VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH A ZAVEDENÍ NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ KE ZVÝŠENÍ EFEKTIVITY VÝROBY CP3

PROPOSAL AND IMPLEMENTATION OF IMPROVEMENT ACTION TO INCREASE PRODUCTION EFFICIENCY CP3

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE — **Bc. Marek Novák**
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — **prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.**
SUPERVISOR

BRNO 2016

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	**Bc. Marek Novák**
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	**prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.**
Akademický rok:	2015/16

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:

Návrh a zavedení nápravných opatření ke zvýšení efektivity výroby CP3

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Michel Precizní Technika v současné době přesouvá výrobu ze Švýcarska do České Republiky. Při soustružení výrobku CP3 Ventilplatte na strojích TORNOS dochází k nevyužití celkového strojního času, který je k dispozici. V práci bude nutno zjistit příčiny, které vedou k poklesu efektivity výroby a eliminovat je na minimum vhodně zvolenými nápravnými opatřeními. Mj. při procesu obrábění dochází k vnějším vlivům různých materiálových šarží, které mají negativní vliv na proces.

Cíle diplomové práce:

Cíle práce
- Analyzovat a odhalit zdroje vedoucí ke snížení efektivity
- Návrh opatření ke zvýšení efektivity výroby
- Aplikace nápravných opatření

Osnova:
Úvod
Obecné seznámení se společností Michel – Precizní Technika
1. Přehled vyráběných dílů na stroji TORNOS
2. Popis výrobního stroje TORNOS MultiDECO20/6 a příslušenství
3. Sběr dat a sledování procesu obrábění
4. Vyhodnocení získaných dat
5. Návrh ke zlepšení procesu
6. Diskuze, vyhodnocení zlepšení efektivity strojů
7. Závěry

Seznam literatury:

Imai, M. (2004): Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku. Computer Press, Brno.

OEE for operators: overall equipment effectiveness. Or.: Productivity, Portland, 1999.

Hansen, R. C. (2002): Overall equipment effectiveness: a powerful production/maintenance tool for increased profits. NY: Industrial Press, New York.

Nakajima, S. (1988): Introduction to TPM: total productive maintenance. Mass.: Productivity Press, Cambridge.

Leanproduction: Your online resouce for Lean-Based information and tool. Leanproduction: Your online resouce for Lean-Based information and tool [online]. Itasca, IL USA: Vorne Industries Inc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 30. 11. 2015

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ DĚKANÁT

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce bylo zvýšení efektivity výrobních strojů TORNOS MultiDECO 20/6, které jsou svou konstrukcí v České republice stále ojedinělé. Na základě získaných dat při analýze procesu bylo zjištěno několik oblastí, kde lze docílit zvýšení efektivity strojů. Pro zlepšení bylo uvedeno do praxe několik drobných vylepšení na stroji. Dalším krokem bylo zjištění příčin zvýšené spotřeby nástrojů a návrhu k jejich snížení.

Klíčová slova

Efektivita, zvýšení, analýza, TORNOS MultiDECO 20/6 .

ABSTRACT

The goal of this master thesis was increase production efficiency of turning machine TORNOS MultiDECO 20/6, which are unique in the Czech Republic by their contruction. Based on data analyzed has been found few areas, where are possible improve operations to increase production efficiency. For improving production efficiency has been implemented several real devices on the turning machine. The next step has been identified the cause of increase consumption of cutting tool and proposal for reduce of used cutting tool.

Key words

Efficiency, increase, analyze, TORNOS MultiDECO 20/6.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

NOVÁK, M. *Návrh a zavedení nápravných opatření ke zvýšení efektivity výroby CP3*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 56 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Miroslav Píška, CSc..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Návrh a zavedení nápravných opatření ke zvýšení efektivity výroby CP3** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Bc. Marek Novák

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto za věcné připomínky a rady prof. Ing. Miroslavovi Píškovi, CSc. při vypracování diplomové práce. Rád bych také poděkoval celé mé rodině za podporu během celého mého studia. V neposlední řadě i pracovníkům ze společnosti Michel Precizní Technika s.r.o. za cenné informace při řešení diplomové práce.

