako předešlý měřený úsek. Obsahuje také méně neměřených bodů.



Obrázek 59 Grafické znázornění povrchu po tresholdingu.

Tabulka 7 znázorňuje změnu hodnot před a po ořezu dat při prvním a druhém měření $\varnothing 6,5$ mm. Hodnoty po ořezu dat se příliš neliší. Hodnoty Sz_1 (hodnota Sz z prvního měření) a Sz_2 (hodnota Sz z druhého měření) jsou rozdílné o $0,054 \mu\text{m}$. Stejně tak i hodnoty Sa_1 a Sa_2 jsou velice podobné. Z toho lze usoudit, že měření je relevantní a že dané výsledky jsou ověřeny. Při hodnocení je vhodnější druhý výsledek, protože má více měřených bodů. Je však vhodné počítat s oběma měřeními.

 Tabulka 7 Srovnání hodnot Sa a Sz .

Parametry drsnosti	Hodnoty bez ořezu	Hodnoty s ořezem
Sz_1 [μm]	78,433	13,327
Sa_1 [μm]	1,7182	1,6542
Sz_2 [μm]	100,06	13,273
Sa_2 [μm]	1,6770	1,6144

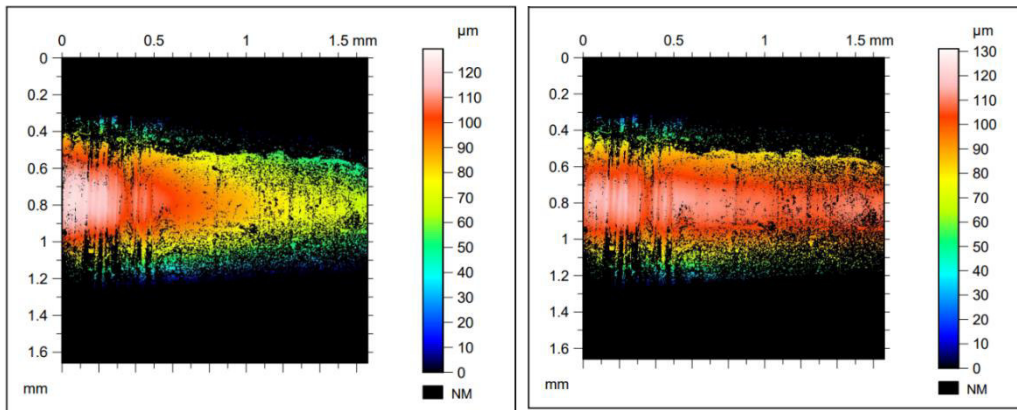
Parametry Ra z prvního i druhého měření mají též podobné výsledky. Tyto výsledky jsou zaznamenány v tabulce 8. Ra_1 znázorňuje první měření a Ra_2 druhé. Obě měření měla dva řezy, viz druhý a třetí sloupec tabulky. Hodnoty Ra se u obou měření pohybují kolem $0,4 \mu\text{m}$. Přičemž Ra_2 vykazuje vyšší hodnoty u prvního i druhého řezu. Různé naměřené hodnoty ukazují, že je vhodné měřit vícekrát a na více různých místech. Dále je vhodné nastavit požadavky textury povrchu pro výrobu daného rozměru ($\varnothing 6,5$ mm). Pro daný rozměr je pro variabilitu výroby zvolena hodnota Ra $0,8 \mu\text{m}$. Tato hodnota zajistí přijetí výrobku i při mírně otupeném nástroji.

 Tabulka 8 Srovnání hodnot Ra a Rz .

Parametry drsnosti	Hodnoty prvního řezu	Hodnoty druhého řezu
Rz_1 [μm]	2,3868	4,9501
Ra_1 [μm]	0,2914	0,4209
Rz_2 [μm]	2,9564	3,9385
Ra_2 [μm]	0,3332	0,4916

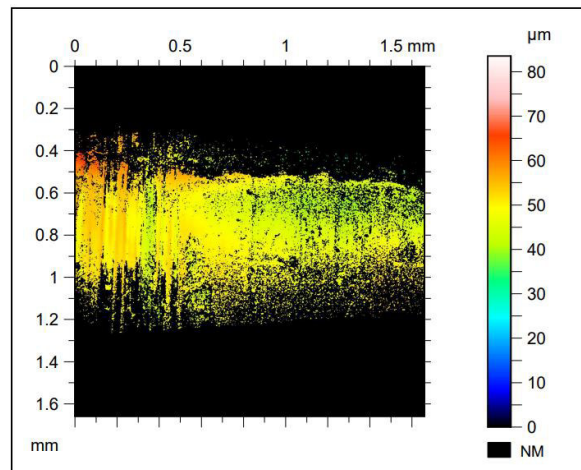
3.2.3 Měření $\varnothing 2,5$

Po měření $\varnothing 6,5$ mm byl měřen $\varnothing 2,5$ mm. Tento malý průměr způsobuje velké zakřivení plochy, proto vzniklo velké množství neměřených bodů (73,7 %). Obrázek 60 vlevo ukazuje naměřené hodnoty. I bez úprav lze vidět, že levá část čepu (část, která je v revolveru blíže k nábojnici) je používáním zdrsňena. Zápallník odpállil velké množství nábojů a sám se nárazy deformoval. Pravá strana obrázku ukazuje změřená data po vyrovnání.



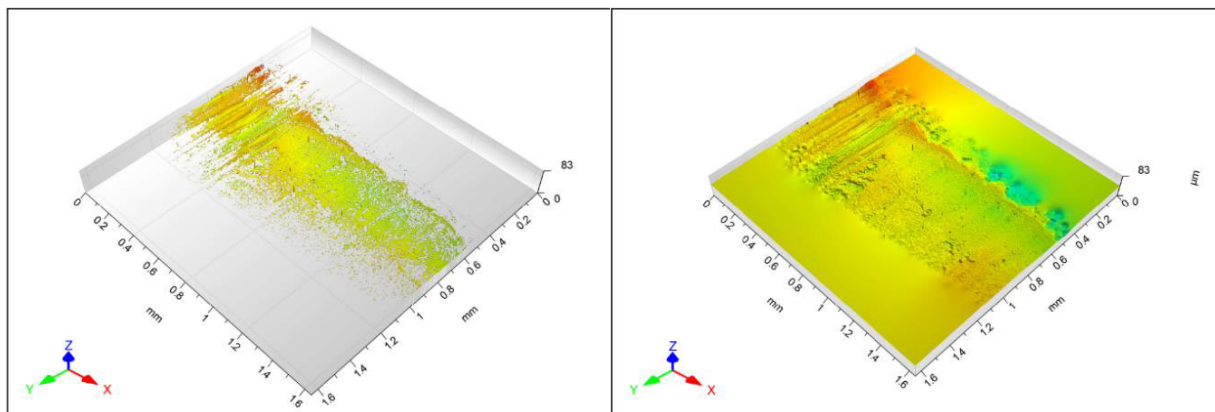
Obrázek 60 Naměřené hodnoty před úpravami a po vyrovnání.

Další úpravou je odstranění tvaru válce. Odstranění tvaru snížilo hodnoty, viz obrázek 61. Po spočítání plošných parametrů vyšla hodnota S_z 83,536 μm a S_a 3,1581 μm . Většina hodnot je však umístěna kolem 50 μm .



Obrázek 61 Naměřené hodnoty po odstranění tvaru.

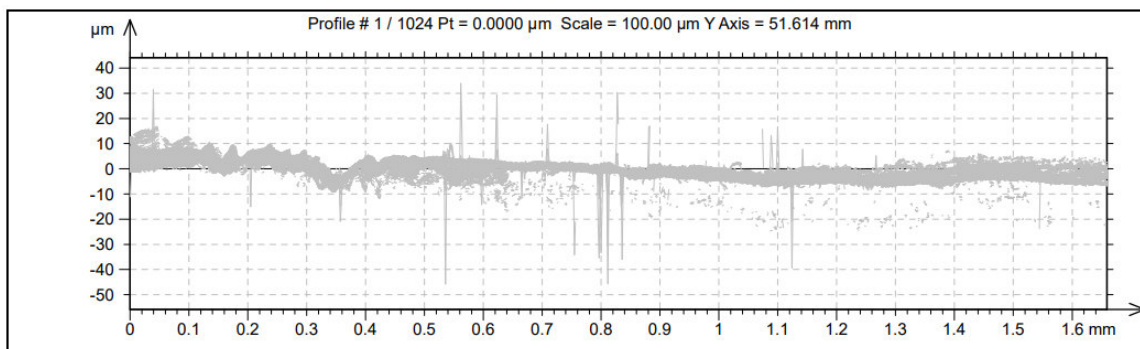
Po převedení do 3D byl získán obrázek 62, který v levé části znázorňuje 3D povrch s neměřenými body a v pravé části jsou neměřené body vyplněny. Vyplnění neměřených bodů v pravé části obrázku neodpovídá realitě, protože jsou vyplněny neměřené body v celém čtverci, i když na pravé i levé straně od naměřených dat nejsou žádné změřené hodnoty. Vyplňování neměřených bodů je provedeno vytvořením ploch mezi okolními naměřenými body. Na místech, kde nejsou žádné změřené body, se pak vytvoří plocha.



Obrázek 62 3D zobrazení povrchu.

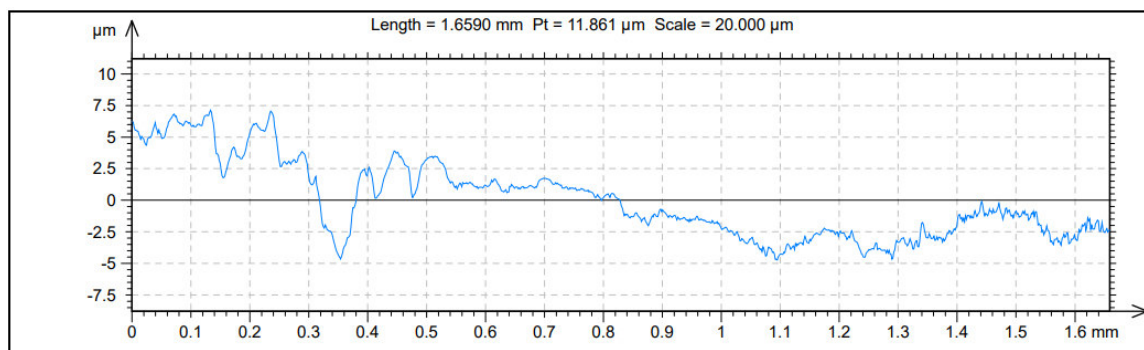
Pro měření R parametrů byly vytvořeny dva řezy. Záznam prvního řezu ukazuje relativně velké množství špatně odražených paprsků, převážně ve střední části obrázku 63. Píky vzniklé

špatným odražením paprsku zde dosahují hodnot kolem 45 μm . Obrázek také ukazuje mnoho samostatných bodů, které jsou vzdáleny od standardních shluků. Samostatné body se objevují na místech s velkým množstvím neměřených bodů v okolí.



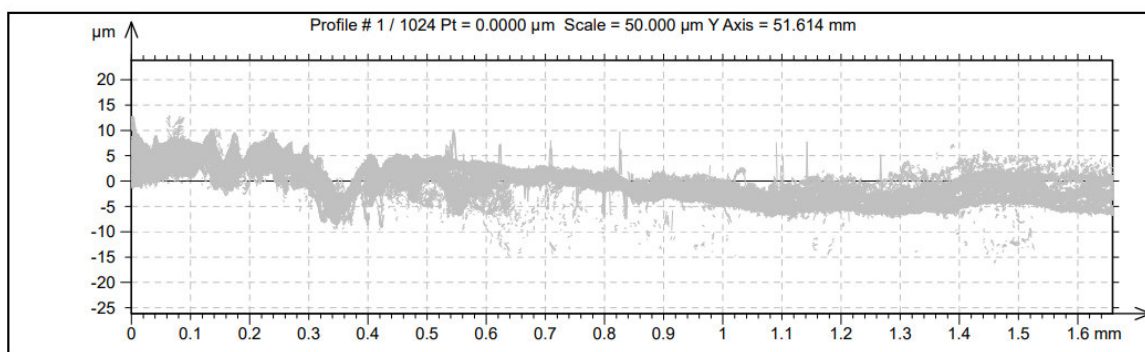
Obrázek 63 Změřené hodnoty textury povrchu řezu.

Průměrné hodnoty řezu na obrázku 64 ukazují výrazné rozdíly na levé a pravé straně. Rozdíly jsou způsobeny ovlivněním drsnosti namáháním součásti. Při nárazu zápalníku je levá strana blíže k nábojnici, a proto je více zasažena vzniklou plastickou deformací. V levé části obrázku se průměrné hodnoty výstupků blíží 7,5 μm . Prohlubeň pak dosahuje necelých 5 μm . Pravá strana obrázku udává průměrné hodnoty jen pod střední čárou. Maximální prohlubně zde dosahují hodnot necelých 5 μm . Lze tedy předpokládat, že levá strana bude mít přibližně dvojnásobné hodnoty drsnosti oproti pravé. Křivka průměrných hodnot na levé straně vykazuje vyšší hladkost při vyšších hodnotách drsnosti. Dále je zde možné pozorovat větší vzdálenost mezi jednotlivými vrcholy či prohlubněmi.



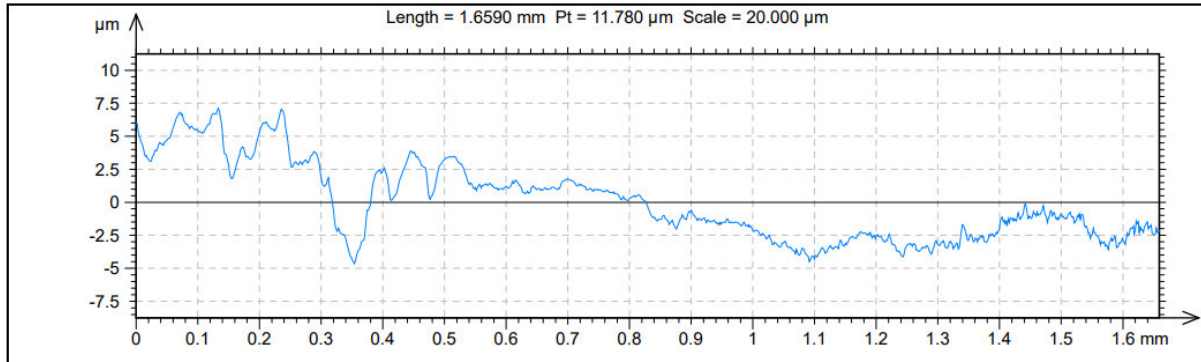
Obrázek 64 Vykreslení průměrných hodnot řezu.

Po ořezu dat byl zhotoven obrázek 65. Tento obrázek naměřených hodnot a následně ořezaných pomocí tresholdingu ukazuje, že některé píky (vzniklé špatným odrazem světla) ve střední části nebyly odstraněny. Tresholding je nutné dělat tak, aby se odstranily anomální píky, ale ostatní data nebyla příliš změněna. Při zvolení větší hodnoty ořezu nastává riziko, že by kromě přebytečných píků byla ořezána i data, která ukazují reálné hodnoty textury povrchu.



Obrázek 65. Změřené hodnoty textury povrchu řezu po tresholdingu.

Při porovnání obrázků 64 a 66 je možné spatřit mírný rozdíl přibližně ve vzdálenosti 0,04 mm od levého okraje kde byla data ovlivněna tresholdingem. Po vytvoření řezu byly získány hodnoty **Rz** 7,1847 μm a **Ra** 0,92938 μm . Hodnota **Rz** a **Ra** jsou významně větší než hodnoty ostatních měření, je to způsobeno již dříve zmíněnou plastickou deformací. Pro výrobu však bude zvolena nižší hodnota, protože díl byl používán, a proto má vyšší hodnoty **Ra** a **Rz**. Při používání byla obvykle součást spíše vyhlazena. Vyhlazením se snížily hodnoty drsnosti. V případě $\varnothing 2,5$ mm tomu tak není, protože zde nárazy do náboje vznikla plastická deformace, která přesunutím materiálu drsnost zvýšila.



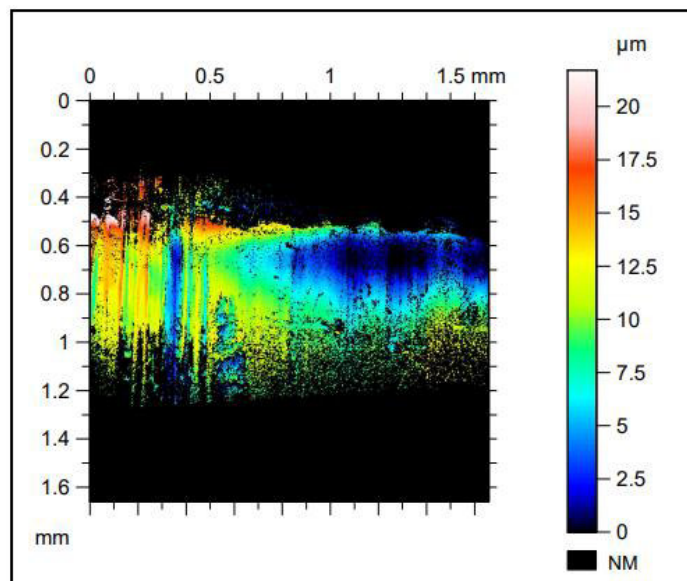
Obrázek 66 Vykreslení průměrných hodnot řezu po tresholdingu.

Při porovnání plošných a profilových parametrů je možné vidět opět významný rozdíl. Hodnoty plošných parametrů jsou zde přibližně třikrát větší než hodnoty profilových parametrů, protože S parametry počítají s vlnitostí, zatímco R parametry hodnotu vlnitosti odfiltrovávají. Hodnoty R i S parametrů jsou znázorněny v tabulce 9. Hodnoty daného měření jsou vyšší než naměřené hodnoty u $\varnothing 6,5$ mm.

Tabulka 9 Srovnání plošných a profilových parametrů.

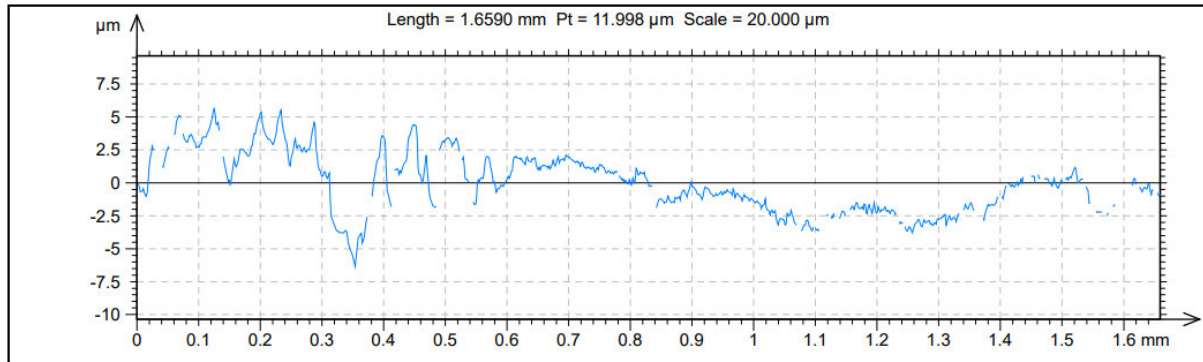
Sa [μm]	Ra [μm]	Sz [μm]	Rz [μm]
3,0564	0,92938	21,700	7,1847

Tresholding byl použit pro plošnou i profilovou metodu. Získaná data pro plošnou metodu jsou znázorněna na obrázku 67. Červené části ukazují plastickou deformaci. Modrý pruh ve vzdálenosti 0,35 mm od levého rohu ukazuje největší prohlubeň daného měření. Tresholdingem se zmenšil rozptyl daných hodnot o cca 60 μm .



Obrázek 67 Grafické znázornění povrchu po tresholdingu.

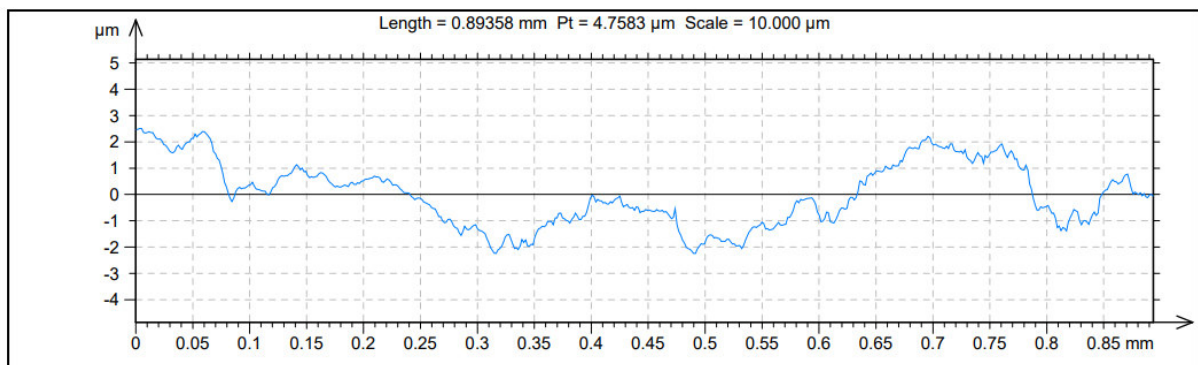
Druhý řez je umístěn mimo střed měřené oblasti čepu. Hodnoty daného řezu vykazují v levé části opět vyšší hodnoty, viz obrázek 68. Při porovnání obrázků zaznamenávajících průměrné hodnoty (obrázky 66 a 68) je možno spatřit určitou podobnost. Levá strana obsahuje velké hladké výstupky a prohlubně, zatímco pravá strana je členitá, ale dosahuje nižších hodnot. Pro druhý řez byly zjištěny hodnoty profilových parametrů. **Rz** dosáhlo na hodnotu 7,4354 μm a **Ra** na 1,1406 μm . Vysoké hodnoty jsou způsobeny převážně zdeformovanou částí v levé části obrázku. Proto byly zhotoveny další řezy, hodnotící dané oblasti samostatně.



Obrázek 68 Vykreslení průměrných hodnot druhého řezu.

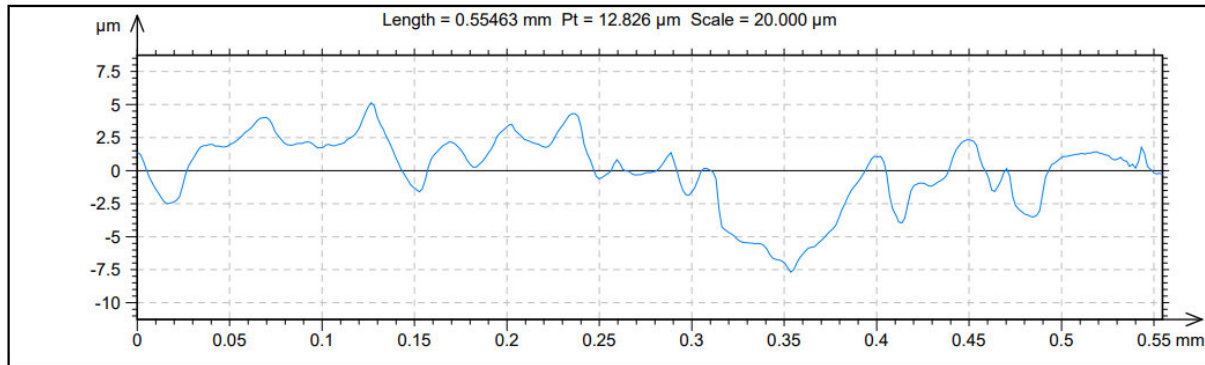
Pro přesnější zhodnocení jednotlivých částí čepu $\varnothing 2,5$ mm byly změřeny další dva řezy. Samostatně část ovlivněná rázy (plasticky deformovaná část) a část neovlivněná (bez plastické deformace). Ovlivněnou část není jednoduché změřit, protože je velmi malá. Proto byly vytvořeny řezy, které blíže zkoumají jednotlivé části, viz obrázek 69 a 70. Tyto řezy byly zkráceny oproti předchozím měřením, aby bylo možné hodnotit část plastické deformace a zbytek čepu zvlášť. Pro menší měřenou délku musela být zvolena menší hodnota cut-off. Tento krok vedl ke změně hodnot.

Z řezů byly vytvořeny průměrné hodnoty a ty byly porovnány. Neovlivněná část byla proložena Gaussovým filtrem o hodnotě indexu vložení 0,8 (obrázek 69). Měřená délka je 0,89358 mm.



Obrázek 69 Vykreslení průměrných hodnot oblasti bez plastické deformace.

Druhý řez byl zkrácen na hodnotu 0,55463 mm. Na této délce nemohla být použita stejná hodnota indexu vložení jako v předchozím případě. Program dovoluje pouze menší hodnotu indexu vložení, než je použitá měřená délka. Pro tuto oblast byla zvolena hodnota cut-off 0,25. Křivka je tedy méně vyhlazená oproti filtru 0,8 [22]. Obrázek 70 popisuje levou část (část s plastickou deformací). Měřená oblast vykazuje větší hladkost i při nižší hodnotě zvoleného filtru. Kromě hladkosti je též typická velkou roztečí mezi vrcholy a prohlubněmi.



Obrázek 70 Vykreslení průměrných hodnot oblasti ovlivněné plastickou deformací.

Pro porovnání hodnot R parametrů byla zhotovena tabulka 10. Tato tabulka porovnává hodnoty **Rz** a **Ra** u jednotlivých částí. Při použití jiné hodnoty cut-off nejsou hodnoty přímo srovnatelné. Daná tabulka však jasně ukazuje, že drsnost na části s deformací je výrazně větší.

Tabulka 10 Porovnání hodnot drsnosti.

Hodnoty drsnosti pro oblast bez plastické deformace (cut-off 0,8)		Hodnoty drsnosti pro oblast s plastickou deformací (cut-off 0,25)	
Rz [µm]	Ra [µm]	Rz [µm]	Ra [µm]
3,7658	0,7619	7,1582	1,4094

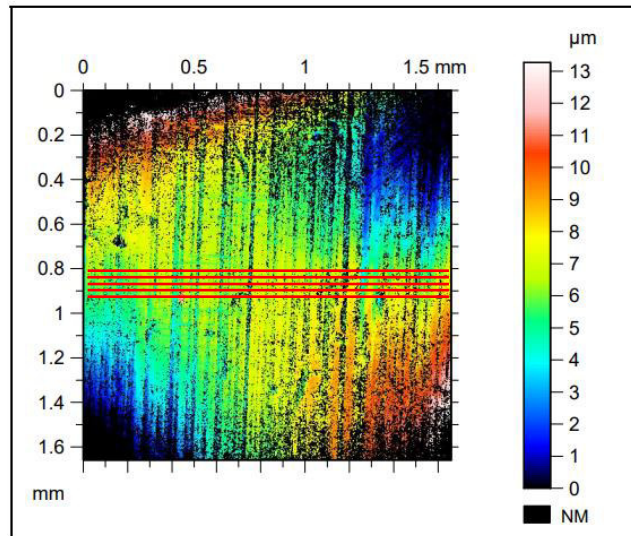
Změřené hodnoty jednotlivých měření ukazují, že nejnižší drsnost byla naměřena na $\varnothing 6,5$ mm. naměřené hodnoty se pohybují kolem **Sa** 1,6 µm, **Ra** 0,4 µm. U $\varnothing 2,5$ mm se hodnoty pohybují kolem **Sa** 3,0 µm a **Ra** 0,9 µm. Na části bez plastické deformace se hodnoty **Ra** pohybují mírně pod **Ra** 0,8 µm a na části s deformací byly naměřeny hodnoty **Ra** 1,4 µm. Hodnota **Ra** 1,4 µm byla měřena s filtrem o hodnotě indexu vložení 0,25. Při použití indexu vložení 0,8 lze předpokládat hodnotu **Ra** vyšší než 1,4 µm, protože se více dat přesunulo do oblasti vlnitosti, a tím se zmenšila hodnota **Ra** [23]. Pro samostatné části $\varnothing 2,5$ mm nebyly zhodnoceny plošné parametry, protože vybraná část byla velice malá a drsnost velká. Tyto technické problémy by mohly být vyřešeny sešitím více částí do čtverce, který by mohl být hodnocen.

Po měření bylo zjištěno, že **Ra** největšího průměru se pohybovalo kolem 0,4 µm. Protože byl hodnocen jen jeden vzorek z mnoha a tento vzorek byl ošoupan, je nutné pro výrobu zvolit maximální hodnotu **Ra** vyšší než naměřené hodnoty. Lze očekávat, že neošoupaná součást vyrobená opotřebovaným nástrojem bude mít horší drsnost povrchu. Pro zajištění stability výroby pro sériovou výrobu byl zvolen výrobní limit **Ra** 0,8 µm. **Ra** 0,8 µm je možné dosáhnout kromě broušení například soustružením. Při potřebě velmi dobré válcovitosti by se použila technologie broušení. Pro flobertku však bude stačit i válcovitost vzniklá soustružením.

Prohlubně vzniklé po obrábění jsou vhodné pro zachycení maziva. Součást je pak kontinuálně mazána. Součást je černěna, při používání se vrcholky výstupků ošoupu a ošoupe se i černěná vrstva, která chrání součást od koroze. Černění nemá významný vliv na drsnost povrchu, i když se při vyšší drsnosti lépe přichytí na součást.

Pro standardní měření profilu je nutné mít měřenou délku šestkrát delší, než je hodnota cut-off. Čep $\varnothing 2,5$ mm je kratší než požadovaná délka 4,8 mm, pro měření i nájezd a přejezd profilometru. Kratší délka čepu neumožňuje standardní měření za sebou, protože se za sebou nevléze tolik měření, jak požaduje norma. Konvenčním způsobem, při základním nastavení tedy není možné součástku změřit. Proto byla zvolena optická metoda, která nasnímá plochu, na které bude určeno pět řezů, ze kterých bude vyhodnocena hodnota **Ra**, viz obrázek 71. Řezy budou určeny kolmo na stopu obrábění a budou umístěny blíže do středu, kde nedochází

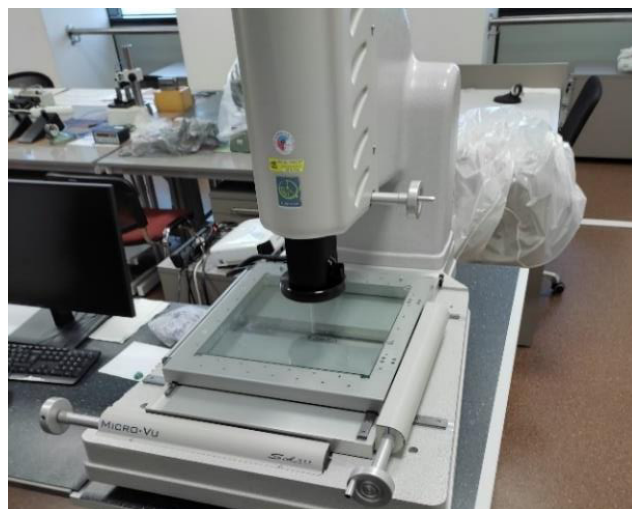
ke zkrácení dat vlivem zaoblení součásti. Pro opakovatelnost výroby byla zvolna drsnost **Ra** 0,8 μm pro \varnothing 6,5 mm i \varnothing 2,5 mm.



Obrázek 71 Návrh umístění řezů na měřeném vzorku.

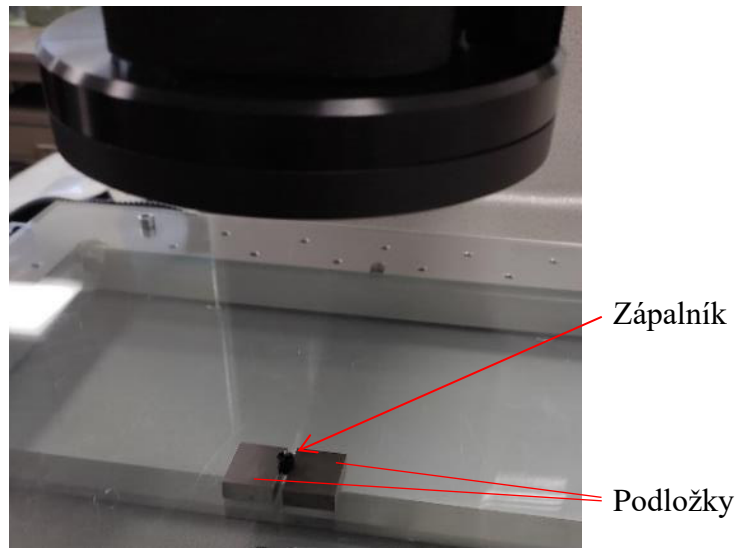
3.3 Měření tvaru a polohy

Po zhodnocení základních rozměrů a textury povrchu bylo nutné změřit velikost průměru díry, její umístění a umístění excentrického čepu. Pro přesné měření polohy byl zvolen měřicí přístroj Sol 311, viz obrázek 72. Tento přístroj je elektromechanický měřicí přístroj, který zaznamenává polohu v osách X, Y a Z [37]. Pro přesné měření snímá měřenou součást kamerou. Kamera se pohybuje ve směru osy Z, měří výšku a zaostřuje. Během snímání se posouvá stůl, který nese danou součást. Stůl se pohybuje v ose X a Y. V některých verzích stroje se takto pohybuje kamera. Během procesu se odesílají informace o poloze počítači, který je vyhodnocuje. Polohu X, Y a Z nastavuje uživatel ručně, zatímco osvětlení a zvětšení řídí program InSpec. Sol 311 je střední variantou řady Sol [37]. Rozměry stroje jsou 827×1043×824. Maximální hmotnost vzorku je 10 kg. Stroj je schopen měřit v rozsahu 315×315×160. Dosahuje rozlišení až 1 μm [37]. Přístroj dokáže opticky snímat díl, zachytit obraz a počítačově lokalizovat hrany. K tomu využívá kameru, různé světelné zdroje na nasvícení a software na rozpoznání hran. Software odstraňuje chybu lidským faktorem a používá mnoho funkcí, například prolnutí bodů geometrickým tvarem nebo skenování křivky.



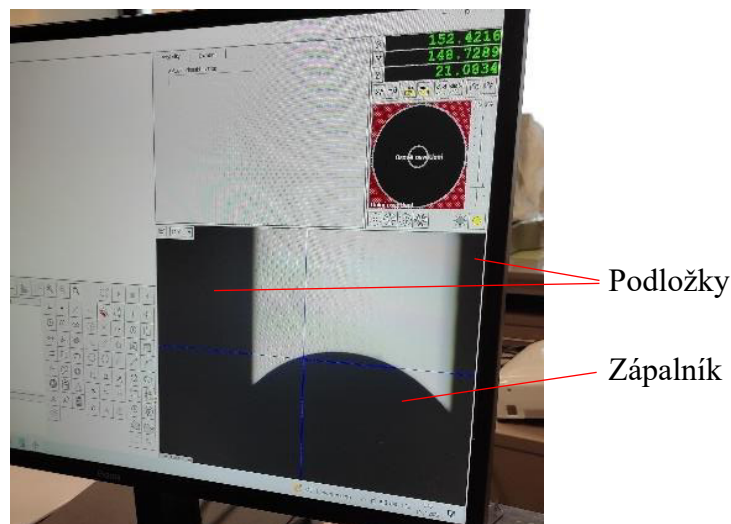
Obrázek 72 Měřicí přístroj Sol 311.

Pro měření byla součást ustavena na Johansonovy kostky (broušené podložky s definovaným rozměrem), ustavení je zobrazeno na obrázku 73. Toto ustavení bylo zvoleno proto, aby se měřený díl během pohybu vůči stolu nehýbal, a neznehodnocoval tak měření. Zároveň byla zajištěna možnost použití spodní osvit, protože některé hrany šly vidět zesponu. Při ustavení součásti bez podpěrných kostek by se součástka překlopila a měření by nemohlo být uskutečněno.



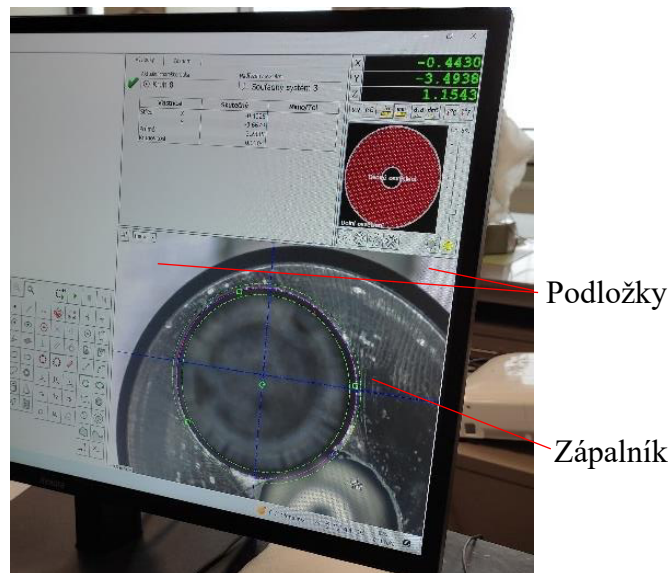
Obrázek 73 Ustavení součástky v měřicím přístroji.

Pro první měření byl použit spodní osvit, který je vhodný pro měření vnějšího tvaru. Neovlivňuje ho sražení ani zaoblení hrany a vykazuje vyšší přesnost měření [37]. Obrázek 74 ukazuje zobrazení součásti při spodním osvitu. Kromě části měřeného dílu lze vidět i broušené podložky, ty se však do měření nezahrnují. Před měřením je nutno ručně zaostřit. Pro měření středu (osy) součásti byla zvolena metoda vytvoření kruhu pomocí tří bodů. Software však počítal s podpěrnými destičkami (Johansonovými kostkami), a tak neviděl celý tvar kružnice. Tuto metodu je možno použít při měření čepů nebo děr, které jsou celé viditelné. Osu součásti lze zjistit pomocí mnoha nástrojů, proto byla zvolena jiná metoda. Touto metodou bylo zjištění středu rádiusu součásti pomocí skenování křivky. Software změřil křivku horního oblouku a dopočítal souřadnici středu. Souřadnice středu byla zvolena jako počátek souřadného systému. Křivka se pro zvolení souřadného systému definovala pomocí Gaussovy křivky, jako střední hodnota nerovností. Použitím Gaussovy křivky se snížily vlivy odrazu a nečistot.



Obrázek 74 Spodní osvit součásti.

Po měření s dolním osvitem byl použit horní osvit, viz obrázek 75. Kamera byla zaostřena a přiblížena k součásti, pro zvýšení přesnosti. Kružnice definující průměr největšího rozměru (\varnothing 6,5 mm) součásti byla zvolena pomocí tří ručně definovaných bodů při maximálním zvětšení. Pro definování kružnice pro excentrickou díru a excentrický čep byla zvolena metoda skenování křivky. Po změření hodnot byla naměřená data proložena dle Gausse pro co nejpresnější určení středu součásti. Následně byla data proložena dle maximální kružnice vepsané (u díry) a minimální kružnice opsané (u čepu \varnothing 2,5 mm a \varnothing 6,5 mm). Minimální kružnice opsaná ukazuje minimální velikost díry, do které se prvek vejde. Maximální kružnice vepsaná popisuje maximální velikost čepu (v našem případě pružinku), který se do otvoru vejde. Maximální a minimální kružnice hodnotí funkční rozměr součásti. Při tomto měření byly změřeny rozměry a spočítány vzdálenosti os excentrických prvků od osy součásti. V případě, že horní osvit při měření zachycuje i tvar podložných destiček, je možné vložit rovný plech pod celou měřenou soustavu. Vložený pech o stejné či podobné barvě, jako jsou destičky, tvoří barevně jednotnější podklad. Měřicí přístroj pak podložné destičky nezahrnuje do měření, protože je nerozezná od podkladového materiálu. Tímto krokem je možné měření zjednodušit.



Obrázek 75 Horní osvit součásti.

Před samotným měřením byl v programu InSpec pomocí dílenského programování vytvořen program, který může pomáhat obsluze měřicího přístroje, a zefektivní tak její práci. Program vede obsluhu při měření a následně vygeneruje protokol, který je předán zákazníkovi. Protokol naměřených hodnot (s upravenými hodnotami, pro zachování know-how firmy AlfaProj) je v příloze 5. Zákazník může vidět obrázek jednotlivých kružnic prvků, nominální hodnoty, skutečné naměřené hodnoty a jejich umístění v tolerančním poli. Tolerance jsou zvoleny tak, aby pružinka i celkové uložení zápalníku bylo s vůlí. Při malé vůli by mohlo hrozit zadření zápalníku, protože každý výstřel flobertky produkuje spaliny, které se mohou dostat až k zápalníku.

Pro zjednodušení byl program upraven. Používá se jen horní osvit. Obsluha označí 3 body pro zjištění středu kružnice i jejího průměru. Střed kružnice je určen jako souřadnicový systém. Kružnice je určena pro měření průměru podle kritéria nejmenší opsané kružnice. Pro zjištění středu je určena pomocí střední hodnoty (Gausse). Ostatní prvky jsou naskenovány. Program hodnotí středy podle střední hodnoty a průměry dle opsané nebo vepsané kružnice jako v předešlém měření. Po změření hodnot byl vytvořen výkres součásti pro výrobu, viz výkres 1.

3.4 Volba technologie výroby

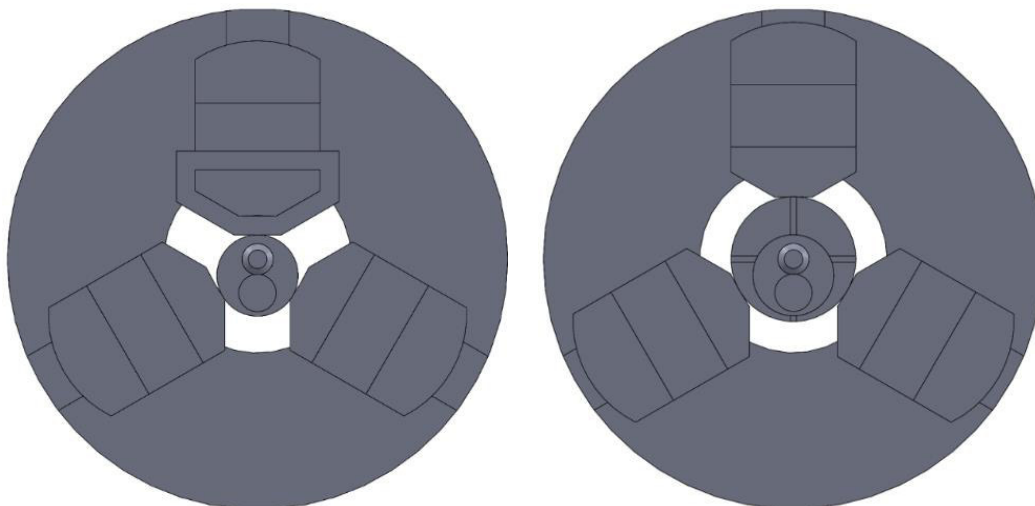
Po zhodnocení měření byla zahájena analýza technologie výroby. Firma AlfaProj zápalník nevyrobí, poptává ho u jiné firmy. AlfaProj neodhalila způsob stávající výroby, ale požaduje originální řešení výroby součásti.

Pro výrobu zápalníku je nutno zhodnotit vhodný stroj, který součást vyrobí v daných tolerancích, zachová požadovanou drsnost a bude ekonomicky výhodný. Aby byla využita řezná rychlost obráběcích nástrojů ze slinutého karbidu, je vzhledem k velikosti součásti vhodné zvolit stroj s vysokými otáčkami. Volba stroje i technologie výroby jsou závislé na výrobní dávce a přesnosti výroby. Vždy je nutné zvážit konkrétní strojový park dané firmy a aplikovat technologii na ně. V případě, že by firma nedisponovala vhodnými stroji, měla by zvážit kooperaci nebo koupit nového stroje. Obzvláště u větších sérií je nutné zvážit, jestli by koupením stroje firma neušetrila čas a v dlouhodobé perspektivě i peníze.

Součást je vyráběna v sérii 10 000 kusů za rok. V případě, že by firma chtěla vyrobit jiné množství kusů, jsou navrženy technologie pro kusovou i sériovou výrobu. Technologie výroby musí být schopna zajistit výrobu některých rozměrů v toleranci 0,05 mm při maximální drsnosti **Ra** 0,8 μm . Běžnou hřídel s danou tolerancí je možné vyrobit na soustruhu. Excentrický čep však brání použití standardního soustruhu běžným způsobem. Proto je nutno technologie kombinovat nebo využít speciálních přípravků či poháněných nástrojů.

3.4.1 Soustružení na konvenčním stroji s přípravkem

Při zakázce o několika kusech je možné využít univerzální soustruh s přípravkem. První část součásti by byla osoustružena na $\text{Ø} 3 \text{ mm}$ a $\text{Ø} 6,5 \text{ mm}$. Dále by byla otočena a byla by zkosena hrana na $\text{Ø} 6,5 \text{ mm}$. Následně by byla součást upnuta excentricky pomocí podložky a vyvrtána. Obdobně by se součást upnula pro vyosení čepu. Materiál kolem čepu by byl odstraněn a součást by byla vyrobena. Po výrobě by byla součást ručně odjehlena a černěna. S vyšším počtem kusů by byla podložka nahrazena pevnou podložkou (viz obrázek 76 vlevo), nebo excentrickou kleštinou (obrázek 76, vpravo). Podložka i kleština mohou vyosít součást tak, aby bylo možné excentrický čep obrobít na soustruhu plnými otáčkami. Excentrické přípravky je však nutné vhodně spočítat. Pro tuto aplikaci byly tyto přípravky vymodelovány v programu SolidWorks, který při použití vazeb a kót dopočítal zbylé parametry. Danou variantu je možné použít pro firmy disponující jen konvenčními stroji při zakázce v jednotkách kusů. Vrtanou díru je možné zhotovit i například na vrtačce, zmenší se tím množství složitých přípravků. Součást je však nutné přeupínat mezi stroji. Výhodou této technologie je levný stroj a relativně rychlá výroba jednoho nebo několika kusů. Nevýhodou je nutnost použití přípravků a nízká přesnost.



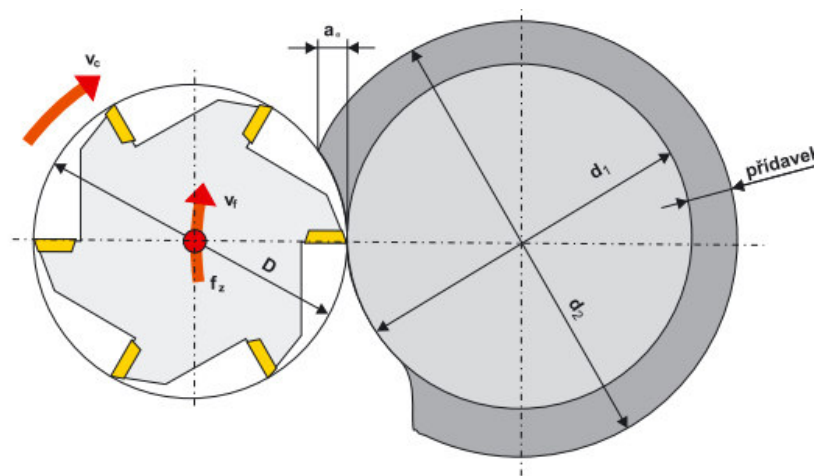
Obrázek 76 Upnutí s pevnou podložkou nebo s kleštinou.