OBSAH

ABSTRAKT 4
PROHLÁŠENÍ 5
PODĚKOVÁNÍ 6
OBSAH 7
ÚVOD 9
1. Seznámení se společností Michel Precizní Technika s.r.o. 10
1.1 Historie společnosti 10
1.2 Oblast působení 10
1.3 Používané výrobní stroje a technologie ve společnosti 11
1.4 Popis strojního parku firmy Michel Precizní Technika s.r.o. 12
1.4.1 Měkké soustružení 12
1.4.2 Měkké frézování / vrtání 13
1.4.3 Tvrdé soustružení 13
1.4.4 Podpůrné a pomocné operace 14
1.5 Materiály používané při výrobě 14
1.6 Materiál používaný pro výrobu Ventilplatte CP3 15
2 Přehled vyráběných dílů na stroji TORNOS MultiDECO 20/6 16
2.1 Díly pro vysokotlaké vstřikování - Dieslové motory 16
2.2 Díly pro vysokotlaké vstřikování – benzínové motory 18
3 Popis výrobního stroje TORNOS MutiDECO 20/6 20
3.1 Popis výrobního stroje TORNOS MultiDECO 20/6 20
3.2 Automatický podavač tyčí ROBOBAR 22
3.3 Popis pracovního prostoru stroje 23
4 Metody řízení procesu 25
4.1 SIX SIGMA 25
4.1.1 Význam metody 25
4.1.2 DMAIC – model zlepšování dle SIX SIGMA 25
4.2 Metoda 5S 26
Princip metody 26
5 Sběr dat a sledování procesu obrábění 29
5.1 Vhodný výběr dat pro sběr 29
5.2 Sběrové formuláře a možné zlepšení 29
6 Vyhodnocení získaných dat 31
7 Návrh ke zlepšení procesu 33

7.1 Snížení spotřeby nástrojů na obrábění 33
7.1.1 Měření sil při obrábění 34
7.1.2 Tahové zkoušky 41
7.1.3 Stav nástrojů při obrábění 46
7.1.4 Hrubovací a dokončovací VBD 46
7.1.5 Upichovací VBD 48
7.2 Snížení počtu ztracených kusů 49
8 Diskuze, vyhodnocení zlepšení efektivity strojů 52
ZÁVĚR 53
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 54
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 55
SEZNAM PŘÍLOH 56

ÚVOD

V České republice má strojírenský průmysl dlouholetou tradici, která jde napříč staletími a je často spojován s hutnickým průmyslem. Zlomovým okamžikem v historii českého průmyslu byla průmyslová revoluce v polovině 19. století. V průmyslu pracuje přibližně 35% obyvatel ČR a nejvýznamnějším je obor automobilového průmyslu. V oblasti automobilového průmyslu je v České republice zainteresováno mnoho firem zabývající se vývojem, výrobou a montáží různých dílů pro automobilky tuzemské, ale i zahraniční.

Společnost Michel Precizní Technika s.r.o. byla založena již v roce 1898 zakladatelem Adolfem Michelem jako hodinářská společnost. Postupem času začala od roku 1980 dodávat komponenty taktéž do automobilového průmyslu a tím začala novodobá éra společnosti. Začala dodávat do předních subdodavatelských společností pro automobilní průmysl.

Výroba Ventilplatte CP3 má významný podíl ve výrobě ve společnosti Michel Precizní Technika s.r.o., které jsou dodávány do tuzemského výrobního závodu Bosch Diesel s.r.o v Jihlavě a dalším zákazníkům pro výrobu vysokotlakých vstřikovacích čerpadel do osobních a nákladních vozidel.

1. SEZNÁMENÍ SE SPOLEČNOSTÍ MICHEL PRECIZNÍ TECHNIKA S.R.O.

1.1 Historie společnosti

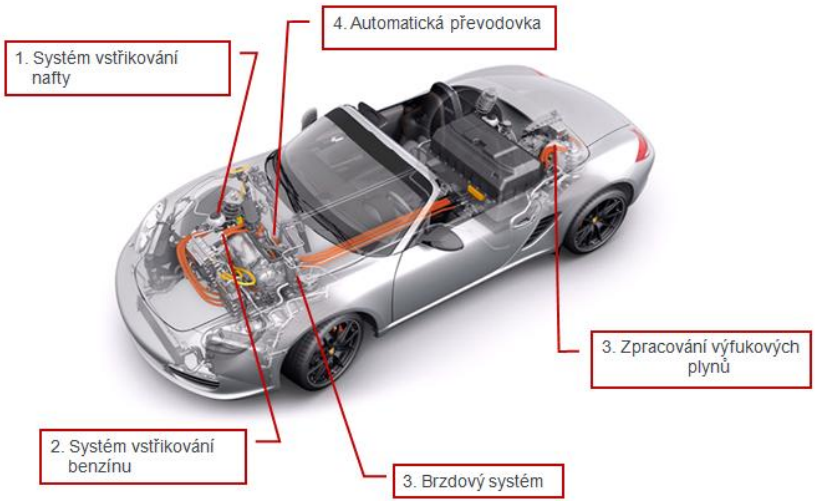
Společnost Michel Precizní Technika s.r.o. byla založena ve Švýcarsku v roce 1898 panem Adolfem Michelem, který je mimochodem zakladatelem švýcarské hodinářské asociace ve třicátých letech 20. století. Z počátku společnost vyráběla komponenty pro hodinářský průmysl a také samotné hodinky. Postupem času začala společnost od 80-tých let vyrábět a dodávat komponenty pro automobilový průmysl. V krátkém horizontu si vydobyla své místo na trhu a dostala se do podvědomí velkých dodavatelských firem v automobilovém průmyslu. V roce 1998 se stala preferovaným dodavatelem renomované společnosti Bosch. Na tento úspěch navázala vývojová spolupráce se společnostmi Continental a Delphi. V roce 2006 se společnost stala strategickým dodavatelem pro společnost Catterpilar. Dále společnost dodává významným zákazníků, jakými jsou Magneti Marelli, Bosch. [1]