Další možností je použití lícni desky. Lícni deska by nahradila přípravky a způsobila by, že by čep i díra byly v jedné přímce. Při použití lícni desky je vzhledem k její hmotnosti a počtu otáček nutno zvážit vyvážení celé soustavy.

3.4.2 Soustružení a frézování na CNC strojích

Další možností, jak zápalník vyrobit, je kombinovat soustružení a frézování. Soustružením na standardním soustruhu je možné obrobit rotační části, které jsou v ose součásti. Soustružnický nůž tedy zarovná čelo, obrobí levé osazení na $\varnothing 3$ mm a střední část na $\varnothing 6,5$ mm. Dále vytvoří drážku, která zajistí zkosení na $\varnothing 6,5$ mm. Upichovací nůž pak upíchne díl z tyče.

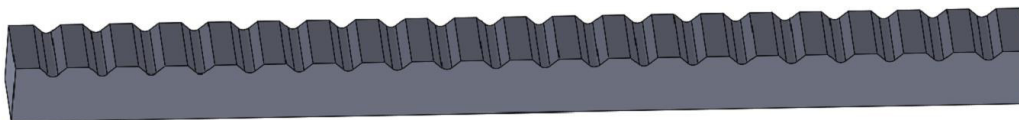
Excentrické prvky je problematické vyrobit, proto se součást upne na CNC frézku, kde bude vyvrtána díra, následně se ofrézuje část s excentrickým čepem. Osa frézovacího nástroje bude rovnoběžně s osou obrobku, nástroj obíhá obrobek, a zmenšuje tak jeho průměr. Jedná tedy o okružní frézování. Okružní frézování je zobrazeno na obrázku 77.



Obrázek 77 Okružní frézování [39].

Fréza využívá malého posuvu a vhodnou geometrii pro získání požadované drsnosti. Úhlovou frézou se pak zkosí hrana excentrického čepu. Obecně je frézování určeno pro vyšší drsnosti, dosažení hodnoty **Ra** 0,8 μm je při měření kolmo na stopu obrábění velice obtížné. Tato aplikace vzhledem k funkci zápalníku umožňuje měřit parametry textury rovnoběžně na stopu obrábění, čímž je dosažení zvolené drsnosti možné.

Rotační prvky se na frézce často upínají do prizmatických svěráků, aby se rozložily síly a součást se nepohnula nebo nezdeformovala. Pro vyšší efektivitu byl navržen prizmatický přípravek (viz obrázek 78), který upne až 20 dílů najednou. Při drobných úpravách je možné přípravek použít jako jednu z čelistí, a zajistit tak přesnější upínání.



Obrázek 78 Prizmatický přípravek.

Tato varianta by mohla být použita u firmy, která disponuje CNC i konvenčními stroji při zakázce požadující desítky až stovky kusů. Oproti předchozí variantě je CNC frézka schopná zajistit přesnější výrobu. Výroba více kusů na jedno upnutí by výrazně zvýšila rychlost výroby daných dílů. Nevýhodami jsou však nutnost přípravku na upínání, výroba na dvou strojích a nutnost speciálního nástroje na sražení hrany.

3.4.3 Okružní frézování na CNC soustruhu

V dnešní době je možné koupit stroj, který umí soustružit i frézovat. Jedná se například o soustruh využívající poháněné nástroje. Tyto nástroje mají motor, který uvede nástroj do pohybu, a tím umožní například vrtat nebo frézovat.

První část součásti by byla obrobena jako u předešlých možností. Před upíchnutím by protivřeteno uchopilo tyč za obrobenou část. Po upíchnutí by součást zůstala v druhém vřetení. Druhá část by byla vyvrtána a obrobena okružním frézováním pomocí poháněného nástroje. Během obrábění druhé části zápalníku je u některých stojů možné obrábět i v prvním vřetení, to výrazně zkrátí čas výroby.

Soustruh s poháněným vrtákem a frézou je možné využít v malých i středních sériích, kdy firma disponuje daným stojem. Pro naši aplikaci byl pro výrobu na VUT navržen soustruh SP 280, který umí využít poháněných nástrojů. Pro daný stroj je navržena výrobní technologie okružní frézování na soustruhu. SP 280 disponuje $4\,700\text{ min}^{-1}$ na hlavním a $6\,000\text{ min}^{-1}$ na vedlejším vřetení [17]. Pro jeho nízké otáčky využije poháněné frézy, kterou obrobí druhou stranu součásti.

Vzhledem k tomu, že SP 280 má jen jednu nástrojovou hlavu, tak nemůže obrábět v levém i pravém vřetení zároveň. Jiná řada daného stroje (například SP 430) má dvě nástrojové hlavy a tím obrábění obou částí součástek zvládne [40].

Obíhající fréza má při obíhání čepu nižší hodnotu posuvu nástroje v ose, což výslednou drsnost pozitivně ovlivňuje. V případě volby technologie s okružním frézováním by byla hodnota posuvu na obvodu nástroje v_{fm} vypočtena dle vztahu (3.1) podle [38],

$$v_{fm} = n \cdot f_z \cdot z_c \quad (3.1)$$

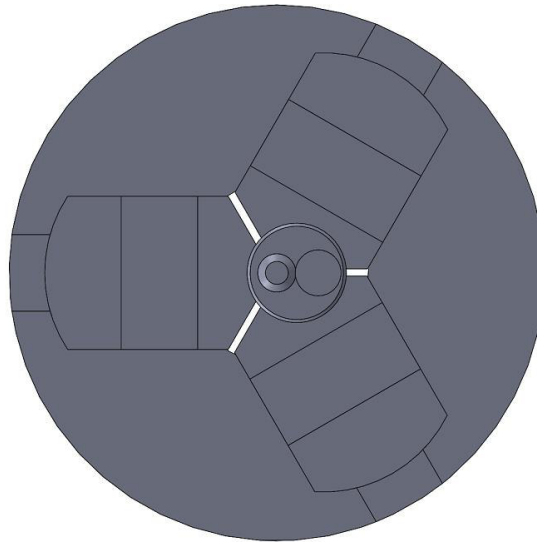
kde n je počet otáček, f_z je posuv na zub a z_c je efektivní počet zubů. Rychlost posuvu v ose v_f je pak získána dle vztahu (3.2) podle [38],

$$v_f = \frac{v_{fm} \cdot (D_\xi + D_{fr})}{D_\xi} \quad (3.2)$$

kde D_ξ je průměr čepu, kolem kterého nástroj obíhá, a D_{fr} je průměr frézy. Výhodou této metody je její rychlý provoz a možná variabilita. V případě změn v umístění jednotlivých prvků se jen upraví program. Pokud by firma vyráběla například více druhů excentrických zápalníků, bude jejich změna velice rychlá. Lze předpokládat, že díky protivřetenu bude součást vyrobena rychleji než v předchozích variantách. Technologie okružního frézování zápalníku využívá jen jednoho stroje. Nevyžaduje žádný přípravek, jen poháněné nástroje. Poháněné nástroje bývají obvykle omezeny maximálními otáčkami. Nižší otáčky společně s dlouhou dráhou obíhání obrobku snižují rychlost výroby součásti. Frézování bokem nástroje také neumožňuje dosažení nízkých hodnot drsnosti.

3.4.4 CNC soustruh s obrobenými čelistmi

Pro výrobu excentrického čepu je možné využít stroj s vysokými otáčkami, které by byly využity i na excentrický čep. Pro excentrické uchopení součásti by byly obrobena čelisti, nebo by byla vyrobena excentrická kleština. Po ukončení výroby je možné čelisti vyměnit za neobrobené. Soustružnický nůž obrobí levé osazení na $\varnothing 3\text{ mm}$ a střední část na $\varnothing 6,5\text{ mm}$ se sražením jako v předchozí variantě. Součást je následně upíchnuta. Po upíchnutí součást vypadne do upraveného sběrače hotových dílů. Ke sběrači by bylo přisunuto druhé vřetení s obrobenými čelistmi, viz obrázek 79. Sběrač by obsahoval výsuvný píst, který by součást posunul do druhého vřetení. Po upnutí je díl připraven na další operaci, v té by byla vyvrtána díra poháněným vrtákem. Soustružnické nože pak obrobí excentrický čep a díl je hotov. Hotová součást pak vypadne do druhého sběrače hotových dílů.



Obrázek 79 Uchycení součásti do sklíčidla s obrobenými čelistmi.

Zadaná součást má malé průměry, proto je pro její výrobu vhodné zvolit stroj s vysokými otáčkami vřetene. Dále je vhodné vybrat stroj s automatickým odebíráním tyčí. Proto byl zvolen dlouhotočný automat CH154, který je určen pro výrobu součástí z tyče. Zvolený stroj disponuje vysokými otáčkami, $15\,000\text{ min}^{-1}$ na hlavním vřeteni a $15\,000\text{ min}^{-1}$ na vedlejším. Kromě vysokých otáček daný dlouhotočný automat může využívat obou vřeten najednou, a výrazně tak zkrátit výrobu. Stroj může synchronizovat otáčky s posuvem, jako se to dělá u velkých klikových hřídelů, nemůže však využít plných otáček stroje pro synchronizovanou výrobu. Synchronizace otáček zajistí vhodné pootočení vřetena pro napolohování čelistí. Proto je pro daný stroj navržena technologie soustružení na první straně a soustružení v excentrických čelistech na druhé. Tato metoda vyžaduje nákup pístu a destiček pro přerušovaný řez. Dále požaduje úpravu sběrače, aby byl schopen dopravit součást až do protivřetena.

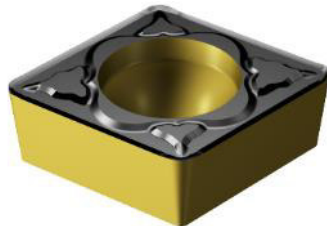
3.5 Volba nástrojů pro výrobu součástí

Pro efektivní výrobu zápalníku je vhodné obrábět pravou i levou stranu jinými nástroji (jinými břitovými destičkami). Pro obrábění byla zvolena tyč o $\varnothing 8\text{ mm}$ z oceli 11600. Nástroje pro variantu s obrobenými čelistmi jsou v tabulce 11. Tato tabulka zahrnuje označení destiček a vrtáku, typ operace, doporučené řezné parametry a cenu. Cena vrtáku je za jeden kus, zatímco destičky jsou v balení po 10 kusech za znázorněnou cenu. Cena nástrojů je orientační, protože ji výrobce může v průběhu času měnit, platí k březnu 2023.

Tabulka 11 Doporučené řezné parametry a cena navržených nástrojů [38; 42].

Název destičky	Typ operace	Doporučená řezná rychlost [m·min ⁻¹]	Doporučený posuv [mm]	Doporučená hloubka záběru ostří [mm]	Přibližná cena [Kč]
CCMT 06 02 04-PM 1515	Hrubování	235–295	0,06–0,17	0,3–2,2	254
TCGX 06 T1 04R-WK 1515	Dokončování	165–260	0,03–0,25	0,15–1	473
QD-NB-0100-0001-CF 1125	Zapichování	180–280	0,03–0,12	–	412
WTX 180°·3,0.R. 3D.IK.HA TI800	Vrtání	90	0,09	–	2 285
CCMT 06 02 04-PM 4335	Hrubování	265–355	0,06–0,17	0,3–2,2	263
TCGX 06 T1 04R-WK 1515	Dokončování	165–260	0,03–0,25	0,15–1	473

Pro hrubování na Ø 3 mm a Ø 6,5 mm byla zvolena destička CCMT 06 02 04-PM 1515, která je určena pro hrubování s plynulým nepřerušovaným řezem (viz obrázek 80) [38]. Zvolená destička má poloměr ostří 0,395 mm.



Obrázek 80 Hrubovací destička CCMT 06 02 04-PM 1515 [38].

Pro hrubování první strany jsou zvoleny 3 řezy. Hloubka záběru ostří (**ap**) byla zvolena 0,6 mm pro první řez a 0,7 mm pro řezy 2 a 3. Pro hrubování byla zvolena konstantní řezná rychlost (v_c) 295 m·min⁻¹. Hodnota posuvu (**f**) pak byla pro první řez zvolena 0,13 mm v závislosti na výkonu a doporučení pro danou destičku [38].

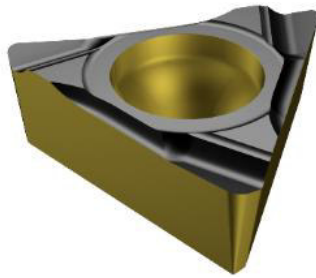
Otáčky je možné spočítat dle vztahu (3.3) podle [38].

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot d} \quad (3.3)$$

První hrubovací řez obrobí i materiál na největším průměru (Ø 6,5 mm) se sníženou hloubkou záběru (0,5 mm). Při snížené hodnotě **ap** je možné při stejném výkonu zvýšit hodnotu posuvu [42]. Ta byla zvýšena na hodnotu 0,14 mm, pro další řezy pak na hodnotu 0,15 mm.

Destičky byly zvoleny tak, aby co nejlépe zajišťovaly doporučenou řeznou rychlost. V případě třetího řezu se kvůli omezeným otáčkám destička nevlezla mezi doporučené hodnoty dané výrobcem. Lze však předpokládat, že při zvolených podmínkách nebude mít v tomto případě nižší řezná rychlost výrazný negativní vliv.

Po hrubování následuje dokončování. Pro dokončování byla zvolena destička TCGX 06 T1 04R-WK 1515, která má 3 možnosti otočení. Zvolená destička je zobrazena na obrázku 81. Tato destička má malou hodnotu poloměru špičky, tím při větším záběru ostří převádí sílu do axiálního směru a nezatěžuje tolik obrobek [38].



Obrázek 81 Dokončovací destička TCGX 06 T1 04R-WK 1515 [38].

Zvolená vyměnitelná břitová destička má hodnotu poloměru špičky 0,26 mm. Dle tabulky 4 je při poloměru špičky 0,2 a posuvu 0,05 mm možné získat hodnotu **Ra** 0,75 μm [34]. Zvolená destička má hladicí břit, který docílí lepší drsnosti [48]. Zajistí tak požadovanou hodnotu drsnosti **Ra** 0,8 i při mírném otupení břitu destičky.

Při obrábění byla na $\varnothing 3$ mm i na $\varnothing 6,5$ mm zvolena jiná hodnota **ap**, což může způsobit zvýšení trvanlivosti břitu nástroje, protože rozdílná hodnota záběru ostří zlepšuje odolnost nástroje při poškození primární hřbetní rýhy [43].

Následně byla sražena hrana pomocí destičky TCGX 06 T1 04R-WK 1515. Zvolená destička je nakloněna tak, aby měla úhel nastavení vedlejšího ostří 45° . Tato destička využívá posuv 0,1 mm.

Po obrobení jedné strany se součást upíchne zapichovacím nožem s destičkou QD-NB-0100-0001-CF 1125, viz obrázek 82. Zvolená destička s šířkou 1 mm je vhodná pro upichování malých průměrů tyčí [38]. Pro upichování byla zvolena hodnota posuvu 0,1 mm.



Obrázek 82 Zapichovací destička QD NB-0100-0001-CF 1125 [38].

Při upíchnutí byla stejně jako u ostatních nástrojů zapnuta funkce pro konstantní řeznou rychlost. Zvolená funkce je doplněna funkcí pro limit otáček. Daná funkce zajistí řeznou rychlost $280 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ a bude plynule zvyšovat otáčky. V případě, že se dosáhne maximálních otáček, tak se otáčky dále nezvyšují. Podle aktuálního průměru se pak snižuje řezná rychlost.

Po upíchnutí spadne součást do sběrače a pomocí pístu je posunuta do excentrických čelistí. Následně byla vyvrtána díra, pro kterou byl zvolen monolitní karbidový vrták WTX-180°.3,0.R.3D.IK.HA TI800 s rovným čelem (viz obrázek 83).

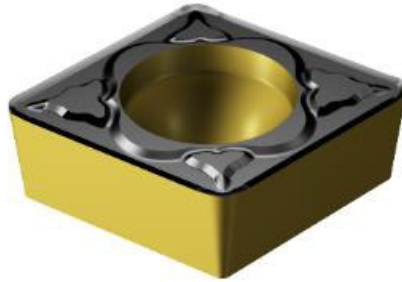


Obrázek 83 Vrták s rovným čelem WTX-180°.3,0.R.3D.IK.HA TI800 [42].

Vrták je umístěn v axiálním poháněném držáku (nástroji) NF16-DNE-TS46A-048-E-A, který dokáže vyvinout otáčky až $8\,000 \text{ min}^{-1}$ [41]. Vrták najede na souřadnici mimo osu a vyvrtá díru. Pro daný vrták byly zvoleny otáčky $8\,000 \text{ min}^{-1}$ a posuv 0,09 mm dle doporučení výrobce [42]. Výrobce doporučuje využít řezné rychlosti $80 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$. Řezná rychlost je tedy mírně nižší než požadovaná hodnota. Zvýší se tedy trvanlivost daného nástroje.

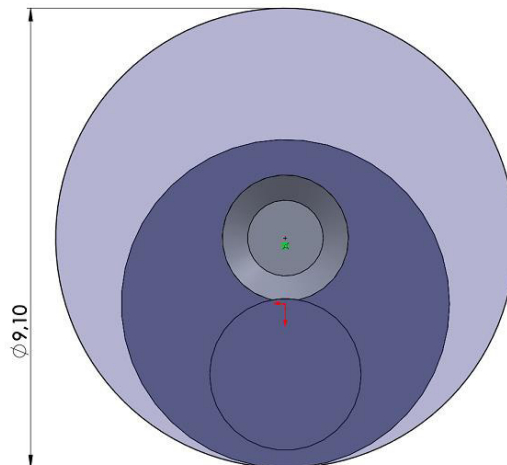
Po vrtání obvykle zůstávají na obrobku otřepy, které je nutno odstranit. Tyto otřepy by byly v případě malých sériích odjehleny ručně, pro tuto velkou sérii však budou součástky odjehleny v omílacím zařízení. Zápalník pak bude následně černěn, aby byl ochráněn od koroze.

Po vrtání následuje hrubování excentrického osazení. Za standardních podmínek by bylo zhotoveno hrubování a dokončování čepu dřív než vrtání. Tato aplikace však vyžaduje jiný přístup, protože díra zasahuje do čepu. Čep je proto zhotoven až po vyvrtání otvoru, protože by odtlačoval vrták, a způsobil by tak nestabilní podmínky pro vrtání. Pro hrubování byla zvolena destička CCMT 06 02 04-PM 4335 (obrázek 84), která je doporučena firmou SANDVIK CZ, s. r. o., pro přerušovaný řez [38]. Slinutý karbid s označením 4335 je určen pro přerušovací řez, kvůli vyšší houževnatosti.



Obrázek 84 Hrubovací destička CCMT 06 02 04-PM 4335 [38].

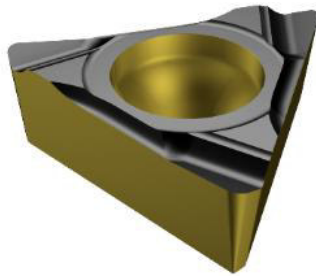
Při excentrickém upnutí v naší aplikaci může být nejvzdálenější bod obrobku vzdálen od osy otáčení 4,55 mm. Rotací nejvzdálenějšího bodu pak vzniká kružnice $\varnothing 9,1$ mm, ze které budou počítány otáčky. Tato hodnota byla zjištěna pomocí programu SolidWorks. Obrázek 85 ukazuje umístění kružnice pro výpočet otáček a zároveň naznačuje velké rázy vzniklé vyběháním a nabíháním nástroje z řezu.



Obrázek 85 Kružnice pro obrábění při excentrickém upnutí.

Obrábění s přerušovaným řezem je pro nástroj náročnější, proto je zvolena nižší hodnota **ap**. Hloubka záběru ostří je 0,56 mm a posuv 0,12 mm. Zvolená hodnota řezné rychlosti je $310 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Malá hodnota **ap** způsobuje velké množství řezů, v tomto případě 5. První 4 řezy mají stejné hodnoty **ap** a **f**. V pátém řezu byly upraveny řezné podmínky. Hodnota posuvu byla změněna na 0,13 mm. Ve čtvrtém a pátém řezu otáčky dosáhly maxima.

Následující operací bylo dokončování. Zvolená destička pro danou operaci je TCGX 06 T1 04R-WK 1515. Tato destička je znázorněna na obrázku 86. Zvolená destička má poloměr špičky 0,26 mm.



Obrázek 86 Dokončovací destička TCGX 06 T1 04R-WK 1515 [38].

Pro dokončení jsou zvoleny maximální otáčky ($15\,000\text{ min}^{-1}$). Pro dokončování byla zvolena hodnota ap 0,525 mm a posuv 0,05 mm pro získání požadované drsnosti. Dokončovací řez dokončí první čelo obrobku, průměr i druhé čelo.

Pro variantu s okružním frézováním byla pro hrubování zvolena stopková fréza 2N342-0600-PD P2BM (viz obrázek 87). Zvolená fréza stojí 2 200 Kč [17]. Fréza obrobí materiál na 2 řezy. Bude obrábět s posuvem $0,01\text{ mm}\cdot\text{zub}^{-1}$ a otáčkami $6\,000\text{ min}^{-1}$.



Obrázek 87 Stopková fréza 2N342-0600-PD P2BM [17].

Konečný přídavek odebere monolitní karbidová stopková fréza N.H-SA.6,0.35°.Z4.HB.K HPC TK (viz obrázek 88). Tato fréza stojí 900 Kč a je určena pro dokončování [17]. Dokončení je realizováno na jeden záběr. Fréza bude obrábět s posuvem $0,01\text{ mm}\cdot\text{zub}^{-1}$ a otáčkami $6\,000\text{ min}^{-1}$.



Obrázek 88 Stopková fréza N.H-SA.6,0.35°.Z4.HB.K HPC TK [17].

Pro frézování bylo zváženo využití karbidových vyměnitelných hlavice. Tyto hlavice se však obvykle vyrábějí ve větších průměrech (9,525 mm), čímž by zvětšily dráhu nástroje a prodloužily čas výroby [38]. Obecně jsou také dražší [38].

Součást má na excentrickém čepu sražení. Toto sražení bude obrobena pomocí frézy na sražení hran 8N1R027B16-SSO09-C (obrázek 89) s destičkami SOMT 09T304-P. Zvolený nástroj bude obrábět s posuvem $240\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ a otáčkami $6\,000\text{ min}^{-1}$.



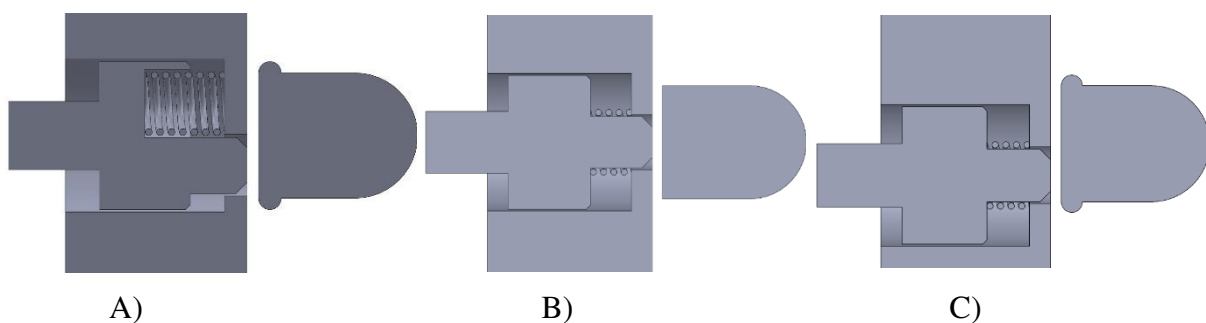
Obrázek 89 Fréza na sražení hran 8N1R027B16-SSO09-C [39].