Společnost splňuje mezinárodní normu ISO/TS 16 949:2009 Systémy managementu kvality - Zvláštní požadavky na používání ISO 9001:2008 v organizacích zajišťujících sériovou výrobu a výrobu náhradních dílů v automobilovém průmyslu, která je nezbytná pro schválení a uvolnění výroby dílů pro automobilový průmysl. Další normu, kterou společnost splňuje ISO 14001:2004 Systém environmentálního managementu a normu ISO 9001:2008 Systém managementu kvality.[1]

V roce 2013 bylo rozhodnuto přesunout část výroby do Brna. Tento krok měl za cíl snižovat náklady na výrobu a na mzdy zaměstnanců. Výroba byla přesunuta do městské části Slatina do technologického parku CTP. Výrobní hala má celkovou výrobní plochu 5000 m^2. V roce 2016 byla společnost Michel Precizní Technika s.r.o. zakoupena zahraničním investorem stoba Präzisiontechnik GmbH & Co. KG, která je součástí skupiny Berndorf AG. [1]

1.2 Oblast působení

V současné době je produkce společnosti Michel Precizní Technika s.r.o. soustředěna na výrobu přesných dílů pro automobilový průmysl. Oblasti využitelnosti dílů v automobilech jsou zobrazeny na obr. 1.



Obr. 1 Oblast použití dílů vyráběných *Michel Precizní Technika s.r.o.* [1].

Sortiment vyráběných dílů ve firmě čítá okolo dvaceti tvarově odlišných dílů, z nichž některé jsou rozděleny na další podskupiny.

1.3 Používané výrobní stroje a technologie ve společnosti

Hlavní technologií ve společnost je třískové obrábění na konstrukčně rozdílných strojích a následné doprovodné technologie nutné k výrobě dílů.

Třískové obrábění se provádí na více-vřetenových CNC soustruzích a na jedno-vřetenových CNC soustruzích. Strojový park čítá v současnosti cca 65 kusů strojů, což je velikostí střední společnost s cca 150 zaměstnanci.

Hala je rozdělena do několika základních skupin, které jsou následující:

- měkké obrábění;
    - soustružení,
    - frézování,
- tvrdé obrábění,
- mytí (praní),
- čistá místnost,
- metrologie – laboratoř kvality,
- kontrola;
    - vizuální – mikroskopy,
    - automatická – stroje,
- sklad a expedice,
- dílna údržby.

Definice používaných pojmů měkké a tvrdé soustružení:

- **měkké obrábění** – někdy označováno jako obrábění za měkka, je třískové obrábění vstupního materiálu s nižší hodnotou tvrdosti do 300 HB při použití procesní kapaliny, který je např. válcován za tepla, loupán, žíhán na měkko atd.,
- **tvrdé obrábění** – někdy též označováno jako obrábění za tvrda, je třískové obrábění, při kterém dosahuje obráběný materiál tvrdosti přes 50 HRC a tím je nutné použít odlišné nástroje a podmínky obrábění než u měkkého obrábění, kde největší rozdíl je v obrábění bez procesní kapaliny.

Technologie obrábění je jedna z velmi důležitých výrobních metod strojírenské technologie. Používá se pro výrobu hotových kusů nebo výrobu nástrojů pro jiné výrobní technologie, jako jsou technologie tváření, slévání, stříhání, svařování, nekonvenční metody obrábění, atd. Tato výrobní metoda je založena na specifickém silovém působení nástroje ve tvaru klínku na obráběný materiál. Tento proces oddělování částic materiálu ve tvaru třísek zahrnuje aplikaci prakticky všech přírodních vědních disciplín – matematiky, fyziky a chemie, dále věd ekonomických i společenských. Technologie obrábění je doposud nejrozšířenější metodou zpracování hutních polotovarů. Výzkumná činnost v této oblasti je v současné době zaměřena zejména na rozvoj poznatků o vlastním procesu obrábění, na zvyšování výkonnosti řezných nástrojů, inovace obráběcích nástrojů a

automatizaci řízení technologických procesů, charakterizované vysokým využitím počítačové podpory.[2, str.132]

1.4 Popis strojního parku firmy Michel Precizní Technika s.r.o.

Strojní park společnosti čítá některé starší, ale funkční stroje od renomovaných výrobců a postupně je strojový park obnovován novými stroji. Tento trend je důležitý z hlediska optimálních nákladů na provoz a nákladů na údržbu strojů, které postupem času a stárnutím strojního parku můžou neúměrně růst na úkor produktivity.

1.4.1 Měkké soustružení

Pojem měkké soustružení je třískové obrábění vstupního polotovaru. Společnost disponuje automatickými soustruhy s CNC řízením pro obrábění tyčového polotovaru malého průměru do 32 mm., které jsou vhodné pro sériovou výrobu. Největší zastoupení strojů je od švýcarské firmy TORNOS dále od německé společnosti INDEX a japonské firmy CITIZEN. Tyto stroje jsou na vysoké technické úrovni jak použitými komponenty, tak i řídícím softwarem. Na obr. 2 je zobrazen nový stroj CITIZEN typ L12 zakoupený v roce 2015.

Obr. 2 Obráběcí stroj CITIZEN L12.

V tab. 1 nalezneme přehled používaných strojů používaných na měkké obrábění pro soustružené díly. Společnost rozšiřuje strojový park pouze o stroje s kvalitními komponenty od známých světových výrobců jednak z důvodu lepší servisní sítě, nižší poruchovosti, tak i pro dosahovanou výrobní přesnost strojů. Výhoda je i v nižším počtu značek strojů ve výrobní hale a při nutnosti výjezdu externího servisního technika je možné opravovat různé typy strojů od stejné značky při nižších servisních nákladech na servisní výjezdy techniků.

Tab. 1 Stroje pro měkké soustružení.

Výrobce	Typ	Počet ks	Počet vřeten (pozic)	Max průměr tyče [mm]
TORNOS	MultiDECO 20/6	6	6	20
	MultiSwiss 6x14	2	6	14
	MultiAlpha 8x20	1	8	20
	DECO 10a	9	1	10
	DECO 20a	2	1	20
	SAS 16.6	3	6	16
INDEX	MS32	2	6	32
TRAUB	TNL 32	1	1	32
CITIZEN	L12	1	1	12
	M20	1	1	20

1.4.2 Měkké frézování / vrtání

Pro měkké frézování jsou ve společnosti speciální obráběcí stroje podobné koncepce. Stroje mají koncepci otočného stolu na tvarově složité díly s různým počtem pozic a to od nejmenších osmipolohových po dvanáctipolohové z důvodu nutnosti odlišného počtu operací na jednotlivé díly. Stroje používané pro operaci měkkého frézování jsou zaznamenány v tab. 2.

Tab. 2 Stroje pro frézování.

Výrobce	Typ	Počet ks	Počet vřeten (pozic)
Tsugami	VA 1E-II	1	1
Technika	T10 a T8	3	8/10
	Rotaflex	2	10
Ketterer	VOLLMA-MATIC	2	12

1.4.3 Tvrdé soustružení

Podstatná část vyráběných dílů je dokončována pomocí tvrdého soustružení, následné automatické skládání do blisterů, zabalením do KLT boxů a expedice je poslední technologická operace. Tato operace je velmi specifická a schopnost používat tuto technologii má pouze několik firem. Z toho důvodu je společnost schopna dosahovat špičkových výkonů v této oblasti a v porovnání s konkurencí být o krok napřed.

Velikost odebíraného materiálu při tvrdém obrábění je v řádu setin milimetru. Dosahují se zde vysoké řezné rychlosti při malém posuvu a tříska odchází za viditelně vyšší teploty než u měkkého soustružení. Používané stroje viz tab. 3 jsou pouze od dvou světových výrobců jednak ze stejného důvodu jako stroje pro měkké obrábění, tak i z důvodu ověřené stability procesu.

Tab. 3 Stroje pro tvrdé soustružení.

Výrobce	Typ	Počet ks
Kummer	K90	7
	K65	6

1.4.4 Podpůrné a pomocné operace

Podpůrné a pomocné operace jsou shrnutí všech nevýrobních operací, které dílu nepřidávají na hodnotě. Tyto operace jako je např. praní, omílání atd. nejsou sice tak důležité, ale jejich neprovedením v postupu by vznikly na dalších operacích menší či větší technologické nedostatky. Stroje používané pro podpůrné a pomocné operace jsou uvedeny v tab. 4.

Tab. 4 Další stroje.

Výrobce	Typ	Počet ks
Bremor		1
Omílací stroje		2
RIX		1
ECM		1
Pero	R1	1
KKS		1
Loccioni		2
Svářečka	SHADOW	1
SONTEC		2
Kontrolní automaty		7

1.5 Materiály používané při výrobě

Vhodná volba vstupního materiálu pro výrobu přesných dílců je klíčovou fází. V případě nevhodně zvoleného vstupního materiálu může nastat porucha funkce dílu v nejhorším případě u zákazníka, což vede k finančním ztrátám firmy. Následnému vynaložení finančních nákladů na analyzování a zlepšení požadovaných vlastností vstupního materiálu, který je používán na daný díl. Ve firmě je nejčastějším polotovarem vstupní materiál ve formě tyčí o délce 3000 mm a do vybraných strojů je nutno vstupní materiál dělit na menší délky z důvodu odlišných podavačů. Používané vstupní materiály jsou zaznamenány v tab. 5.