3.6 Vývoj zápalníku

Výroba dané součásti je kvůli excentrickému čepu komplikovaná. Proto je vhodné zhodnotit, jestli není možné zápalník upravit, aby byla jeho výroba zjednodušena. Během vývoje byla zkoumána a porovnávána Flobertka 620 a Magnum 357. Při porovnání bylo zjištěno, že těla jednotlivých revolverů se od sebe příliš neliší. Magnum 357 oproti Flobertce 620 využívá středového zápalu. Otvor pro čep zápalníku, který narazí do náboje, je tedy u Flobertky umístěn

níže. Během bližšího zkoumání bylo zjištěno, že je možné umístěním tohoto otvoru (a dalšími úpravami jiných komponent) změnit stejný typ zbraně z okrajového zápalu na středový. Otvor pro čep může být do rámu revolveru vyvrtán pro středový nebo okrajový podle potřeby.

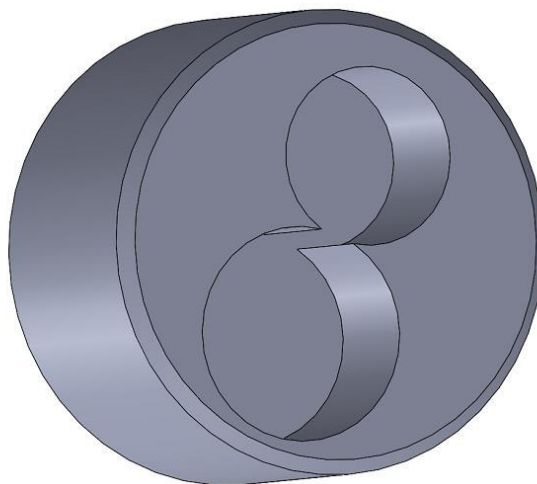
Pro zjednodušení výroby byl navržen jednodušeji vyrobitelný souosý zápalník, který je polohou v rámu revolveru umístěn tak, aby zajišťoval boční zápal. Obrázek 90 ukazuje srovnání excentrického zápalníku pro okrajový zápal A), se středovým zápallem B) a se souosým zápalníkem umístěným pro boční zápal C). Výhodou této změny je výrazné zjednodušení výroby součástky zápalníku, součást by nemusela být složitě přeupínána do upravených čelistí nebo vyráběna jiným složitým způsobem. Odpadl by i problém s vrtáním mimoosé díry. Je velice pravděpodobné, že firma nechává součást excentrickou pro jednoduchost změny výroby mezi středovým a bočním zápallem. V případě změny zápalníku za souosý by bylo vlivem jiného umístění nutno změnit velikost a tvar jiných součástí, které v celém mechanismu výstřelu spolupracují.



Obrázek 90 Možnosti ustavení zápalníků

Protože se excentrické prvky překrývají (díra zasahuje do čepu), je nutné nejprve vrtat a následně obrábět excentrický čep. Pro zrychlení výroby by bylo možné excentrické prvky od sebe oddálit. To by umožnilo vyrobit zápalník tak, že by se dříve obrobil materiál kolem excentrického prvku a následně by byla vyvrtána díra.

Firma AlfaProj prezentuje ruční lisování čepů do válce jako běžnou součást výroby válce. Touto myšlenkou je inspirována další možná úprava zápalníku. Pro jednodušší výrobu je možné spojit obrábění s lisováním. Nejnáročnější částí na výrobu zápalníku je jeho excentrický čep, respektive odstranění materiálu kolem něj. Proto by byl tento čep nahrazen otvorem, do kterého by byl předem vyrobený čep zalisován. Čep by se v těle zápalníku opřel o ploché čelo, a tak by neohrožilo jeho posunutí během výstřelu. Celkově by jeho poloha byla upevněna uložením s přesahem. Obrázek 91 ukazuje tvar těla zápalníku před nalisováním čepu.



Obrázek 91 Model zápalníku pro nalisování čepu.

Čep by byl zasunut až na dno díry. Z těla by byla vystrčena část čepu tak, aby měl zápalník stejnou délku jako zápalník vyrobený jinou technologií. Zalisovaný čep by mírně zasahoval do vedlejší díry, do otvoru pro pružinku. Pružinka je však menší a přesah by byl minimální, proto by tento krok ničemu nevedl. V případě problému by se zvolila menší pružinka. Pro lisování je vhodné zvážit odvod vzduchu, aby čep mohl být zalisován. Tělo zápalníku se dvěma otvory (obrázek 91) ukazuje, že překrytí otvorů by mohlo pomoci úniku vzduchu při lisování. Vzniklá mezera mezi otvory může být problematictější na výrobu, pro lisování je však výhodou.

Při použití této metody by byl snížen celkový čas na výrobu, protože nebude nutné obrábět excentrický čep. Další výhodou této metody výroby je úspora materiálu a vyhnutí se obrábění nástroji pro přerušovaný řez. Pro výrobu je navržen dlouhotočný automat CH154, který nejprve osoustruží čelní plochu osazení i největší průměr. Dále po přijetí protivřetena upíchnou součást. Po upíchnutí bude v prvním vřetení obráběna další součást. V druhém vřetení bude provedeno vyvrtání obou děr, odjehlení a sražení hrany. Po obrobení těla zápalníku bude pro zvýšení efektivity pracoviště vkládání čepu realizováno pomocí stacionárního lisovacího systému přímo ve stroji (viz obrázek 92). Tento systém zajišťuje přívod čepů pro lisování pomocí pneumatického pohonu. Výrobce zaručuje čas nalisování pod 0,7 sekundy [44].



Obrázek 92 Stacionární lisovací systém [44].

Zapojením lisovacího systému do provozu bude nahrazen člověk vykonávající stereotypní práci, a zvýší se tím konkurenceschopnost. Velkou výhodou této metody je možnost implementovat lisovací systém do prakticky jakéhokoli dvouvřetenového soustruhu, a tím zajistit rychlou a efektivní výrobu bez koupě nového stroje. Daná varianta také může kombinovat materiály s různou pevností, a tím zvýšit životnost zápalníku za nízkou cenu.

V případě volby varianty s lisováním čepu byl zvolen kromě již zmíněných nástrojů i monolitní karbidový vrták s označením 2,5X50MM,2D,AQUA DRILLS EX FLAT (viz obrázek 93). Zvolený vrták má $\varnothing 2,5$ a rovné čelo, bude vrtat otáčkami $8\,000\text{ min}^{-1}$ a posuvem $0,02\text{ mm}$ dle doporučení výrobce [45]. Vrták bude mít opět mírně sníženou řeznou rychlost, z $65\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ na $62,8\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$, která povede ke zvýšení trvanlivosti.



Obrázek 93 Monolitní karbidový vrták 2,5X50MM,2D,AQUA DRILLS EX FLAT [45].

Po vyvrtání děr bude u této technologie odjehlení způsobeno pomocí kuželového záhlubníku CS25205 (viz obrázek 94). Pro záhlubník byly zvoleny otáčky $3\,713\text{ min}^{-1}$ pro odjehlení větší díry a $4\,456\text{ min}^{-1}$ pro odjehlení menší. V dalším vývoji navrhuji zakoupit speciální složené (osazené) vrtáky, které vyvrtají díru, současně však mírně srazí hranu. Tento speciální vrták bude dražší, výrazně však sníží čas výroby.



Obrázek 94 Kuželový záhlubník CS25205 [46].

3.7 Porovnání technologií

Pro výrobu zadané součásti v sérii 10 000 kusů za rok jsou navržené technologie okružního frézování (A), technologie soustružení s obrobenými čelistmi (B), technologie soustružení s lisováním (C) a technologie soustružení s lisováním, složené nástroje (D). Pro technologii A byl navržen stroj SP 280. Pro ostatní technologie byl navržen dlouhotočný automat CH154. Při velké sérii je velmi důležitý čas obrobení jednoho kusu. Každá ztráta se totiž nasčítá. Pro porovnání strojů a technologií výroby byl navržen ISO kód, který po odsimulování zobrazí čas výroby. Pro simulaci daných procesů výroby byl vybrán simulační software SinuTrain, který využívá řídicí systém Sinumerik. Do softwaru byly zadány parametry nástrojů. Program neumožňuje řízení dlouhotočného automatu, proto byl ISO kód nastaven na CNC soustruh. Lze předpokládat, že dlouhotočný automat má kratší výměnu nástrojů. Druhá část metody okružního frézování byla simulována na frézce. Program čte vložený ISO kód, a tak simuluje obrábění součásti. Ukázka ISO kódu je v tabulce 12, více pak v příloze 6. Tabulka popisuje dokončování první strany pro technologii B.

Tabulka 12 ISO kód.

ISO kód	Komentář
G96	Konstantní řezná rychlost
T2	Volba nástroje T2
M6	Provedení výměny nástroje
G0 X-0.52 Z1	Pohyb nástroje k součástce pomocí rychloposuvu
M1=3 S1=260 M8	Start otáček hlavního vřetene vpravo o hodnotě řezné rychlosti 260 m·min ⁻¹ , zapnutí chlazení
G1 Z0 F0.05	Lineární interpolace pracovním posuvem o hodnotě posuvu 0,05 mm
G1 X3	Lineární interpolace na Ø 3 mm (zarovnání čela součásti)
G1 Z-4	Lineární interpolace do hloubky 4 mm
G1 X6.475	Lineární interpolace na Ø 6,475 mm
G1 Z-11.8	Lineární interpolace na hodnotu Z-11,8
G1 X9	Lineární interpolace na Ø 9 mm
M9 M1=5	Vypnutí chlazení i otáček

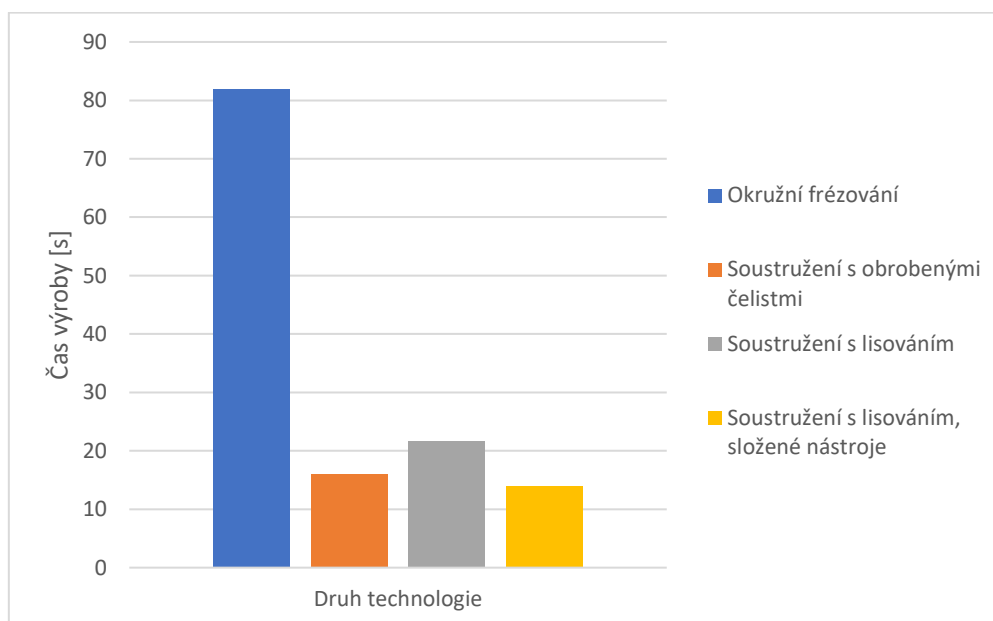
Čas výroby byl zjištěn pro obě strany zápalníku zvlášť. Získané hodnoty jsou v sekundách a jsou zapsány v tabulce 13. Nejprve byla obráběna první strana (Ø 3 mm a Ø 6,5 mm). K první straně obrábění je přičten orientační čas posunutí tyče 1 s pro dlouhotočný automat a 7 s pro SP 280. K druhé obráběné straně je u některých technologií přičten orientační čas na manipulaci s obrobkem 2 s nebo 3 s. Jedná se zde o čas na posunutí součásti do vřetena pomocí pístu nebo o čas lisování. Technologie C a D využívají při upichování obou vřeten, proto je k času druhé

strany přičten společný čas dané operace. Všechny časy, které zasahují do první (nebo druhé) strany jsou následně sečteny.

Tabulka 13 Časy částí výroby.

Technologie	První strana	Posunutí tyče	První strana součet	Druhá strana	Manipulace s obrobkem	Čas upichování	Druhá strana součet
Okružní frézování	17,54	7	24,54	73,77	0	0	73,77
Soustružení s obrobenými čelistmi	15,01	1	16,01	12,3	3	0	15,3
Soustružení s lisováním	14,45	1	15,45	18,13	2	1,5	21,63
Soustružení s lisováním, složené nástroje	12,85	1	13,85	10,52	2	1,5	14,02

Porovnání výsledných časů výroby jednoho kusu je na obrázku 95. Obrázek ukazuje, že nejdelší čas (81,97 s) má varianta A. Varianta C má výrazně kratší čas (21,63 s). Varianta B vyrobí součást za 16,01 s a varianta A za 14,02 s. I když má technologie A nejdelší čas, pro menší série může být výhodná, protože nepotřebuje žádné speciální nástroje nebo úpravy stroje.



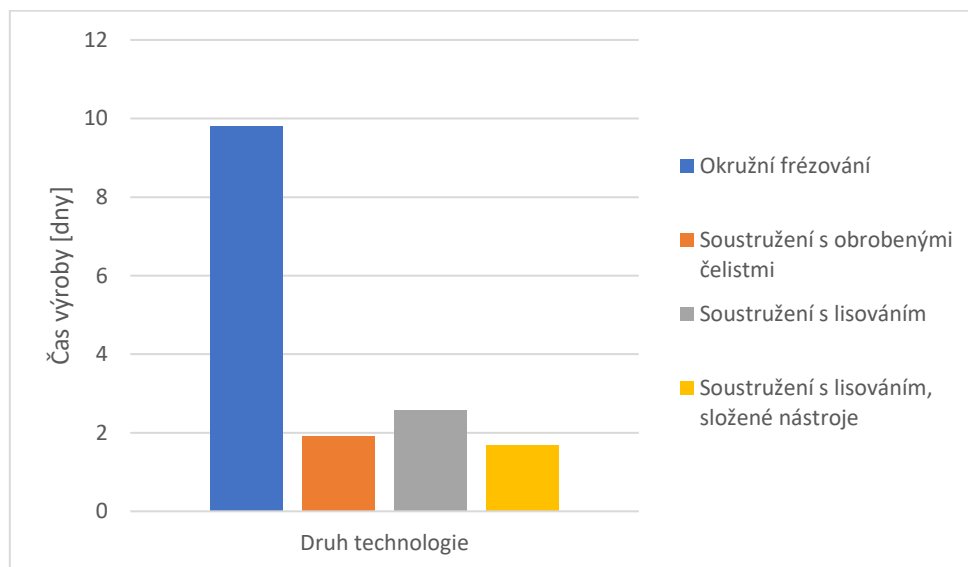
Obrázek 95 Čas výroby jednoho kusu.

Zvolený stroj pro technologii A má jen jednu revolverovou hlavu. Obrábí tedy jen jednu nebo druhou stranu. Časy první a druhé strany se tedy sečtou. Ostatní technologie využívají stroj schopný obrábět obě strany zároveň, každou v jednom vřetení. Proto je jako čas výroby vybrán čas strany, které to trvalo déle. Tabulka 14 popisuje čas výroby jedné součásti a čas výroby 10 000 ks v sekundách a ve dnech, při nepřetržitém provozu. Časy jsou orientační, ale vystihují přibližnou dobu výroby. Do této doby je započten čas na výměnu nástrojů. Čas na výměnu nástrojů v této aplikaci počítá s výměnou každých 30 min, kde na výměnu je stanovena 1 min.

Tabulka 14 Celkový čas výroby.

Technologie	Čas výroby součásti [s]	Čas výroby 10 000 ks [s]	Čas výroby 10 000 ks [dny]
Okružní frézování	81,97	847 023,33	9,80
Soustružení s obrobenými čelistmi	16,01	165 436,67	1,91
Soustružení s lisováním	21,63	223 510	2,59
Soustružení s lisováním, složené nástroje	14,02	144 873,33	1,68

Celková doba výroby dle zadaných podmínek je znázorněna na obrázku 96. Čas výroby metodou A je při nepřetržitém provozu výroby 9 dní, 19 hodin, 17 minut a 3 sekundy. Metoda B trvala 1 den, 21 hodin, 57 minut a 17 sekund. Metoda C 2 dny, 14 hodin, 5 minut a 10 sekund a metoda D 1 den, 16 hodin, 14 minut a 33 sekund.

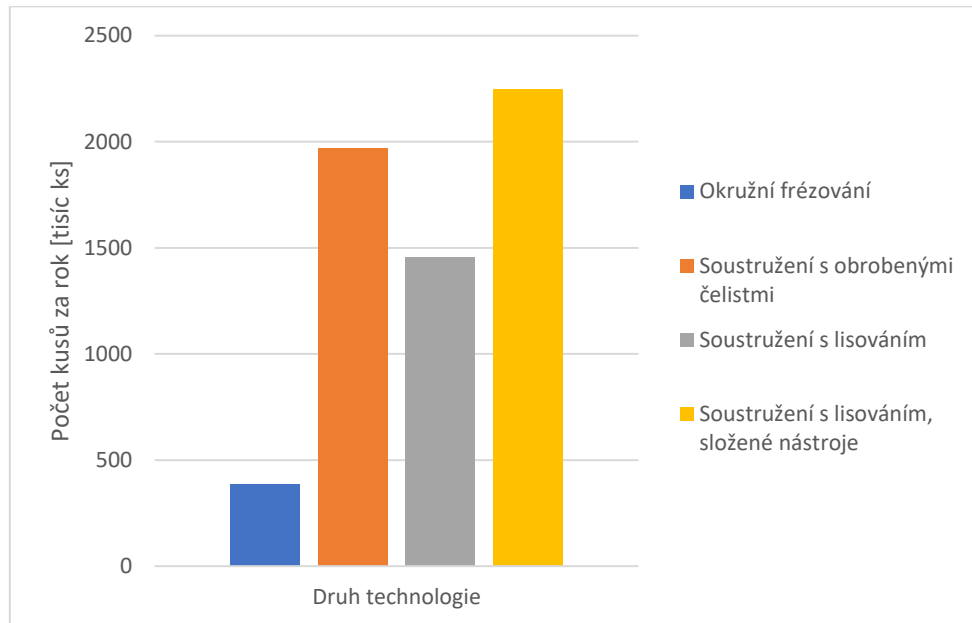

Obrázek 96 Srovnání výrobních časů pro sérii 10 000 ks.

Součástky první a druhé metody budou po zhotovení omílány. Čas omílání může jednotlivým metodám přidat hodinu až dvě času na dávku. Všechny součástky pak budou černěny (nezávisle na technologii výroby). Kromě času výroby pro sérii 10 000 ks bylo spočítáno i množství vyrobených kusů za rok.

Roční výroba je vypočtena dle vztahu (3.4).

$$K_{S_{rok}} = \frac{T_{rok} - T_{vým}}{T_{1ks}} \quad (3.4)$$

Kde $K_{S_{rok}}$ je počet kusů za rok, T_{rok} je čas jednoho roku v sekundách, $T_{vým}$ je čas výměny nástrojů za rok a T_{1ks} je čas výroby jednoho kusu. Za rok je tedy možné nejrychlejší metodou vyrobit 2 248 108 ks (256 ks za hodinu), viz obrázek 97. Při roku nepřetržité výroby se rozdíly jednotlivých technologií zvýrazňují. Výrobní rozdíl mezi technologií D a A je 1 863 596 ks. Šestiletá výroba metody A by tedy mohla být přibližně jedním rokem výroby metodou D.


Obrázek 97 Počet kusů vyrobených za rok.

Pro srovnání byly dále sečteny náklady jednotlivých technologií, za předpokladu odladěné výroby počítající s cenou amortizace stroje a zařízení (ne s plnou cenou). Do celkových nákladů N_c byly započteny náklady na koupi stroje N_s , koupě omílacího zařízení N_o , náklady na poháněné držáky N_d , cena materiálu N_m , cena nástrojů N_n , náklady na koupi posuvného pístu nebo lisovacího zařízení N_p , cena reže (spotřeba elektřiny) N_r , fixní hodinová sazba stroje N_f , životnost zařízení \check{Z} , čas výroby jednoho kusu T_{1ks} , náklady na výrobu čepu $N\check{c}$ a počet hodin za rok Ph (8 760). Většina hodnot byla odhadnuta na základě zkušenosti nebo ze získaných podkladů. Z předchozích výpočtů byly zjištěny počty hodin výroby. Pokud není uvedeno jinak, hodnoty jsou v tisících korun. Jednotlivé hodnoty jsou v tabulce 15.

Tabulka 15 Náklady na výrobu 10 000 kusů.

Metoda	N_s	N_o	N_m [Kč]	N_n	N_p	N_r [Kč/h]	N_f [Kč/h]	N_d	\check{Z} [roky]	$N\check{c}$ [Kč]
A	5 000	130	0,1725	0,6524	0	50	1 000	280	10	0
B	2 500	130	0,1725	0,4160	10	50	1 000	70	10	0
C	2 500	0	0,1500	0,5714	40	50	1 000	210	10	1
D	2 500	0	0,1500	0,5824	40	50	1 000	140	10	1

Hodnoty byly spočteny dle vztahu (3.5) podle [47].

$$N_c = (N_f + N_r) \cdot T_{1ks} \cdot K_s + \frac{N_s + N_o + N_d + N_p}{\check{Z} \cdot Ph} \cdot T_{1ks} + (N_m + N_n + N\check{c}) \cdot K_s \quad (3.5)$$

Vzniklé náklady a přepočet na jeden kus jsou v tabulce 16. Metoda výroby B má delší čas výroby než metoda D, přesto jsou však náklady na její výrobu nižší. Nižší náklady na výrobu jsou především kvůli ušetřeným nákladům za poháněné nástroje a lisovacímu zařízení. Vzhledem k nákladům na jeden kus je možné vyrábět kus za 9,3 Kč.

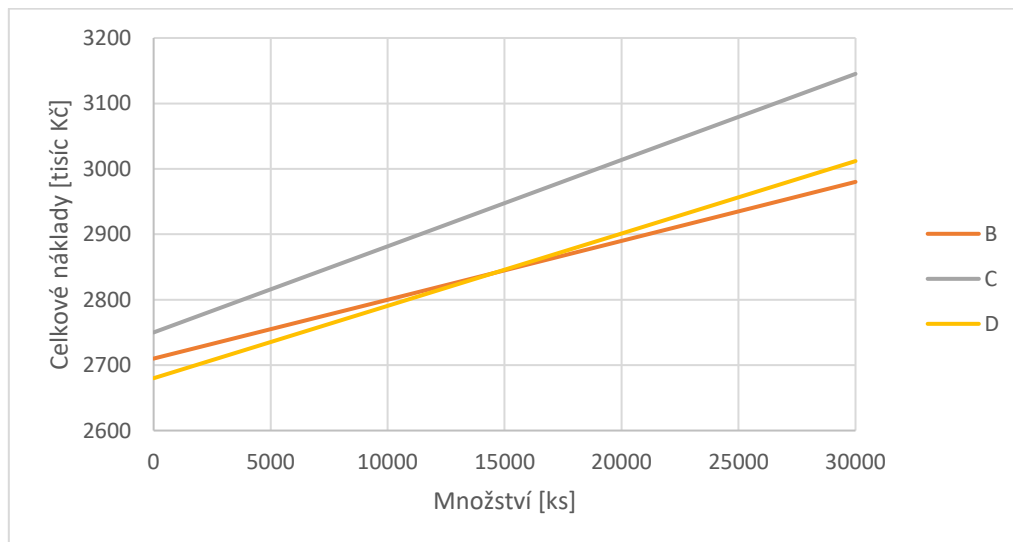
Tabulka 16 Porovnání nákladů.