Tab. 5 Používané vstupní materiály.

Materiál	Díl pro sortiment
Nitridační ocel	Vysokotlaké vstřikování paliva
Cementační ocel	Vysokotlaké vstřikování paliva
Chrom-niklová ocel	Zpracování výfukových plynů, vysokotlaké vstřikování paliva, automatická převodovka, brzdová soustava
Nerezová ocel	Brzdová soustava, vysokotlaké vstřikování paliva, zpracování výfukových plynů
Legovaná ocel	Brzdová soustava, vysokotlaké vstřikování paliva

Tyto materiály bývají většinou tepelně zpracovávány následujícími metodami:

- kaleny a popouštěny,
- cementovány,
- žíhány na měkko,
- nitridovány.

1.6 Materiál používaný pro výrobu Ventilplatte CP3

Materiál používaný při výrobě Ventilplatte CP3 je chromová ocel na valivá ložiska označován jako 100Cr6 (číslo materiálu 1.3505) dle normy DIN 17 2030-80 nebo 14 109 dle normy ČSN 41 4109. Chemické složení dle normy DIN 17 2030-80 viz tab. 6. Německá norma DIN 17 2030-80 je společností používanější z důvodu dodávání svých dílů do automobilového průmyslu převážně pro německé zákazníky, proto bude z této normy vycházeno.

Tab. 6 Chemické složení materiálu [1].

Chemické složení [hm. %]							
C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Cu**
0.9-1.05	0.15-0.35	0.25-0.45	max 0.03	max 0.025	1.35-1.65	max 0.3	max 0.3

Z toho chemického složení je zřejmé, že se jedná o nízkolegovanou nadeutektoidní ocel. Polotovary pro tuto ocel mohou být předvalky, tyče válcované za tepla, výkovky, bezešvé trubky tvářené za tepla, tyče tažené za tepla a dráty tažené za studena. Ocel je vhodná na výrobu dílů s velmi tvrdým povrchem odolným proti opotřebení jako jsou kuličky, válečky, kroužky a příruby do průměru 30 mm, což je i případ výroby Ventilplatte CP3. Tvrdost materiálu je měřena podle stupnice Brinella (HB) a dosahuje maximální hodnoty 207 HB. Tepelné zpracování je možné (normalizační žíhání, žíhání na měkko, žíhání ke snížení pnutí, kalení, popouštění), kde pro díl Ventilplatte se používá tepelné zpracování žíhání na měkko pro zaručení dobré obrobitelnosti. [1]

Výhody používaného materiálu 100Cr6 jsou následující:

- vysoká odolnost proti opotřebení,
- dobře obrobitelná po žíhání na měkko,
- vhodná k tepelnému zpracování,
- široká škála dodávaných průměrů pro další zpracování,
- možnost různých tvarů polotovaru.

2 PŘEHLED VYRÁBĚNÝCH DÍLŮ NA STROJI TORNOS MULTIDECO 20/6

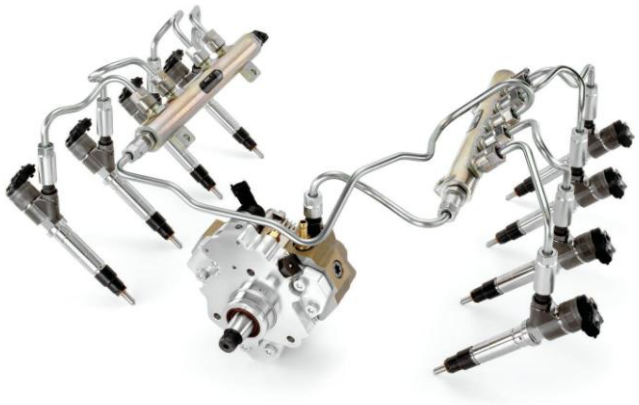
Na obráběcím automatickém stroji TORNOS MultiDECO 20/6 (též označován TORNOS MD 20/6) je možno vyrábět rotační díly o maximální délce 100 mm a průměru 20 mm. Tyto díly můžeme zařadit do následující základní skupiny a podskupin:

- díly pro vysokotlaké vstřikování,
    - do dieslových motorů,
    - do benzinových motorů.

Vyráběné díly musí být schopny odolávat velmi těžkým provozním podmínkám, kterými jsou vysoké tlaky, chemické působení paliva s aditivy a být schopny vysokého kilometrového nájezdu v automobilu.