Metoda	Náklady na 10 000 kusů	Náklady na 1 kus
A	328544,2	32,85442
B	92999,02	9,299902
C	135779,5	13,57795
D	113225,9	11,32259

Celkové náklady při koupi zařízení N_{ck} jsou pak spočteny dle vztahu (3.6).

$$N_{ck} = N_s + N_o + N_d + N_p + (N_m + N_n + N_{\check{c}} + (N_f + N_r) \cdot T_{1ks}) \cdot K_s \quad (3.6)$$

Výsledky daného vztahu jsou zobrazeny na obrázku 98. Tento obrázek ukazuje, že vzhledem k celkovým nákladům je od cca 15 000 ks technologie B výhodnější než technologie D. Technologie A na obrázku není zaznamenána, protože má příliš vysoké náklady.

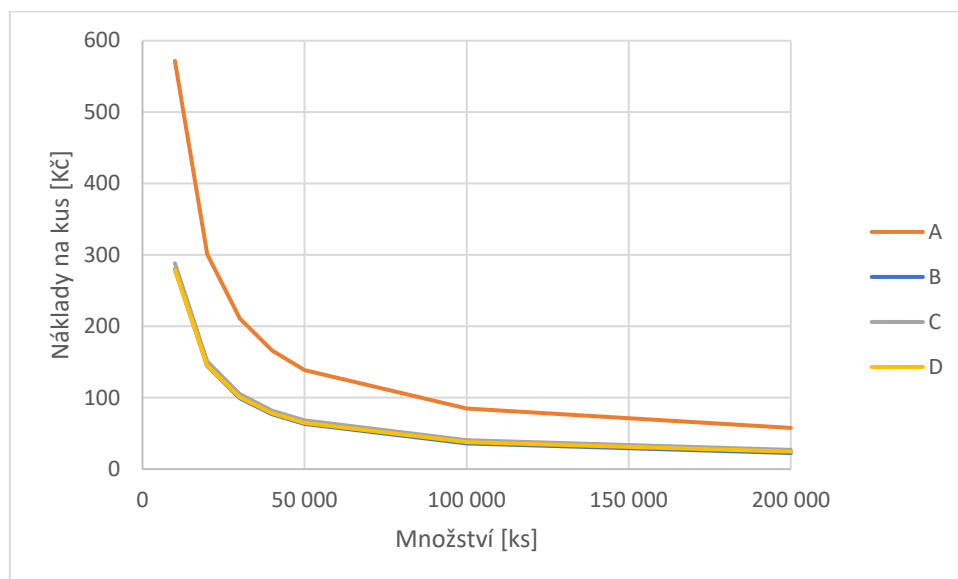


Obrázek 98 Celkové náklady při koupi zařízení.

Náklady na počet kusů N_{ks} jsou pak spočteny dle vztahu (3.7).

$$N_{ks} = \frac{N_s + N_o + N_d + N_p + (N_m + N_n + N_{\check{c}} + (N_f + N_r) \cdot T_{1ks}) \cdot K_s}{K_s} \quad (3.7)$$

Výsledky daného vztahu jsou zobrazeny na obrázku 99. Tento obrázek ukazuje závislost nákladů na počtu kusů. Náklady na kus při malém množství kusů prudce klesají a pak se limitně blíží hodnotě nákladů závislých na počtu kusů. Hodnota technologie A je výrazně vyšší. Než ostatní technologie, protože má dlouhý čas výroby.



Obrázek 99 Náklady na výrobu jednoho kusu při různé velikosti série.

Graf na obrázku 99 doplňuje tabulka 17, která ukazuje i cenu v sérii 200 000 000 ks. Náklady spojené s výrobou jednoho kusu při této sérii mohou dosahovat hodnoty 9,02 Kč za kus. Pro výrobní firmu je vždy důležité zhodnotit velikost série a na ni aplikovat vhodnou technologii, která vyrobí součásti co nejlevněji.

Tabulka 17. Náklady na výrobu jednoho kusu při různé velikosti série.

	1	10 000	20 000	50 000	100 000	1 000 000	10 000 000	200 000 000
A	5410031	571,60	301,10	138,80	84,70	36,01	31,15	30,63
B	2710009	280,00	144,50	63,20	36,10	11,71	9,27	9,02
C	2750013	288,17	150,67	68,17	40,67	15,92	13,45	13,19
D	2680011	279,06	145,06	64,66	37,86	13,74	11,33	11,08

ZÁVĚR

Hlavním cílem práce bylo pomocí reverzního inženýrství navrhnout způsob výroby zápalníku. Proto byl zápalník vymontován z revolveru a byl proměřen. Měření proběhlo na konvenčních měřidlech i na specializovaných měřicích optických přístrojích 3D profilometr Taylor Hobson Talysurf CCI Lite a Sol 311. Při měření drsnosti na 3D profilometru byla změřena 3 místa o dvou řezech. Hodnoty získané úpravou měřených dat v nezdeformovaných oblastech jsou v intervalu mezi **Ra** 0,29 až 0,76 μm . Měřený úsek s plastickou deformací dosahoval vyšších hodnot. V nejvíce zdeformovaném místě až **Ra** 1,41 μm . Pro výrobu byla pro funkční plochy zvolena maximální hodnota drsnosti **Ra** 0,8 μm . Pro měření budoucí výroby navrhuji měřit jedno místo na \varnothing 2,5 mm a jedno místo na \varnothing 6,5 mm. Pro obě měření navrhuji umístit 5 řezů pro získání hodnot parametru **Ra** do střední části měřeného vzorku. Kromě drsnosti byly změřeny i rozměry a vzdálenosti prvků. Rozměry a vzdálenosti prvků byly měřeny na přístroji Sol 311 pomocí spodního i horního osvit. Pro zjednodušení budoucího měření navrhuji měřit jen pomocí horního osvit. Při zavádění výroby navrhuji koupit měřicí přístroj Sol 161, který bude vzhledem k velikosti levnější než Sol 311. Přesnost je však u obou stejná. Vzhledem k funkci byla zvolena minimální tolerance 0,05 mm. V případě výroby zápalníku pro profesionální zbraně by byly tolerance i drsnost menší.

Následně bylo navrženo několik technologií výroby zápalníku pro sérii 10 000 ks. Tyto technologie byly odsimulovány v programu SinuTrain. První technologie je založena na použití standardního CNC soustruhu s poháněnými nástroji a dvěma vřeteny, který už má firma koupený. Pro náš případ byl zvolen strojový park VUT, ze kterého byl vybrán CNC soustruh SP 280 CNC. Tento stroj může vyrobit zápalník pomocí technologie soustružení a okružního frézování (A) za 81,97 s. Druhá navržená technologie počítá s vysokootáčkovým dlouhotočným automatem CH154, který může zvolenou součást vyrobit za 16,01 s pomocí technologie soustružení s obrobennými čelistmi (B). Třetí technologie má název soustružení s lisováním (C) vyžívá stejného stroje a dokáže vyrobit daný díl za 21,63 s. Čtvrtou technologií je soustružení s lisováním, při použití složených nástrojů (D). Tato metoda může zajistit výrobu dané součásti za 14,02 s. Metoda A je universální metoda pro výrobu v menší sérii. Metoda B je rychlá metoda s nízkými náklady. V případě série o požadovaném počtu 10 000 kusů mohou být náklady na jednu součást (metoda B) 9,29 Kč, při započtení jen amortizace použitých zařízení. Při koupi strojů je z hlediska nákladů na výrobu z počátku výhodnější metoda D, při sérii nad cca 15 000 ks je však metodou B překoná. Metody C a D umožňují kombinovat materiály pro tělo zápalníku a čep do něj nalisovaný. V případě menší série je možné zakoupit lisovací zařízení a implementovat ho do stávajícího stroje. Technologie D je nejrychlejší z daných metod. Při výrobě s nepřetržitým provozem a s podmínkou, že každých 30 min bude mít obsluha 1 min na výměnu destiček (eventuelně i tyče), umožní vyrobit 10 000 zápalníků za 1 den 16 hodin, 14 minuty a 33 sekundy (40,24 hodiny). Při stejných podmínkách je pak možné za rok vyrobit 2 248 108 ks.

Před uvedením zápalníku do výroby navrhuji začít ověřovací sérií, která by vyrobila 40 kusů. Každý čtvrtý kus by byl kontrolován pomocí měřicího přístroje Sol 161. Pomocí softwaru InSpec, který změří polohu a průměry díry, čepu \varnothing 2,5 mm a \varnothing 6,5 mm. Pro měření použije horní osvit a zvolené tolerance, dle výkresu. Dále budou měřené součásti přeměřeny mikrometrem pro kontrolu správnosti měření. Po měření mikrometrem budou součásti přesunuty na měřicí přístroj Hobson Talysurf CCI Lite, kde bude změřena jejich drsnost. Po ověřovací sérii a její kontrole bude zavedena výroba do provozu. Počty měření budou závislé na ověřovací sérii. Minimálně však 2 % z dané série.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Zbrojní průmysl v Česku a Polsku kvete. Válka na Ukrajině vynáší desítky miliard Zdroj: https://www.idnes.cz/ekonomika/domaci/zbrojni-prumysl-cesko-polsko-valka-vyroba-expanze.A221125_105814_ekonomika_jla. Idnes. 2022.
 2. Gunshop [online]. In: [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://forum.gunshop.cz/search.php?keywords=materi%C3%A1+z%C3%A1paln%C3%ADku&sid=7f7fad5562acacd882cc76433c5f88a4>
 3. Alfa-proj, s. r. o. - zbraně [online]. Brno: ALFA - PROJ spol. s r. o., 2004 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <http://www.alfa-proj.cz/>
 4. KNEUBUEHL, Beat P. Balistika: střely, přesnost střelby, účinek. Praha: Naše vojsko, 2004. ISBN 80-206-0749-8. [cit. 2023-04-25].
 5. HUSSLIKOVÁ, V. Dynamická analýza vybraných bicích mechanismů palných zbraní. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 56 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Slažanský [cit. 2023-04-25].
 6. HUSSLIKOVÁ, V. Dynamická analýza vybraných bicích mechanismů palných zbraní. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 56 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Slažanský. [cit. 2023-04-25].
 7. Zbraně kvalitně. <https://zbranekvalitne.cz> [online]. CZECHNOLOGY, 2005 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://zbranekvalitne.cz/zbrojni-prukaz/nauka-o-strelivu>
 8. Eluc. eluc.ikap.cz [online]. [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/1222>
 9. Anzdoc: UPÍNÁNÍ OBROBKŮ NA SOUSTRUHU. Adoc.pub [online]. [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://adoc.pub/upinani-obrobk-na-soustruhu.html>
 10. TAJMAC-ZPS: České stroje ze zlína. www.tajmac-zps.cz [online]. Zlín [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.tajmac-zps.cz/>
 11. MM Průmyslové spektrum: Řešení pro všechny typy soustružení [online]. 18. prosince 2007 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/reseni-pro-vsechny-typy-soustruzeni>
 12. Newtech: Polygonální soustružení [online]. [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://newtech.cz/vseobecne-obrabeni/cmz/aplikacni-inzenyrstvi/polygonalni-soustruzeni>
 13. KOZLÍKOVÁ, S. Průběh zakázky ve vybraném podniku. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2018. 66 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. František Milichovský, Ph.D., MBA, DiS. [cit. 2023-04-25].
 14. KEŘKOVSKÝ, Miloslav. 2009. Moderní přístupy k řízení výroby. 2. vyd. Praha: C.H. Beck. [cit. 2023-04-25]. ISBN 978- 80-7400-119-2.
 15. Mas: SP 280. www.masmachinetools.cz [online]. 2022 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <http://www.masmachinetools.cz/sp-280>
 16. DEDERLE, Tomáš; HEJNÍK, Jiří. Proč dlouhotočný automat. MM Průmyslové spektrum [online]. 18. prosince 2007, 12, [cit. 2023-04-25]. Dostupný z WWW: <http://www.mmspektrum.com/clanek/procdlouhotocny-automat>.
 17. Ceraterit: Výběr nástrojů pro dlouhotočné automaty. Cuttingtools.ceratizit.com [online]. [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: https://cuttingtools.ceratizit.com/cz/cs/nastroje/n_aacute_stroje-pro-dlouhotoneacute-automaty.html
 18. Newtech: CH154 [online]. [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.newtech.cz/vseobecne-obrabeni/tsugami/dlouhotocne-automaty/ch154>
 19. BELL, Walter. Reverse Engineering [online]. Global Media, 2006 [cit. 2023-04-25]. ISBN 9788189940164. Dostupné z: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/cvut/detail.action?docID=3011014>
-

-
20. Reverzní inženýrství. Praha, 2018. Bakalářská práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. Vedoucí práce Ing. Jan Šimota.
 21. PETR, Karel. Geometrické tolerance dle ISO GPS. Praha: Verlag Dashöfer, 2019. [cit. 2023-04-25]. ISBN 978-80-7635-019-9.
 22. ČSN EN ISO 14405-1. Geometrické specifikace produktu (GPS) - Tolerování rozměrů: Část 1: Lineární rozměry. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2022. Třídící znak 014115.
 23. ČSN EN ISO 25178-3. Geometrické specifikace produktu (GPS) – Textura povrchu: Plocha – Část 3: Operátory specifikací. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2022. 20 s. Třídící znak 014451.
 24. ČSN EN ISO 21920-2. Geometrické specifikace produktu (GPS) - Struktura povrchu: Profil – Část 2: Termíny, definice a parametry struktury povrchu, 2022-07. 92 s. Třídící znak 014457.
 25. Technický slovník naučný. Praha: Encyklopedický dům, 2005. [cit. 2023-04-25]. ISBN 80-86044-16-5
 26. DAGNALL, H. Exploring surface texture. Leicester: Rank Taylor Hobson, 1980. [cit. 2023-04-25]. ISBN 0901920037.
 27. ČSN EN ISO 25178-2. Geometrické specifikace produktu (GPS) – Textura povrchu: Plocha – Část 2: Termíny, definice a parametry textury povrchu. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2022. 80 s. Třídící znak 014451.
 28. ČSN EN ISO 21920-1. Geometrické specifikace produktu (GPS) – Struktura povrchu: Profil – Část 1: Indikace struktury povrchu, 2022-07. 64 s. Třídící znak 014457.
 29. ČSN EN ISO 4287: Geometrické požadavky na výrobky (GPS): Struktura povrchu: Profilová metoda – Termíny, definice a parametry struktury povrchu. Český normalizační institut, 1999.
 30. ČSN EN ISO 21920-3. Geometrické specifikace produktu (GPS) - Struktura povrchu: Profil – Část 3: Operátory specifikace, 2022-07. 92 s. Třídící znak 014457.
 31. ČSN EN ISO 25178-1. Geometrické specifikace produktu (GPS) – Textura povrchu: Plocha – Část 1: Identifikace textury povrchu. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2022. 32 s. Třídící znak 014451.
 32. ČSN EN ISO 1101. Geometrické specifikace produktu (GPS) – Geometrické tolerování – Tolerance tvaru, orientace, umístění a házení. Praha: Český normalizační institut, 2020. 178 s. Třídící znak 014120.
 33. Slanec, Karel. *Základy konstruování*. Praha: ČVUT, 1996.
 34. JAK NAPROGRAMOVAT N-CÉČKO. Publi.cz [online]. [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/182/18.html>
 35. Polzer, Aleš. *Metody vyhodnocování textury povrchu*, [cit. 2023-02-05]. Brno: Průmyslová metrologie, kvalita spolehlivost a bezpečnost, Fakulta strojního inženýrství, 2023.
 36. ISO 4288:1996 Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface texture: Profile method – Rules and procedures for the assessment of surface texture. 2. Switzerland: International Organization for Standardization, 1996.
 37. Polzer, Aleš. *Optický měřicí přístroj SOL 311*, [cit. 2023-02-05]. Brno: Průmyslová metrologie, kvalita spolehlivost a bezpečnost, Fakulta strojního inženýrství, 2023
 38. Sandvik coromant. www.sandvik.coromant.com [online]. [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz>
 39. PRAMET TOOLS, s.r.o., ČR. [online]. [cit. 2023-05-11]. Dostupné://www.dormerpramet.com/
-

40. Docplayer: SP Line SP 280 / SP 430 / SP 630. Soustružnická centra. Docplayer.cz [online]. [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/11438978-Sp-line-sp-280-sp-430-sp-630-soustruznicka-centra-www-kovosvit-cz.html>
 41. WTO. Ecat.wto-tools.com [online]. [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: [https://ecat.wto-tools.com/web/wto/de/WTO/Tsugami_BO265/Quer-Bohr-Fr%C3%A44seinrichtung%20-%20nanoFlex/\\$catalogue/WTOData/PG/NF16-DNE-TS46A-048-E-A_/index.xhtml](https://ecat.wto-tools.com/web/wto/de/WTO/Tsugami_BO265/Quer-Bohr-Fr%C3%A44seinrichtung%20-%20nanoFlex/$catalogue/WTOData/PG/NF16-DNE-TS46A-048-E-A_/index.xhtml)
 42. Secotools. Www.secotools.com [online]. [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.secotools.com/>
 43. Eluc. Eluc.ikap.cz [online]. [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/1203>
 44. Weber: Přehled naší osazovací – lisovací linky. Www.weber-online.com [online]. [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.weber-online.com/cs/osazovaci-a-lisovaci-technika/>
 45. Falti: 2,5X50MM,2D,AQUA DRILLS EX FLAT, MONOLITNÍ KARBIDOVÝ VRTÁK ŠPIČKA 180°. Www.falti.cz [online]. 2013 [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.falti.cz/2-5x50mm-2d-aqua-drills-ex-flat-monol-karbid-vrtak-spicka-180>
 46. Zps-fn. Www.zps-fn.cz/cz [online]. 2023 [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.zps-fn.cz/cz/e-shop/detail/kuzelovy-zahlubnik,-kod-cs25205,-prumer-4,3-mm/>
 47. Osička, Karel. *Technologické a ekonomické parametry provozu CNC obráběcích strojů*, [cit. 2023-02-02]. Brno: Vybrané statě z obrábění, Fakulta strojního inženýrství, 2023.
-

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symboly

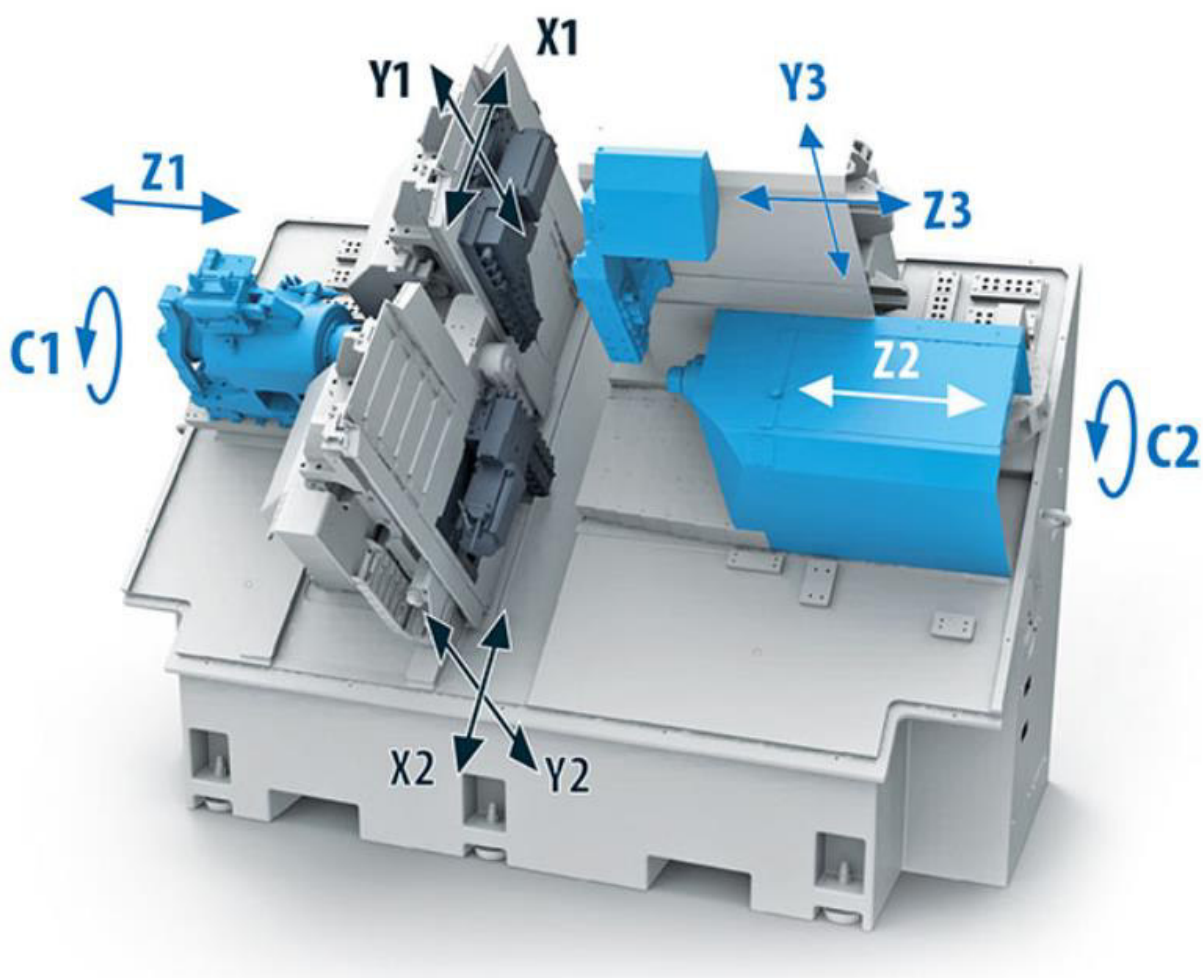
Označení	Legenda	Jednotka
v_{fm}	posuv na obvodu nástroje	[mm]
n	otáčky	[min^{-1}]
f_z	posuv na zub	[$\text{mm} \cdot \text{zub}^{-1}$]
z_c	efektivní počet zubů	[ks]
v_f	posuv v ose nástroje	[$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$]
$D_{\check{c}}$	průměr čepu	[mm]
D_{fr}	průměr frézy	[mm]
v_c	řezná rychlost	[$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]
d	průměr	[mm]
Ks_{rok}	počet kusů za rok	[$\text{ks} \cdot \text{rok}^{-1}$]
T_{rok}	čas jednoho roku	[s]
$T_{vým}$	čas výměny nástrojů za rok	[$\text{s} \cdot \text{rok}^{-1}$]
T_{1ks}	čas výroby jednoho kusu	[s]
Nc	celkové náklady vztažené k amortizaci	[Kč]
Nf	fixní hodinová sazba stroje	[$\text{Kč} \cdot \text{h}^{-1}$]
Nr	náklady na režii	[$\text{Kč} \cdot \text{h}^{-1}$]
Ks	počet kusů	[ks]
Ns	náklady na koupi stroje	[Kč]
No	náklady na omílací zařízení	[Kč]
Nd	náklady na poháněné držáky	[Kč]
Np	náklady na koupi posuvného pístu nebo lisovacího zařízení	[Kč]
\check{z}	životnost	[rok]
Ph	počet hodin za rok	[ks]
Nm	náklady na materiál	[Kč]
Nn	náklady na nástroje	[$\text{s} \cdot \text{rok}^{-1}$]
$N\check{c}$	náklady na výrobu čepů	[Kč]
Nck	celkové náklady	[Kč]
Ra	střední aritmetická úchylka profilu	[μm]
Rz	maximální výška profilu	[μm]
Rp	největší výška výstupku profilu	[μm]
Rv	největší hloubka prohlubně profilu	[μm]
Sa	střední aritmetická úchylka plochy	[μm]
Sz	maximální výška plochy	[μm]
f	posuv	[mm]
ap	hloubka záběru ostří	[mm]
$R\epsilon$	Poloměr špičky	[mm]

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Dlouhotočný automat Manuhrin K'MX 816
Příloha 2	Dlouhotočný automat Tsugami CH154
Příloha 3	Indikace povrchových nerovností
Příloha 4	Změřené hodnoty textury povrchu
Příloha 5	Protokol rozměrů a polohy
Příloha 6	ISO kód

SEZNAM VÝKRESŮ

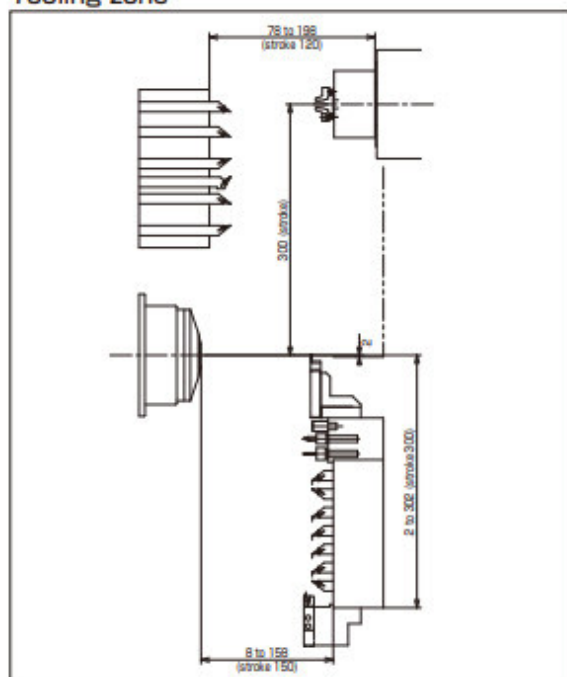
Zápalník	2023-DP-208429-01
----------	-------------------



Machine standard specifications

Item	CH154	
Spindle	Max. L spindle speed	15,000 min ⁻¹
	Max. R spindle speed	15,000 min ⁻¹
Chuck	L spindle	Collet chuck (up to $\phi 15$)
	R spindle	3" diaphragm chuck
Tool post	Tool post type	Gang type tool post
	XL, XR stroke	300 mm
	ZL stroke	150 mm
	ZR stroke	120 mm
	Rapid traverse rate	24 m/min
	Tool size	12 mm square
Motor	L spindle	1.5/2.2 kW
	R spindle	1.0/1.2 kW
	XL, XR, ZL, ZR axes	0.75 kW
	Coolant pump	1.5 kW
	Spindle cooling oil pump	75 W
Tank capacity	Spindle cooling oil tank	8 L
	Coolant tank	200 L
Machine dimension	Width x depth x height	1,350 mm x 1,365 mm x 1,500 mm
	Machine weight	2,200 kg

Tooling zone



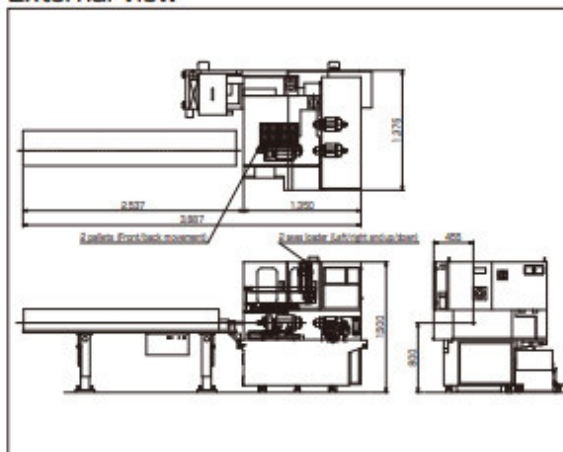
Export permission by the Japanese Government may be required for exporting our products in accordance with the Foreign Exchange and Foreign Trade Law. Please contact our sales office before exporting our products.

NC standard specifications

Item	Specifications
NC unit	FANUC 31i-A
Axis name	XL, XR, ZL, ZR
Least input increment	0.01 μm (X: in diameter)
Least command increment	0.01 μm (X: 0.005 μm)
Max. programmable value	± 9 digits
Interpolation method	Linear/Circular
Rapid traverse rate	24 m/min (all axes)
Cutting feedrate	1 to 6,000 mm/min
Feedrate override	0 to 150% in 10% increments
Dwell	G04, 0 to 99999.999
Absolute/Incremental command	X, Z: Absolute U, W: Incremental
Tool offset pairs	32 pairs
Data display	7.2" monochrome LCD
Display language	English (Japanese)
Part program storage size	64 kbytes (equivalent to 160 m in tape length)
No. of registerable programs	63
Auxiliary function	M5-digit
Spindle function	S5-digit
Tool function	T4-digit

Radius designation on arc, Override cancel, Workpiece coordinate system setting, Sequence number search, Machine lock, Dry run, Single block, Self-diagnostic function, Manual pulse generator, Tool offset screen, Chasing function, Memory card interface, Spindle synchronous control

External view



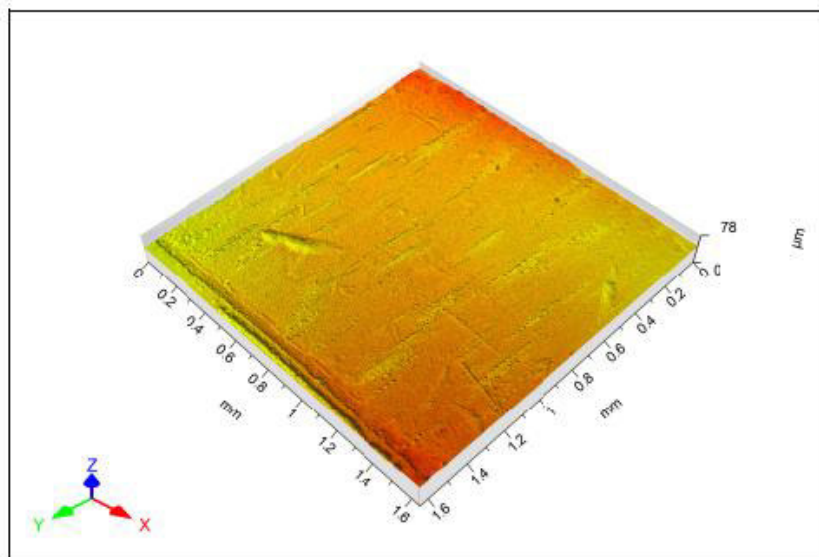
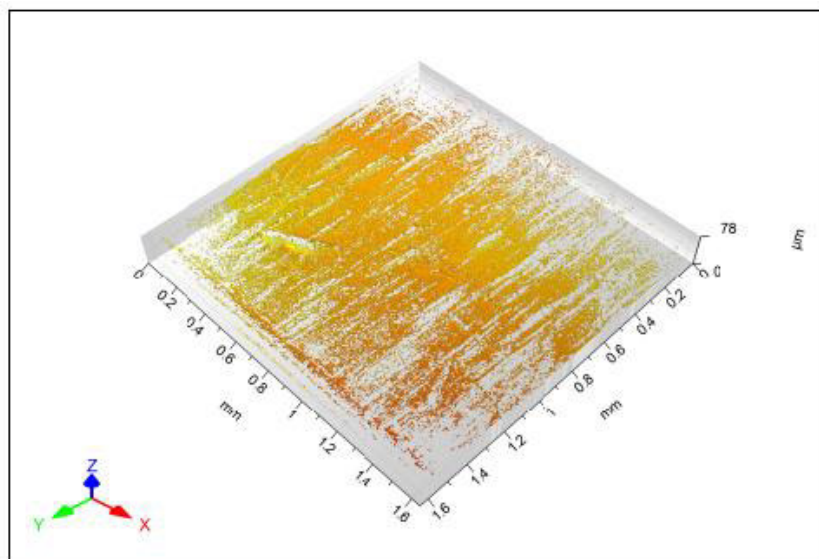
The specifications of this catalogue are subject to change without prior notice.

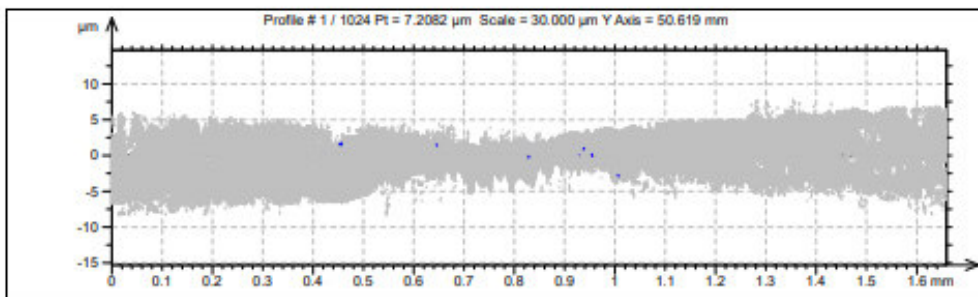
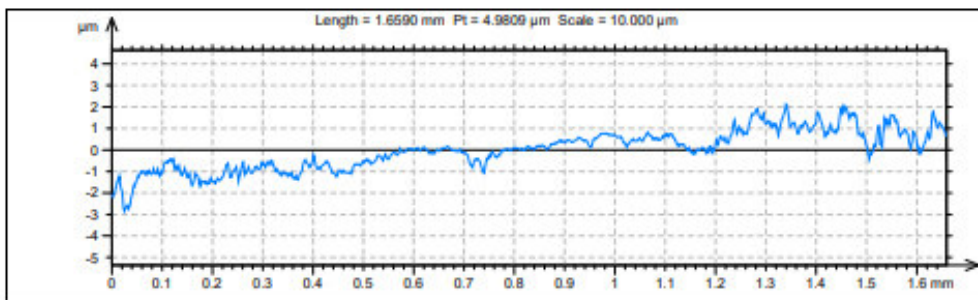
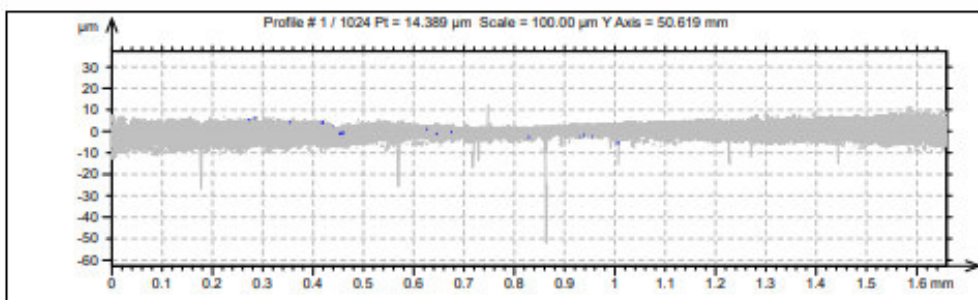
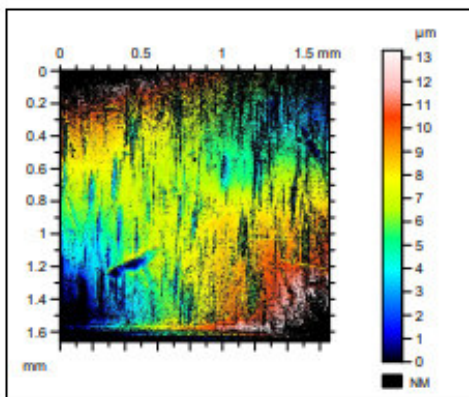
TSUGAMI CORPORATION
 12-20, TOMIZAWA-CHO, NIHONBASHI,
 CHUO-KU, TOKYO 103-0006, JAPAN
 Phone : 03-3808-1172
 Facsimile : 03-3808-1175

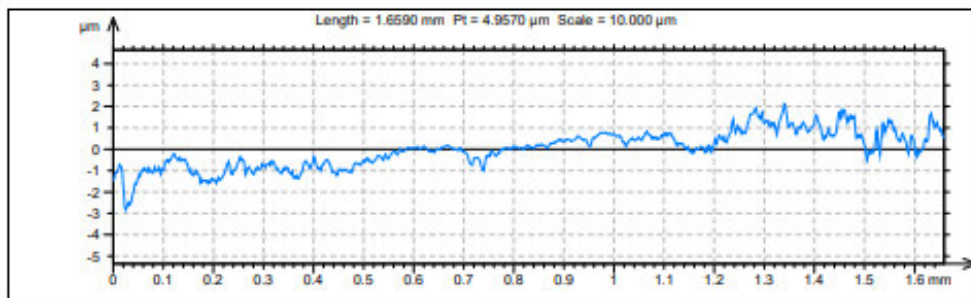
Grafická značka	Popis	Příklady
=	Rovnoběžně s rovinou průmětu pohledu, ve které je značka použita	
⊥	Kolmo k rovině průmětu pohledu, ve které je značka použita	
X	Zkříženo ve dvou šikmých směrech vzhledem k rovině průmětu pohledu, ve které je značka použita	
M	Vícsměrová orientace	
C	Přibližně kruhový směr vztažený ke středu povrchu, kterého se značka týká	
R	Přibližně radiální směr vztažený ke středu povrchu, kterého se značka týká	
P	Povrchové nerovnosti jsou nespojitě, nemají směr nebo vyčnívají	

1 Směr povrchových nerovností

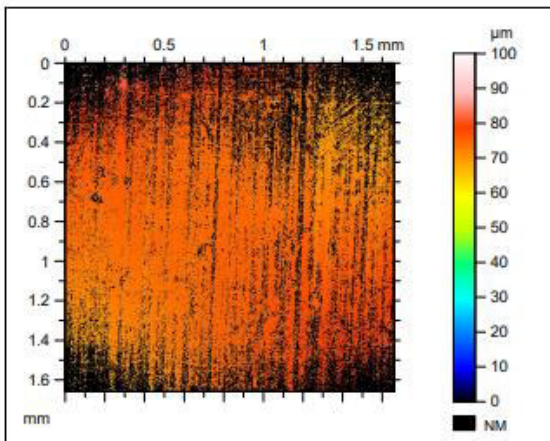
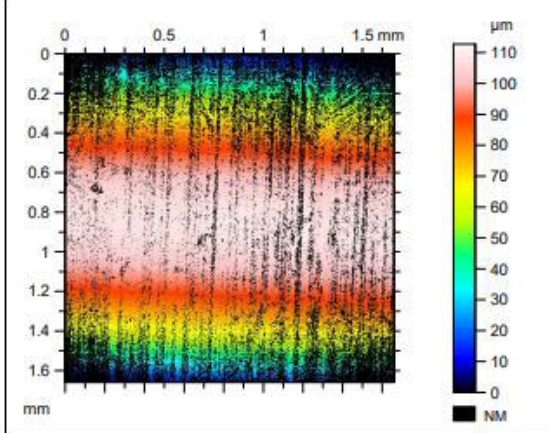
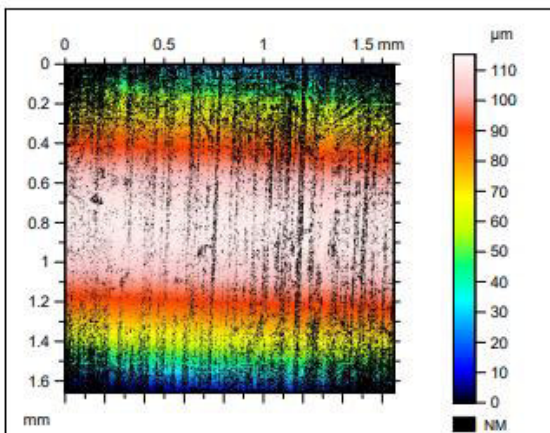
ISO 25178		
Height Parameters		
Sq	2.3169	μm
Ssk	-0.011655	
Sku	4.7930	
Sp	26.595	μm
Sv	51.838	μm
Sz	78.433	μm
Sa	1.7182	μm
Functional Parameters		
Smr	0.00015916	%
Smc	-446.55	μm
Sxp	4.8473	μm
Spatial Parameters		
Sal	0.22197	mm
Str	0.72766	
Std	86.750	*
Hybrid Parameters		
Sdq	*****	
Sdr	*****	%
Functional Parameters (Volume)		
Vm	0.00015487	mm ³ /mm ²
Vv	0.0028536	mm ³ /mm ²
Vmp	0.00015487	mm ³ /mm ²
Vmc	0.0018062	mm ³ /mm ²
Vvc	0.00253	mm ³ /mm ²
Vvv	0.0003236	mm ³ /mm ²
Feature Parameters		
Spd	66.876	1/mm ²
Spc	215.05	1/mm
S10z	41.482	μm
S5p	10.860	μm
S5v	30.621	μm
Sda	0.00027394	mm ²
Sha	0.00022525	mm ²
Sdv	7.6512e-008	mm ³
Shv	8.3448e-008	mm ³
Functional Parameters (Stratified surface)		
Sk	1.2215	μm
Spk	0.56852	μm
Svk	2.1224	μm
Smr1	9.2298	%
Smr2	82.280	%
Spq	*****	
Svq	*****	
Smq	*****	





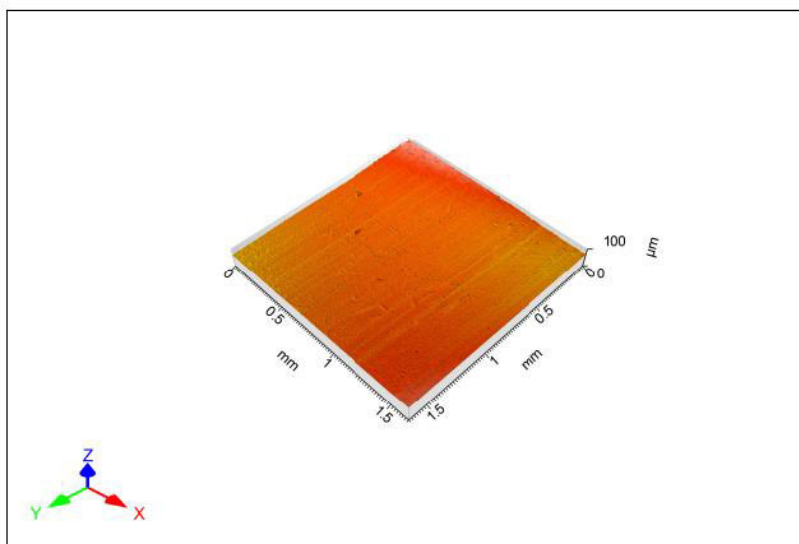
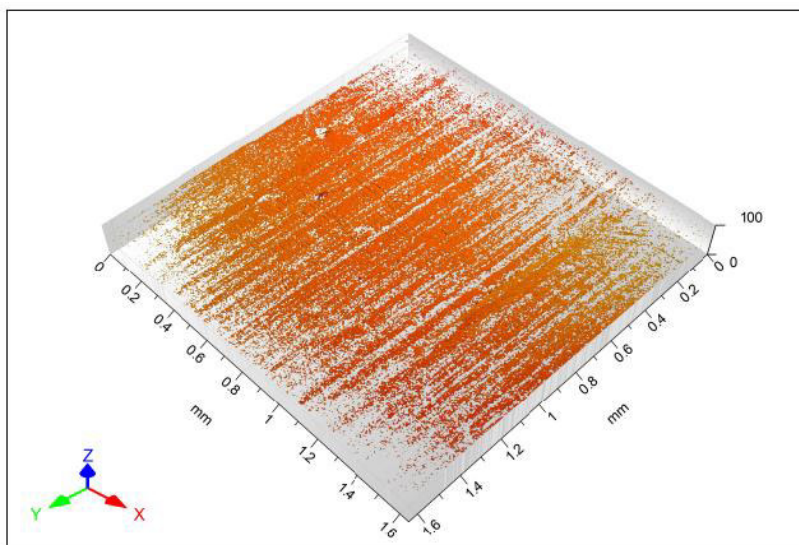


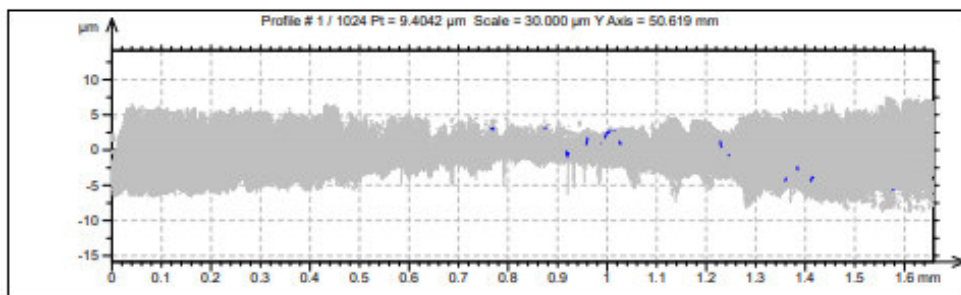
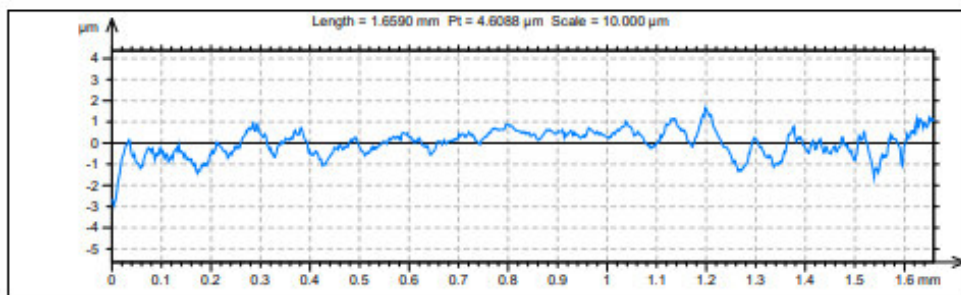
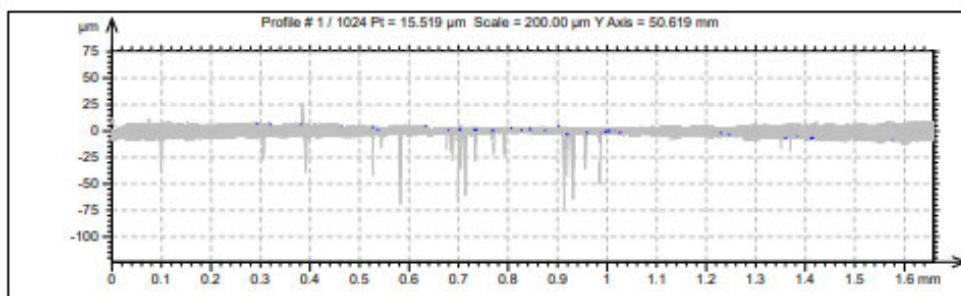
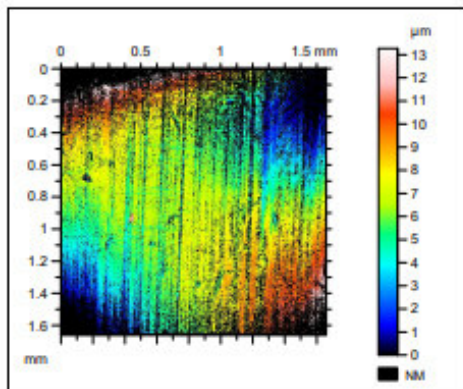
ISO 25178		
Height Parameters		
Sq	2.1793	µm
Sk	-0.014077	
Sku	3.4047	
Sp	6.6731	µm
Sv	6.6538	µm
Sz	13.327	µm
Sa	1.6542	µm
Functional Parameters		
Smr	0.74527	%
Smc	-446.65	µm
Sxp	4.6046	µm
Spatial Parameters		
Sal	0.23314	mm
Str	0.75557	
Std	86.752	°
Hybrid Parameters		
Sdq	*****	
Sdr	*****	%
Functional Parameters (Volume)		
Vm	0.00013856	mm ³ /mm ²
Vv	0.0027398	mm ³ /mm ²
Vmp	0.00013856	mm ³ /mm ²
Vmc	0.0017983	mm ³ /mm ²
Vvc	0.0024464	mm ³ /mm ²
Vvv	0.00029339	mm ³ /mm ²
Feature Parameters		
Spd	246.06	1/mm ²
Spc	310.93	1/mm
S10z	9.6532	µm
S5p	4.2314	µm
S5v	5.4218	µm
Sda	0.00021196	mm ²
Sha	0.00028387	mm ²
Sdv	2.6284e-008	mm ³
Shv	2.7866e-008	mm ³
Functional Parameters (Stratified surface)		
Sk	1.3754	µm
Spk	0.52728	µm
Svk	1.6644	µm
Smr1	6.8515	%
Smr2	84.602	%
Spq	0.49040	
Svn	2.3149	
Svq	2.0145	
Smq	88.839	