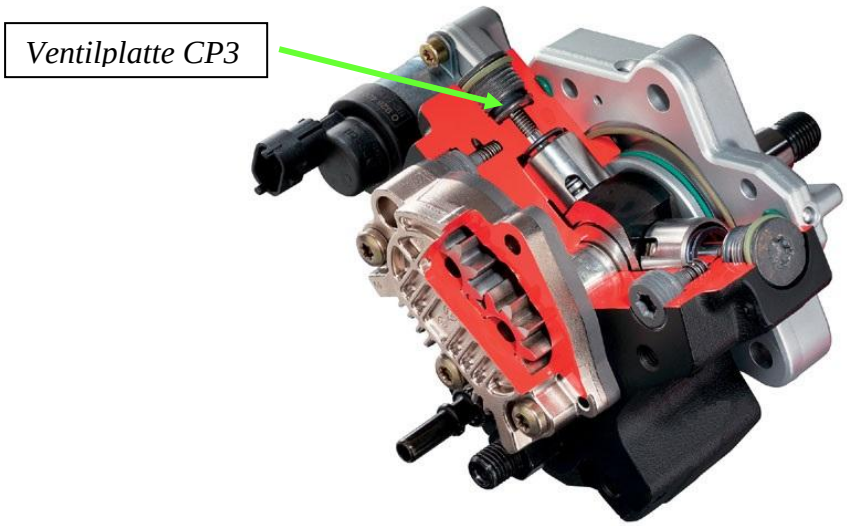
2.1 Díly pro vysokotlaké vstřikování - Dieslové motory

Pro vysokotlaké vstřikovací systémy vznětových motorů typu Common rail společnost dodává díly s označením Ventilplatte CP3. Tyto díly jsou používány pro vysokotlaká čerpadla s označením CP3 vyráběné společností Bosch Diesel s.r.o. v Jihlavě. Od roku 2009, kdy byla výroba postupně přesunována z Bari, Charlestonu a následně v roce 2010 z Feuerbachu, je výroba těchto čerpadel produkována výhradně v závodě Jihlava. Produkce těchto čerpadel v roce 2010 dosáhla 15 000 000 ks a je každoročně plánováno vyrobit 1 000 000 ks. Důvodem takto vysoké produkce je možnost použití těchto čerpadel jak v osobních automobilech, tak i v nákladních automobilech. Na obr. 3 je znázorněna celá soustava pro vysokotlaké vstřikování paliva používající čerpadlo BOSCH CP3 napojené na společné zásobníky tzv. *Common rail,* v čemž je hlavní rozdíl oproti předchozí generaci čerpadlo-tryska (*PD – Pumpe-Düse*) dříve používané v koncernových motorech VW, a dále vstřikovače paliva. [3,4]



Obr. 3 *Common rail systém* [5].

Pumpa se zubovým čerpadlem v řezu se znázorněnou pozicí pro díl Ventilplatte CP3 viz obr. 4.



Obr. 4 Pumpa CP3 [6].

Z výše popsaných důvodů je tento projekt co do velikosti významný, jak pro dodavatele dílů jakožto společnost Michel PT, tak pro zákazníky.

Díl Ventilplatte CP3 v pumpě CP3 slouží v sestavě jako vtokový těsnící ventil. Funkční plocha je těsnící sedlo, které musí být naprosto těsnící a zároveň je namáhané mechanicky z hlediska kontaktu s dalšími díly sestavy, tlakem v soustavě a chemicky pomocí nafty. Porovnání tvarově podobných typů Ventiplatte na rendrovaném obr. 5. Díl ventiplatte CP3 se vyrábí v několika modifikacích, které jsou vyvíjeny ve spolupráci se zákazníky.

Obr. 5 V*entilplatte CP3.*

Celkově je ve výrobě pět typů dílu Ventilplatte CP3 a pouze jeden je tvarově a velikostně odlišný od ostatních typů. Na obr. 6 je porovnán tvarově a velikostně odlišný díl Ventilplatte CP3.

Obr. 6 Dva typy dílů *Ventilplatte CP3.*

Pro výrobu dílů Ventilplatte CP3 se používá materiál 100Cr6 s délkou tyčového výchozího materiálu 3000 mm o průměrech 15,5 mm a 17 mm.

Dále se pro dieslové motory vyrábí díl pro systém vstřikování paliva. Díl označován jako Druckrohrstutzen je používán na spojení hydraulického vedení mezi čerpadlem a vstřikovačem. Tento díl je zobrazen na obr. 7. Namáhání dílu nastává jak mechanicky a to tlakem proudícího média, tak i chemicky pomocí nafty.