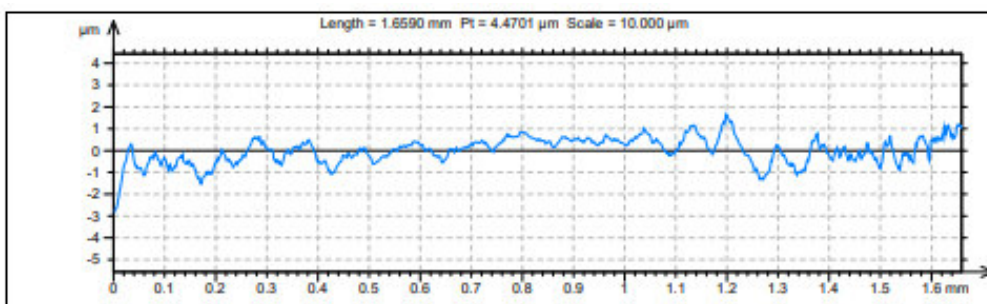


Identity card	
Name:	D6_10x_00002
Measured by:	TalysurfCCI L10xZ1B1S1F5Hpk
Filename:	C:\CCI Data\ALP.2022_11_03_zapadniKD6_10x_00002.sur
Created on:	11/3/2022 9:39:05 AM
Axis: X	
Length:	1.6590 mm
Size:	1024 points
Spacing:	1.6217 μm
Offset:	50.001 mm
Axis: Y	
Length:	1.6584 mm
Size:	1024 lines
Spacing:	1.6211 μm
Offset:	50.619 mm
Axis: Z	
Length:	115.26 μm
Z min:	28621 μm
Z max:	28736 μm
Size:	11525595 digits
Spacing:	0.01000 nm
NMP ratio:	35.130 % (368365 Pts)
CCI Parameters :	
Lens :-	10x (WD 7.4 mm)
Field of View :-	1.661 mm (Zoom x1)
XY Resolution :-	1.62 μm (XY mode)
Height (Meas Range) :-	115.26 μm (134.2 μm)
Scan Speed :-	x1
Surface Nature :-	SingleSurface (Green LED)
Surface Texture :-	Rough
Levelling :-	Off
Threshold Filter :-	None
Data Fill :-	Off
Segmentation :-	Off

ISO 25178		
Height Parameters		
Sq	2.3015	μm
Ssk	-0.26932	
Sku	11.883	
Sp	26.098	μm
Sv	73.963	μm
Sz	100.06	μm
Sa	1.6770	μm
Functional Parameters		
Smr	0.00014701	%
Smc	-397.41	μm
Sxp	5.0071	μm
Spatial Parameters		
Sal	0.20638	mm
Str	0.67199	
Std	87.734	°
Hybrid Parameters		
Sdq	*****	
Sdr	*****	%
Functional Parameters (Volume)		
Vm	0.00013899	mm ³ /mm ²
Vv	0.0029189	mm ³ /mm ²
Vmp	0.00013899	mm ³ /mm ²
Vmc	0.0017598	mm ³ /mm ²
Vvc	0.0025769	mm ³ /mm ²
Vvv	0.00034204	mm ³ /mm ²
Feature Parameters		
Spd	51.611	1/mm ²
Spc	295.25	1/mm
S10z	79.236	μm
S5p	11.915	μm
S5v	67.321	μm
Sda	0.00011528	mm ²
Sha	9.7232e-005	mm ²
Sdv	3.5033e-008	mm ³
Shv	5.0699e-008	mm ³
Functional Parameters (Stratified surface:		
Sk	1.3845	μm
Spk	0.62190	μm
Svk	1.7253	μm
Smr1	6.6425	%
Smr2	81.192	%
Spq	*****	
Svq	*****	
Smq	*****	

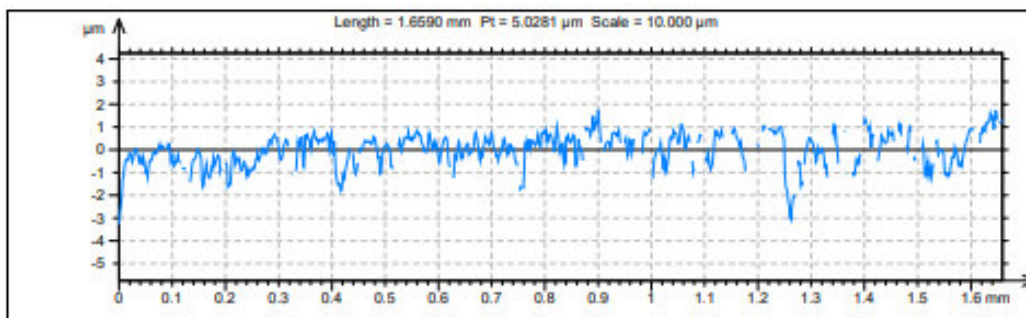




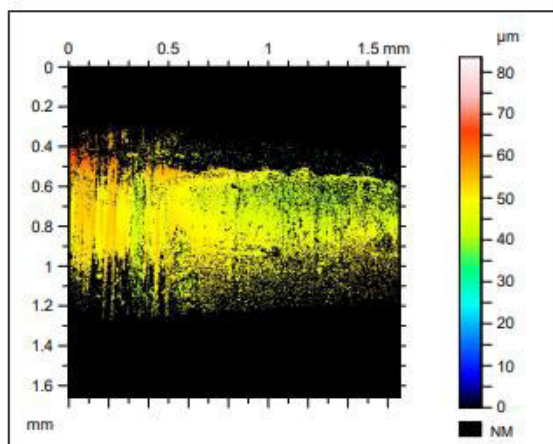
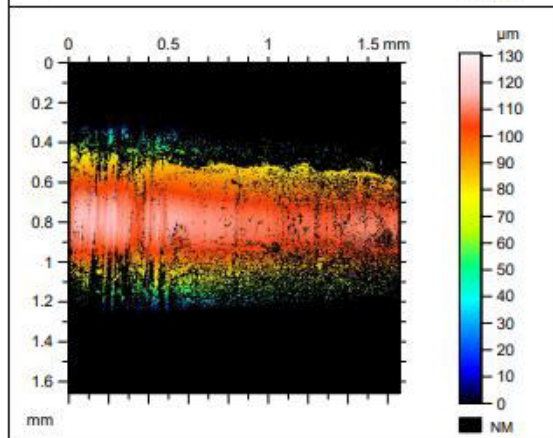
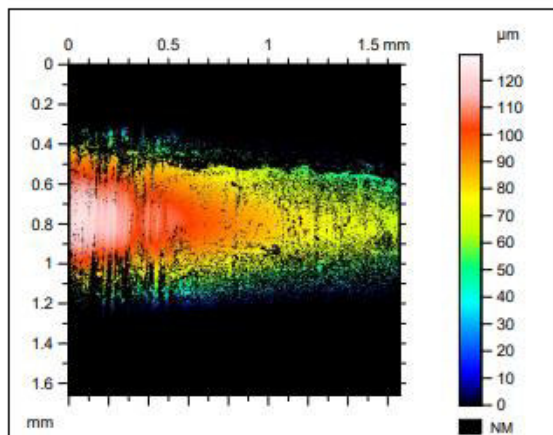


ISO 25178		
Height Parameters		
Sq	2.1578	μm
Ssk	-0.069608	
Sku	3.5267	
Sp	7.0495	μm
Sv	6.2237	μm
Sz	13.273	μm
Sa	1.6144	μm
Functional Parameters		
Smr	0.55048	%
Smc	-397.51	μm
Sxp	4.8219	μm
Spatial Parameters		
Sal	0.21763	mm
Str	0.72625	
Std	87.736	°
Hybrid Parameters		
Sdq	*****	
Sdr	*****	%
Functional Parameters (Volume)		
Vm	0.00012284	mm ³ /mm ²
Vv	0.0028017	mm ³ /mm ²
Vmp	0.00012284	mm ³ /mm ²
Vmc	0.0017559	mm ³ /mm ²
Vvc	0.002489	mm ³ /mm ²
Vvv	0.00031275	mm ³ /mm ²
Feature Parameters		
Spd	361.64	1/mm ²
Spc	295.52	1/mm
S10z	11.477	μm
S5p	4.6283	μm
S5v	6.8483	μm
Sda	0.00022155	mm ²
Sha	0.00029107	mm ²
Sdv	2.9505e-008	mm ³
Shv	3.4065e-008	mm ³
Functional Parameters (Stratified surface)		
Sk	1.4654	μm
Spk	0.54527	μm
Skv	1.0555	μm
Smr1	7.0675	%
Smr2	83.968	%
Spq	*****	
Svp	*****	
Svq	*****	
Smq	*****	

ISO 4287		
Amplitude parameters - Roughness profile		
Rp	1.2244	μm Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rv	1.7320	μm Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rz	2.9564	μm Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rc	1.1608	μm Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rt	3.6193	μm Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Ra	0.33315	μm Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rq	0.45478	μm Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rsk	-0.72435	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rku	5.4884	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Spacing parameters - Roughness profile		
RSm	0.058621	mm Gaussian filter, 0.25 mm, End-effects managed
Amplitude parameters - Primary profile		
Pp	1.6725	μm
Pv	2.7976	μm
Pz	4.4701	μm
Pc	1.4013	μm
Pt	4.4701	μm
Pa	0.47653	μm
Pq	0.60109	μm
Psk	-0.63231	
Pku	4.4912	

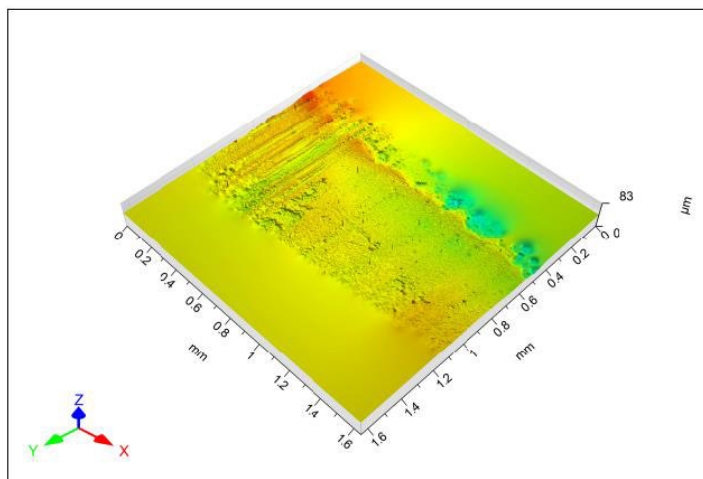
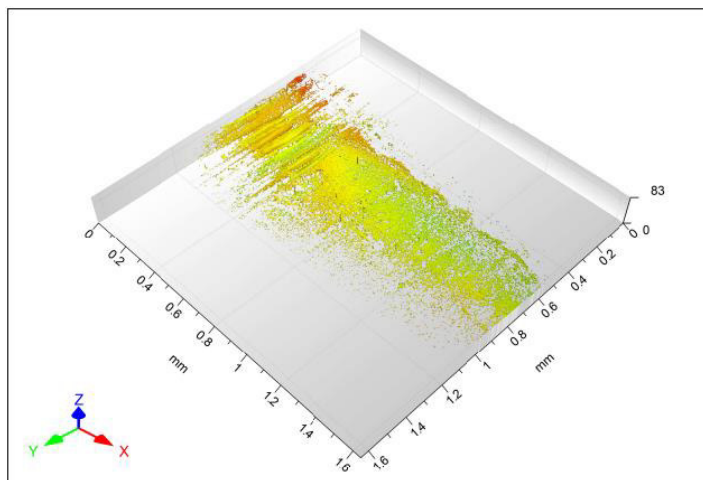


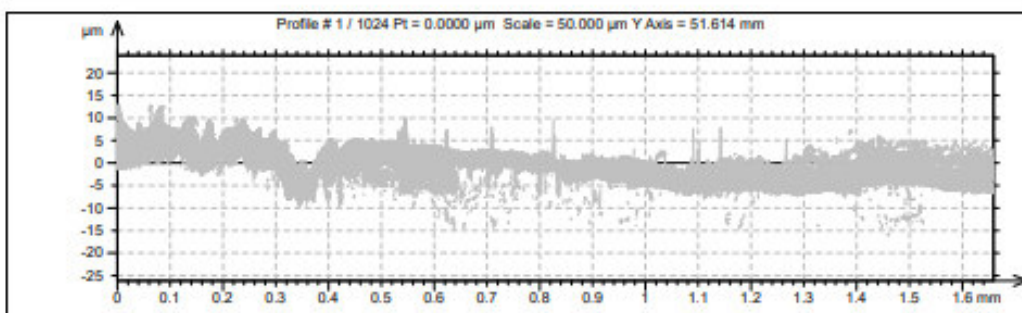
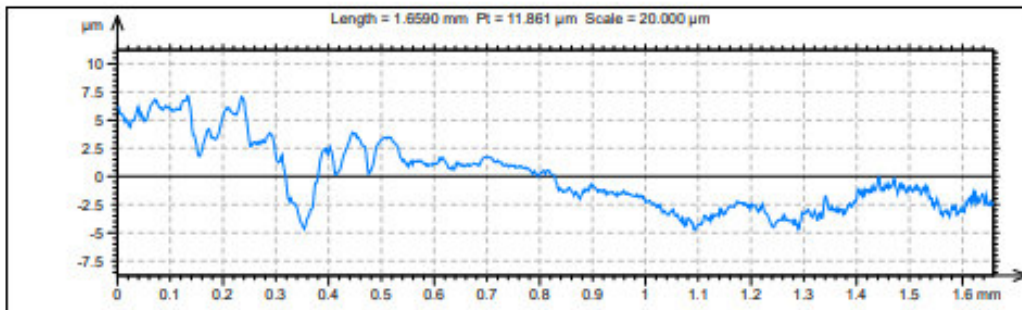
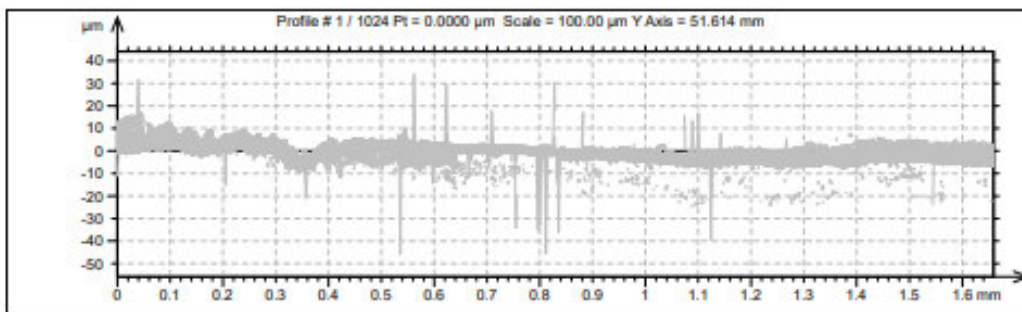
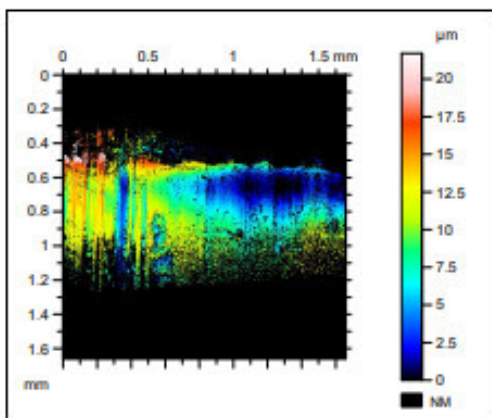
ISO 4287			
Amplitude parameters - Roughness profile			
Rp	1.1508	µm	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rv	2.7877	µm	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rz	3.9385	µm	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rc	1.4152	µm	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rt	4.3970	µm	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Ra	0.49162	µm	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rq	0.64440	µm	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rsk	-1.205		Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rku	4.7760		Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Spacing parameters - Roughness profile			
RSm	0.033975	mm	Gaussian filter, 0.25 mm, End-effects managed
Amplitude parameters - Primary profile			
Pp	1.7607	µm	
Pv	3.2674	µm	
Pz	5.0281	µm	
Pc	1.5855	µm	
Pt	5.0281	µm	
Pa	0.56667	µm	
Pq	0.72007	µm	
Psk	-0.78724		
Pku	4.2228		

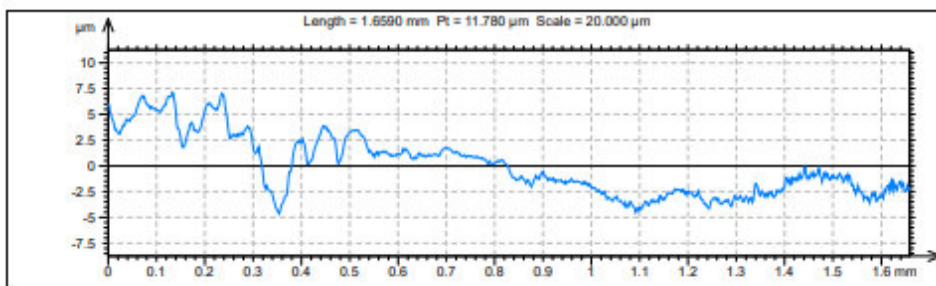


Identity card	
Name:	D6_10x_00003
Measured by:	TalysurfCCI L10xZ1B1S1F5Hpk
Filename:	C:\CCI Data\ALP2022_11_03_zapalniKD6_10x_00003.sur
Created on:	11/3/2022 9:51:57 AM
Axis: X	
Length:	1.6590 mm
Size:	1024 points
Spacing:	1.6217 µm
Offset:	50.001 mm
Axis: Y	
Length:	1.6584 mm
Size:	1024 lines
Spacing:	1.6211 µm
Offset:	51.614 mm
Axis: Z	
Length:	129.47 µm
Z min:	26404 µm
Z max:	26533 µm
Size:	12946702 digits
Spacing:	0.01000 nm
NMP ratio:	73.700 % (772799 Pts)
CCI Parameters :	
Lens :-	10x (WD 7.4 mm)
Field of View :-	1.661 mm (Zoom x1)
XY Resolution :-	1.62 µm (XY mode)
Height (Meas Range) :	129.47 µm (155.3 µm)
Scan Speed :-	x1
Surface Nature :-	SingleSurface (Green LED)
Surface Texture :-	Rough
Levelling :-	Off
Threshold Filter :-	None
Data Fill :-	Off
Segmentation :-	Off

ISO 25178		
Height Parameters		
Sq	4.0186	μm
Ssk	0.16246	
Sku	4.1662	
Sp	35.379	μm
Sv	48.157	μm
Sz	83.536	μm
Sa	3.1581	μm
Functional Parameters		
Smr	0.00036261	%
Smc	-1360.2	μm
Sxp	7.7698	μm
Spatial Parameters		
Sal	0.50026	mm
Str	0.53374	
Std	87.760	*
Hybrid Parameters		
Sdq	*****	
Sdr	*****	%
Functional Parameters (Volume)		
Vm	0.0002365	mm ³ /mm ²
Vv	0.0049511	mm ³ /mm ²
Vmp	0.0002365	mm ³ /mm ²
Vmc	0.0036721	mm ³ /mm ²
Vvc	0.0045135	mm ³ /mm ²
Vvv	0.00043764	mm ³ /mm ²
Feature Parameters		
Spd	32.711	1/mm ²
Spc	1109.2	1/mm
S10z	68.654	μm
S5p	28.598	μm
S5v	40.056	μm
Sda	0.00021314	mm ²
Sha	0.00022253	mm ²
Sdv	1.3644e-007	mm ³
Shv	1.232e-007	mm ³
Functional Parameters (Stratified surface:		
Sk	4.6177	μm
Spk	3.6346	μm
Svk	2.4725	μm
Smr1	12.419	%
Smr2	90.318	%
Spq	*****	
Svq	*****	
Smq	*****	