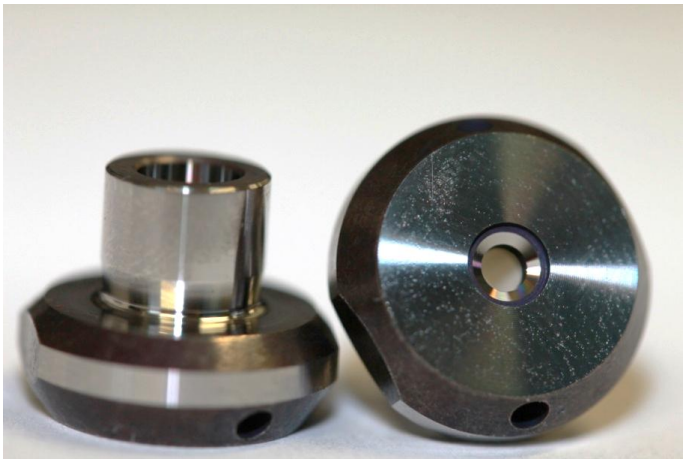
Obr. 7 Díl *Druckrohrstutzen.*

Výchozím tyčovým polotovarem pro výrobu dílu Druckrohrstutzen je šestihranná tyč s délkou 3000 mm.

2.2 Díly pro vysokotlaké vstřikování – benzínové motory

Pro přímé vstřikování u zážehových motorů se používá podobný princip jako u vysokotlakého vstřikování pro vznětové motory. Díly vyráběné společností Michel PT jsou používány pro sestavu vstřikovače paliva. Tyto díly nesou název Führungsbusche.

Díly jsou opět mechanicky namáhány tlakem média a samotným vstřikovaným médiem chemicky.



Obr. 8 Díl F*ührungsbusche*.

Výroba dílu Führungsbusche je z výchozího tyčového polotovaru o délce 3000 mm a to ze dvou různých materiálů. Jeden materiál je nízkolegovaná ocel a druhý materiál legovaná ušlechtilá nerezová ocel oba výchozí tyčové polotovary jsou průměru 13,1 mm.

3 POPIS VÝROBNÍHO STROJE TORNOS MUTIDECO 20/6

3.1 Popis výrobního stroje TORNOS MultiDECO 20/6

Seznámení se společností TORNOS

Stroje značky TORNOS jsou od tradičního švýcarského výrobce, což je i částečně záruka kvalitního zpracován a inovativních technologií. Švýcarsko je známo svým přesným strojírenstvím, které je z poměrné části soustředěno na hodinářský a zdravotnický průmysl. S těmito odvětvími průmyslu souvisí výroba drobných součástek a nutnost velmi přesného obrábění.

Stroje od výrobce TORNOS s několika vřeteny nesou jednotný následující systém značení:

TORNOS MultiDECO 20/6,

kde první číslo označuje maximální průměr obráběné tyčoviny, v našem případě 20 mm,

číslo za lomítkem udává počet vřeten, v našem případě šest.

Obráběcí stroj tedy disponuje šesti vřeteny, které jsou velice výhodné pro sériovou výrobu a zajišťují vyšší produktivitu než běžně dostupné soustruhy. Další stroje od tohoto výrobce, které jsou používány ve společnosti taktéž pro sériovou výrobu, jsou šestivřetenové a novější stroje s osmi vřeteny. Základní rozměry stroje TORNOS MultiDECO 20/6 jsou uvedeny v tab. 7.

Tab. 7 Základní rozměry TORNOS MultiDECO 20/6 [7].

Obecné rozměry a parametry	
Maximální délka (s integrovaným podavačem)	8053 mm
Maximální šířka	1548 mm
Maximální výška	2210 mm
Výška uprostřed vřeten	1150 mm
Hmotnost	6000 kg
Velikost nádrže na řezný olej	550 l
Průtok čerpadla oleje	50 l/min
Velikost přídavné nádrže	450 l
Instalovaný výkon	32 kVA
Tlak přívodního vzduchu	6 bar
Pracovní teplota okolí	10-35 °C

Základní parametry obráběcího stroje TORNOS MultiDECO 20/6 jsou uvedeny v tab. 8.

Tab. 8 Základní parametry TORNOS MultiDECO 20/6 [7].

Základní parametry	
Maximální délka obráběného polotovaru	100 mm
Maximální otáčky	6000 min^{-1}
Maximální výkon na vřeteni	11 kW
Maximální točivý moment	70 N.m
Maximální vrtací výkon	2,2 kW
Počet řízených os	18
Zastavení vřetene	ano
Chlazení vřeten	ano
Řídící software	FANUC 16iTB
Integrovaný zásobník tyčí MSF 522/6	
Maximální průměr tyče	20 mm
Možnost plnění šestiúhleníkovými tyčemi	ano

Na obr. 8 a 9 je zobrazen obráběcí stroj z čelního pohledu a ze zadního pohledu s automatickým podavačem tyčí ROBOBAR MSF 522/6, jednotkou hydrauliky a chladící jednotkou.

Obr. 9 Čelní pohled na stroj TORNOS MD 20/6.

Obr. 10 Zadní pohled na stroj TORNOS MD 20/6.