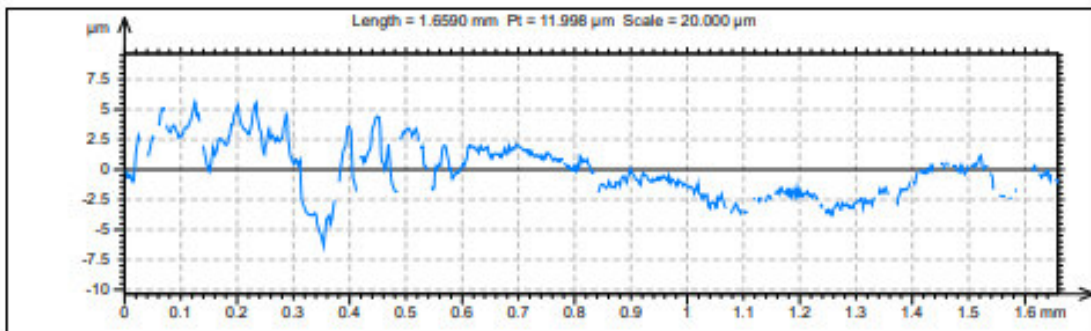




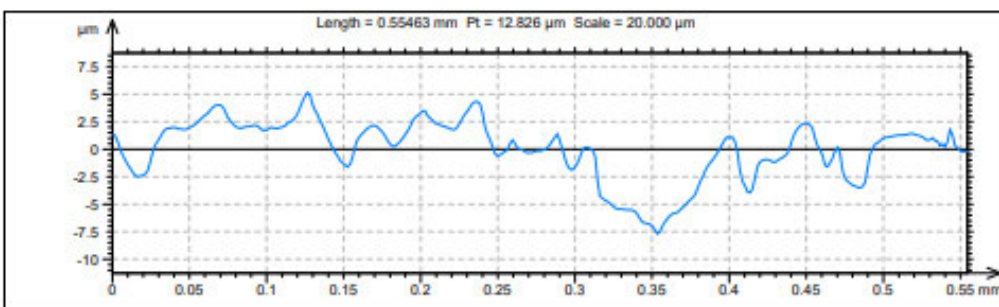
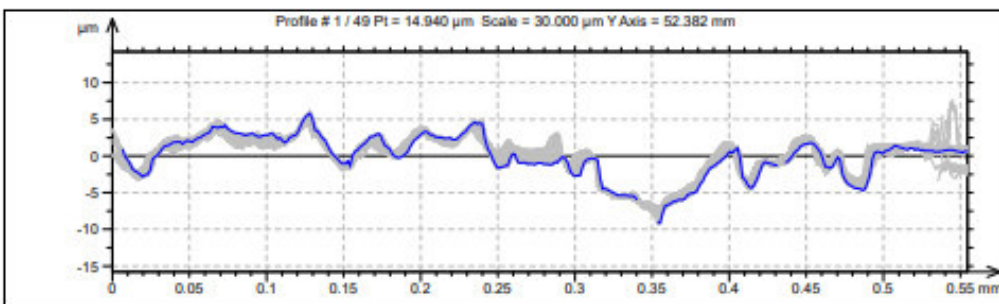
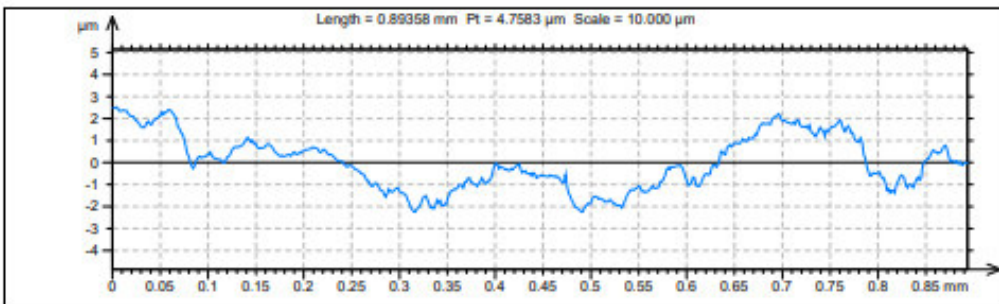
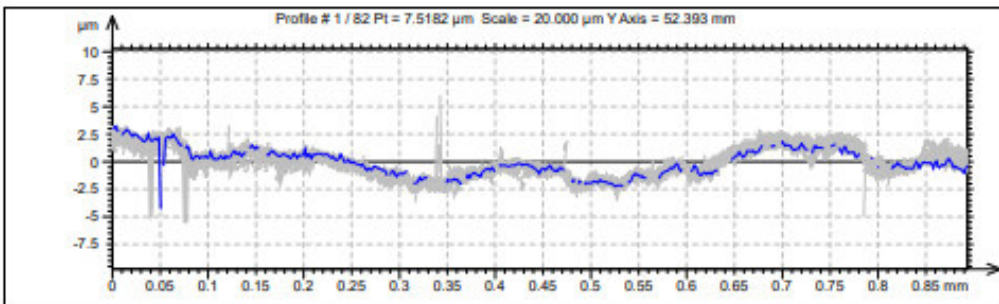


ISO 25178		
Height Parameters		
Sq	3.7962	µm
Ssk	0.068044	
Sku	2.8941	
Sp	13.151	µm
Sv	8.5496	µm
Sz	21.700	µm
Sa	3.0564	µm
Functional Parameters		
Smr	0.19881	%
Smc	-1360.3	µm
Sxp	7.5991	µm
Spatial Parameters		
Sal	0.28927	mm
Str	0.59974	
Std	87.761	°
Hybrid Parameters		
Sdq	*****	
Sdr	*****	%
Functional Parameters (Volume)		
Vm	0.00019805	mm ³ /mm ²
Vv	0.0048116	mm ³ /mm ²
Vmp	0.00019805	mm ³ /mm ²
Vmc	0.0036415	mm ³ /mm ²
Vvc	0.0044062	mm ³ /mm ²
Vvv	0.00040542	mm ³ /mm ²
Feature Parameters		
Spd	53.428	1/mm ²
Spc	397.14	1/mm
S10z	18.195	µm
S5p	10.970	µm
S5v	7.2254	µm
Sda	0.00021551	mm ²
Sha	0.00021668	mm ²
Sdv	3.2781e-008	mm ²
Shv	4.7556e-008	mm ²
Functional Parameters (Stratified surface)		
Sk	4.6074	µm
Spk	2.6773	µm
Svk	1.8717	µm
Smr1	10.082	%
Smr2	86.983	%
Spq	*****	
Smq	*****	

ISO 4287		
Amplitude parameters - Roughness profile		
Rp	2.9234	µm Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rv	4.2613	µm Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rz	7.1847	µm Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rc	2.4786	µm Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rt	10.560	µm Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Ra	0.92938	µm Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rq	1.2854	µm Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rsk	-0.78249	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rku	4.0273	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Spacing parameters - Roughness profile		
RSm	0.073514	mm Gaussian filter, 0.25 mm, End-effects managed
Amplitude parameters - Primary profile		
Pp	7.1332	µm
Pv	4.6469	µm
Pz	11.780	µm
Pc	*****	µm
Pt	11.780	µm
Pa	2.5071	µm
Pq	2.9285	µm
Psk	0.58164	
Pku	2.3290	



ISO 4287			
Amplitude parameters - Roughness profile			
Rp	2.8849	µm	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rv	4.5505	µm	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rz	7.4354	µm	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rc	3.1864	µm	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rt	11.113	µm	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Ra	1.1406	µm	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rq	1.4624	µm	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rsk	-0.7499		Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rku	3.2241		Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Spacing parameters - Roughness profile			
RSm	0.070288	mm	Gaussian filter, 0.25 mm, End-effects managed
Amplitude parameters - Primary profile			
Pp	5.6408	µm	
Pv	6.3569	µm	
Pz	11.998	µm	
Pc	5.2682	µm	
Pt	11.998	µm	
Pa	1.8707	µm	
Pq	2.2735	µm	
Psk	0.16271		
Pku	2.4411		



ISO 4287			
Amplitude parameters - Roughness profile			
Rp	2.0443	µm	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rv	1.7215	µm	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rz	3.7658	µm	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rc	2.5880	µm	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rt	3.7658	µm	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Ra	0.76190	µm	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rq	0.91702	µm	Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rsk	0.35018		Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Rku	2.1231		Gaussian filter, 0.8 mm, End-effects managed
Spacing parameters - Roughness profile			
RSm	0.096926	mm	Gaussian filter, 0.25 mm, End-effects managed
Amplitude parameters - Primary profile			
Pp	2.5187	µm	
Pv	2.2396	µm	
Pz	4.7583	µm	
Pc	4.1753	µm	
Pt	4.7583	µm	
Pa	1.0237	µm	
Pq	1.2190	µm	
Psk	0.19653		
Plu	2.0934		

ISO 4287			
Amplitude parameters - Roughness profile			
Rp	3.3027	µm	Gaussian filter, 0.25 mm, End-effects managed
Rv	3.8555	µm	Gaussian filter, 0.25 mm, End-effects managed
Rz	7.1582	µm	Gaussian filter, 0.25 mm, End-effects managed
Rc	4.5669	µm	Gaussian filter, 0.25 mm, End-effects managed
Rt	7.7258	µm	Gaussian filter, 0.25 mm, End-effects managed
Ra	1.4094	µm	Gaussian filter, 0.25 mm, End-effects managed
Rq	1.7722	µm	Gaussian filter, 0.25 mm, End-effects managed
Rsk	-0.30331		Gaussian filter, 0.25 mm, End-effects managed
Rku	2.4633		Gaussian filter, 0.25 mm, End-effects managed
Spacing parameters - Roughness profile			
RSm	0.051855	mm	Gaussian filter, 0.25 mm, End-effects managed
Amplitude parameters - Primary profile			
Pp	5.1488	µm	
Pv	7.6767	µm	
Pz	12.826	µm	
Pc	5.6204	µm	
Pt	12.826	µm	
Pa	2.1067	µm	
Pq	2.7151	µm	
Psk	-0.8793		
Plu	3.2574		

Obrázek nenalezen	Program: 2022_11_10_Blazek						10.11.2022 9:30:35
	Jednotky: mm, deg						
⊕ Kruh 3body_VČ Průměr	Skutečný 6.4792	Nominální 6.5000	Horní tol. 0.0000	Dolní tol. -0.0500	Odch/Nom -0.0208	Mimo/Tol	
⊕ Kruh MKV_O Průměr	Skutečný 3.0078	Nominální 2.9000	Horní tol. 0.2000	Dolní tol. 0.0000	Odch/Nom 0.1078	Mimo/Tol	
⊕ Kruh MKO_Č Průměr	Skutečný 2.4683	Nominální 2.5000	Horní tol. 0.0000	Dolní tol. -0.1000	Odch/Nom -0.0317	Mimo/Tol	
↔ Vzdálenost G_O_v Vzdálenost XY	Skutečný 2.6870	Nominální 2.7000	Horní tol. 0.1000	Dolní tol. -0.1000	Odch/Nom 0.0130	Mimo/Tol	
↔ Vzdálenost G_O_v Vzdálenost XY	Skutečný 1.3945	Nominální 1.4000	Horní tol. 0.0500	Dolní tol. -0.0500	Odch/Nom -0.0055	Mimo/Tol	
↔ Vzdálenost G_Č_v Vzdálenost XY	Skutečný 1.2925	Nominální 1.3000	Horní tol. 0.0500	Dolní tol. -0.0500	Odch/Nom -0.0075	Mimo/Tol	

**Soustružení
s obrobenými čelistmi,
část jedna**

N10 G90
N20 G95 G71 ; Posuv v
milimetrech na otáčku,
míry v milimetrech
N30 G96 ; Konstantní
řezná rychlost
N45 G0 X10 Z10
N50 T1 ; Hrubovat
N60 M6
N70 G0 X9 Z1
N80 M1=3 S1=295
N90 LIMS=15000
N100 M8
N110 G0 X6.8
N120 G1 Z-3.8 F0.13
N130 G1 X7
N140 G1 Z-12 F0.14
N150 G1 X9
N160 G0 Z1
N170 G0 X5.4
N180 G1 Z-3.8 F0.15
N190 G1 X9
N200 G0 Z1
N210 G0 X4
N230 G1 Z-3.8
N240 G1 X9
N250 M9
N260 G0 X10 Z10
N270 T3 ; Dokončit
N280 M6
N290 G0 X-0.52 Z1,5 M8
N300 M3 S260
N310 G1 Z0 F0.05
N320 G1 X3
N330 G1 Z-4
N340 G1 X6.475
N350 G1 Z-11.9
N360 G1 X9
N375 M9
N380 G0 X10 Z10
N390 T4 ; Srazit hranu
N400 M6
N410 M1=3 S1=260
N420 M8
N430 G0 X7.275 Z-8.15

N440 G1 X5.775 F0.1
N450 G1 X7.275
N460 M9
N470 G0 X10 Z10
N480 T5 ; Upíchnout
N490 M6
N500 M1=3 S280
N510 G0 X9 Z-10.5
N520 M8
N530 G1 X0 F0.1
N540 G1 X9
N550 M9
N560 M1=5
N570 G0 X10 Z10
N580 M30 ; Konec první
části

**Soustružení
s obrobenými čelistmi,
část dva**

N10 G90
N20 G95 G71 ; Posuv v
milimetrech na otáčku,
míry v milimetrech
N30 G97 ; Otáčky za
minutu
N40 G0 X10 Z10
N45 T10 ; Vyvrtat
N50 M6
N60 M2=3 S2=8000
N70 G0 X2.7 Z1
N75 M8
N80 G1 Z-4.5 F0.09
N90 G1 Z1
N95 M9 M2=5
N100 G0 X10 Z10
N105 T1 ; Hrubovat
N110 M6
N120 G96 ; Konstantní
řezná rychlost
LIMS=15000
N130 G0 X10.1 Z1
N140 M1=3 S1=355
N150 G0 X7.98
N155 M8
N160 G1 Z-2.3 F0.12
N170 G1 X10.1
N180 G0 Z1 X7.98
N190 G0 X6.86

N210 G1 Z-2.3
N220 G1 X10.1
N230 G0 Z1 X6.86
N240 G0 X5.74
N260 G1 Z-2.3
N270 G1 X10.1
N280 G0 Z1 X5.74
N290 G0 X4.62
N310 G1 Z-2.3
N320 G1 X10.1
N330 G0 Z1 X4.62
N340 G0 X3.5
N350 G1 Z-2.3 F0.13
N360 G1 X10.1
N370 M9
N380 G0 X10 Z10
N385 T3 ; Dokončit
N390 M6
N400 G0 X-0.52 Z1
N410 M1=3 S1=260
N415 M8
N418 G41
N420 G1 Z0 F0.05
N430 G1 X1.45
N440 G1 X2.45 Z0.5
N450 G1 Z-2.5
N460 G1 X10.1 G40
N465 M9
N468 M1=5
N470 G0 X10 Z10
N480 M30

**Soustružení s okružním
frézováním, část jedna**

N10 G90
N20 G95 G71 ; Posuv v
milimetrech na otáčku,
míry v milimetrech
N30 G96 ; Konstantní
řezná rychlost
N50 G0 X30 Z30
N60 T1 ; Hrubovat
N65 M6
N70 G0 X9 Z1
N80 M1=3 S1=295
N85 LIMS=4700
N90 G0 X6.8
N95 M8
N100 G1 Z-3.8 F0.13

N110 G1 X7
 N120 G1 Z-12 F0.14
 N130 G1 X9
 N140 G0 Z1
 N150 G0 X5.4
 N160 G1 Z-3.8 F0.15
 N170 G1 X9
 N180 G0 Z1
 N190 G0 X4
 N200 G1 Z-3.8
 N210 G1 X9
 N220 M9
 N230 G0 X30 Z30
 N240 M6 T3 ; Dokončit
 N250 G0 X-0.52 Z1
 N260 M1=3 S1=260
 N265 M8
 N270 G1 Z0 F0.05
 N280 G1 X3
 N290 G1 Z-4
 N300 G1 X6.475
 N310 G1 Z-11.8
 N320 G1 X9
 N325 M9
 N330 G0 X30 Z30
 N340 T4 ; Srazit hranu
 N350 M6
 N360 M1=3 S1=260
 N365 M8
 N370 G0 X7.275 Z-8.15
 N380 G1 X5.775 F0.1
 N390 G1 X7.275
 N395 M9
 N400 G0 X10 Z10
 N410 T5 ; Přijet druhým
 vřetenem a upíchnout
 N420 M6
 N430 M1=3 S1=280
 N440 G0 X9 Z-10.5
 N450 M8
 N460 G1 X0 F0.1
 N470 G1 X9
 N480 M9
 N490 M1=5
 N500 G0 X30 Z30
 N510 M30 ; Konec první
 části

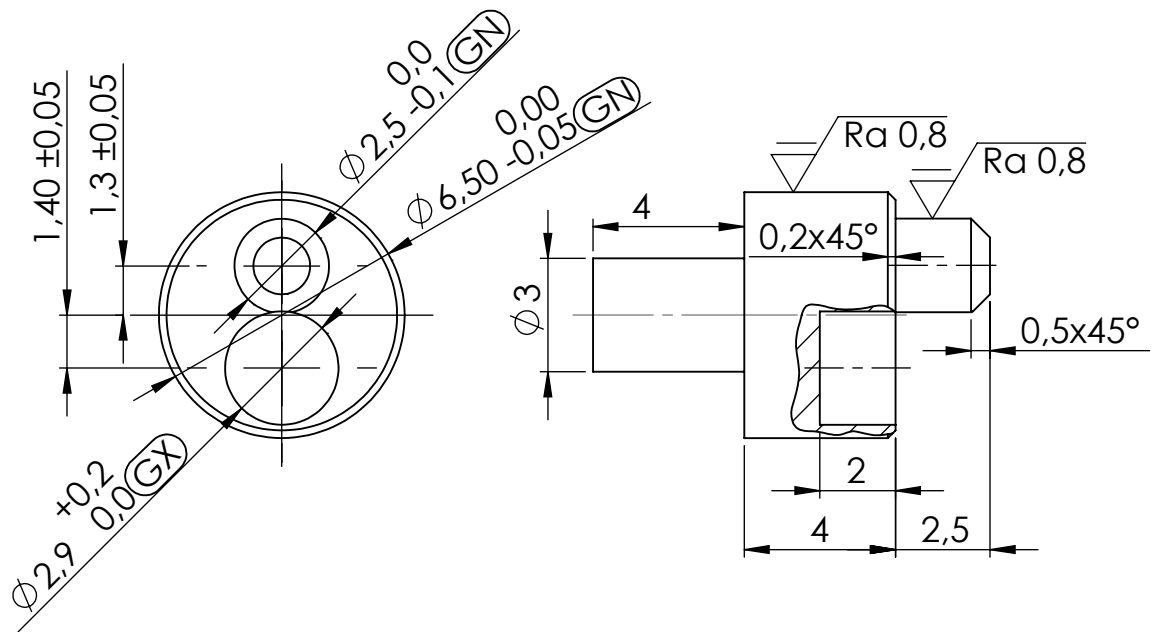
**Soustružení s okružním
 frézováním, část dva**
 N10 G90
 N20 G0 X30 Y30 Z30
 N30 G94 G71 ; Posuv v
 milimetrech za minutu,
 míry v milimetrech
 N40 G97 ; Otáčky za
 minutu
 N50 G55 ;
 N55 T="DRILL 3" ;
 Vyvrtat
 N60 M6
 N70 M3 S6000
 N80 G0 Y1.4 Z1.5
 N90 M8
 N100 G1 Z-4.5 F0.09
 N110 G1 Z1
 N120 M9
 N130 M5
 N140 G0 X30 Y30 Z30
 N145 T="CUTTER 6" ;
 Hrubovat
 N150 M6
 N160 G0 X6 Y-5.3 Z1
 N170 M3 S6000
 N180 G94
 N190 M8
 N200 G1 Z-2.3 F480
 N210 G1 Y-1.3
 N220 G3 X-6 Y-1.3 I-6 J0
 N230 G1 X-4.5 Y-1.3
 F720
 N240 G3 X4.5 Y-1.3 I4.5
 J0
 N250 G3 X-4.5 Y-1.3 I-
 4.5 J0
 N260 G1 X-7
 N270 M8
 N280 M5
 N290 G0 Z1
 N300 G0 X20 Y20 Z20
 N305 T="CUTTER 7" ;
 Dokončit
 N310 M6
 N320 G0 X4.225 Y-7.7
 Z1

N330 M3 S6000
 N340 M7
 N350 G1 Z-2.5 F816
 N360 G1 Y-1.3
 N370 G3 X-4.225 Y-1.3
 I-4.225 J0
 N380 G3 X4.225 Y-1.3
 I4.225 J0
 N390 G1 Y6
 N400 M8
 N410 M5
 N420 G0 Z1
 N430 G0 X30 Y30 Z30
 N440 T="CUTTER 8" ;
 Zkosit hranu
 N450 M6
 N460 G0 X6.725 Y-7 Z1
 N470 M3 S6000
 N480 M7
 N490 G1 Z-1 F240
 N500 G1 Y-1.3
 N510 G3 X-6.725 Y-1.3
 I-6.725 J-1.3
 N520 G3 X6.725 Y-1.3
 I6.725 J-1.3
 N530 G1 Y6.725
 N540 G1 Z1
 N550 M8
 N560 M5
 N570 G0 X30 Y30 Z30
 N580 M30
**Soustružení s lisováním,
 část jedna**
 N10 G90
 N20 G95 G71 ; Posuv v
 milimetrech na otáčku,
 míry v milimetrech
 N30 G96 ; Konstantní
 řezná rychlost
 N45 G0 X10 Z10
 N50 T1 ; Hrubovat
 N60 M6
 N70 G0 X9 Z1
 N80 M1=3 S1=295
 N82 LIMS=15000

N85 M8
N90 G0 X6.8
N100 G1 Z-3.8 F0.13
N110 G1 X7
N120 G1 Z-9.5 F0.14
N130 G1 X9
N140 G0 Z1
N150 G0 X5.4
N160 G1 Z-3.8 F0.15
N170 G1 X9
N180 G0 Z1
N190 G0 X4
N200 G1 Z-3.8
N210 G1 X9
N220 M9
N230 G0 X10 Z10
N235 T3 ; Dokončit
N240 M6
N250 G0 X-0.52 Z1 M8
N260 M1=3 S1=260
N270 G1 Z0 F0.05
N280 G1 X3
N290 G1 Z-4
N300 G1 X6.475
N310 G1 Z-9.4
N320 G1 X9
N325 M9
N330 G0 X10 Z10
N340 T4 ; Srazit hranu
N350 M6
N360 M1=3 S1=260
N365 M8
N370 G0 X7.275 Z-8.15
N380 G1 X5.775 F0.1
N390 G1 X7.275
N395 M9
N400 G0 X10 Z10
N335 T5 ; Upíchnout
N340 M6
N350 M1=3 S1=280
N380 G0 X9 Z-8
N385 M8

N390 G1 X0 F0.1
N400 G1 X9
N405 M9
N410 M1=5
N420 G0 X10 Z10
N430 M30 ; Konec první
části
**Soustružení s lisováním,
část dva**
N10 G90
N20 G95 G71 ; Posuv v
milimetrech na otáčku,
míry v milimetrech
N30 G97 ; Otáčky za
minutu
N35 G54
N40 G0 X10 Z10
N45 T10
N50 M6
N60 G0 X2.8 Z1
N70 M2=3 S2=8000
N80 M8
N90 G1 Z-2 F0.09
N100 G1 Z1
N110 M9
N120 M2=5
N130 G0 X10 Z10
N135 T11 ; Druhá díra
Změnit číslo nástroje
N140 M6
N150 G0 X-2.6 Z1
N160 M2=3 S2=8000
N170 M8
N180 G1 Z-2 F0.02
N190 G1 Z1
N200 M9
N210 M2=5
N220 G0 X10 Z10
N45 T12 ; Odjehlít,
zkontrolovat délku
záhlubníku
N50 M6
N60 G0 X2.8 Z1

N70 M2=3 S2=3713
N80 M8
N90 G1 Z-1.6 F0.02
N100 G1 Z1
N150 G0 X-2.6
N160 M2=3 S2=4456
N180 G1 Z-1.1 F0.02
N190 G1 Z1
N200 M9
N210 M5
N220 G0 X10 Z10
N230 M30 ; Konec první
části
**Soustružení s lisováním,
složené nástroje, část
dva**
N10 G90
N20 G95 G71 ; Posuv v
milimetrech na otáčku,
míry v milimetrech
N30 G97 ; Otáčky za
minutu
N40 G0 X10 Z10
N45 T10
N50 M6
N60 G0 X2.8 Z1
N70 M2=3 S2=8000
N80 M8
N90 G1 Z-2 F0.09
N100 G1 Z1
N110 M9
N120 M2=5
N130 G0 X10 Z10
N135 T11 ; Druhá díra
Změnit číslo nástroje
N140 M6
N150 G0 X-2.6 Z1
N160 M2=3 S2=8000
N170 M8
N180 G1 Z-2 F0.02
N190 G1 Z1
N200 M9
N210 M2=5
N220 G0 X10 Z10
N230 M30 ; Konec první
části



ČERNIT

Struktura povrchu $Ra 1,6$ ($Ra 0,8$)	Hrany $R0,3$ $R0,3$ 	Měřítko 5:1	Přesnost ISO 2768-mK
			Tolerování ISO 8815
			Promítání
Materiál 11 600	Polotovár $\varnothing 8 \times 2000$	Hmotnost 0,00124	Chráněno podle ISO 16016
	Druh dokumentu VÝKRES SOUČÁSTI	Název ZÁPALNÍK	
	Kreslil DAVID BLAŽEK		
	Schválil	Číslo dokumentu 2023-DP-258429-01	
	Datum vydání 26.5.2023		
			List/1