3.2 Automatický podavač tyčí ROBOBAR

Pro bezproblémové obrábění je velmi důležitý výchozí materiál. Používaný výchozí materiál 100Cr6 je definován pomocí německé normy DIN 17 230-80 a dále je definován zákaznickou normou. Dle způsobu použití a dalších technologických podmínek kladených při výrobě a montáži dílu specifikován zákaznickou normou. Předpis dle zákazníka může být svými specifikacemi přísnější na požadavky dodaného vstupního materiálu, ale výrobce vstupního materiálu je povinen dodržet veškeré požadavky zákazníků, jelikož jsou nadřazené obecné normě DIN 17 230-80 na výchozí materiál a v opačném případě bude materiál posuzován jako neshodný. Používání neshodného materiálu může poškodit automatický podavač tyčí a jednotlivé vodicí dráhy pro tyče, které jsou vyrobeny z plastu.

Obr. 11 Přední strana automatického podavače – otevřené bezpečnostní krytování.

Obr. 12 Zadní strana automatického podavače tyčí.

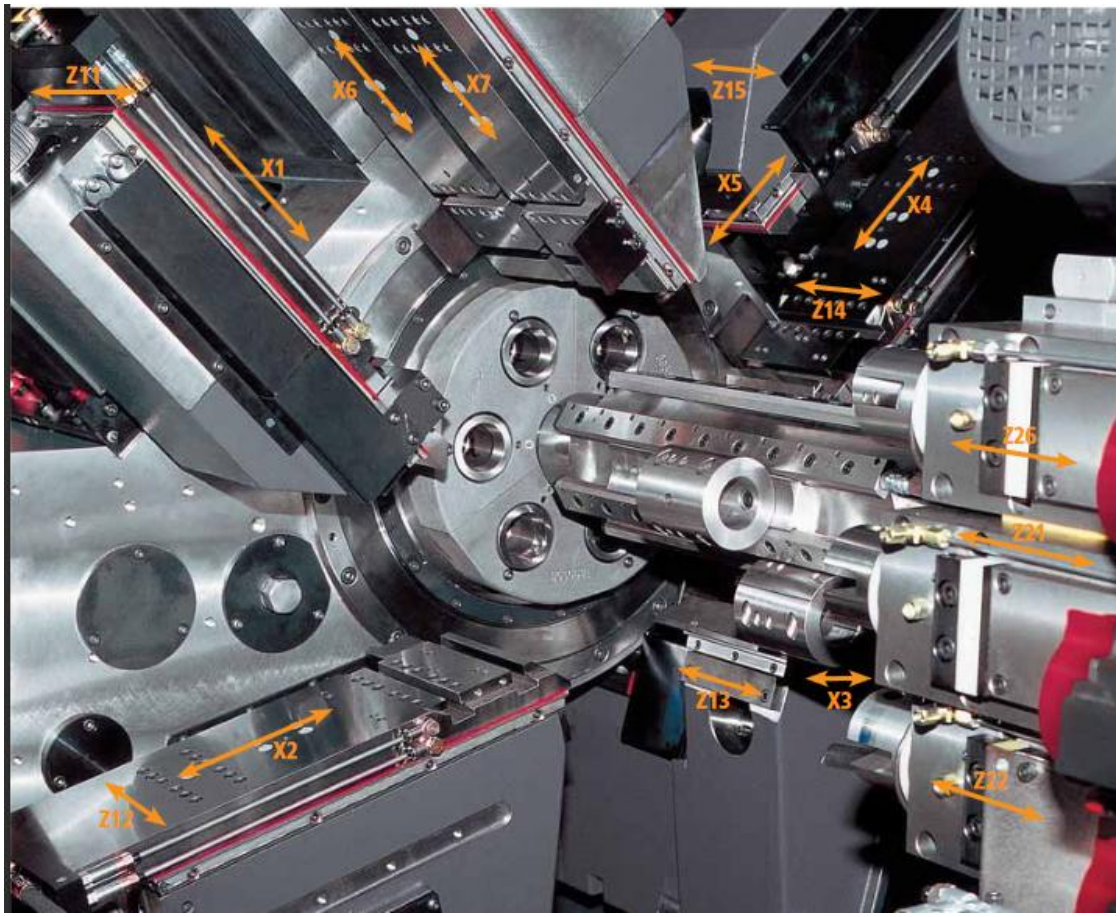
Na stroji je možné nastavit velikosti zůstatkových délek tyčí pomocí dorazů a tím minimalizovat zbytkové konce tyčí určené k recyklaci Tyto zbytkové délky jsou nastaveny na hodnotu cca 12 cm, tak při každém novém nabíjení tyčí vzniká odpad 6 kusů po 12cm. Tato minimální délka zbytků tyče byla zvolena z důvodu dostatečného bezpečnostního držení v kleštinách. Tyto tyče jsou nabíjeny přibližně jedenkrát za směnu a to do všech vřeten.

3.3 Popis pracovního prostoru stroje

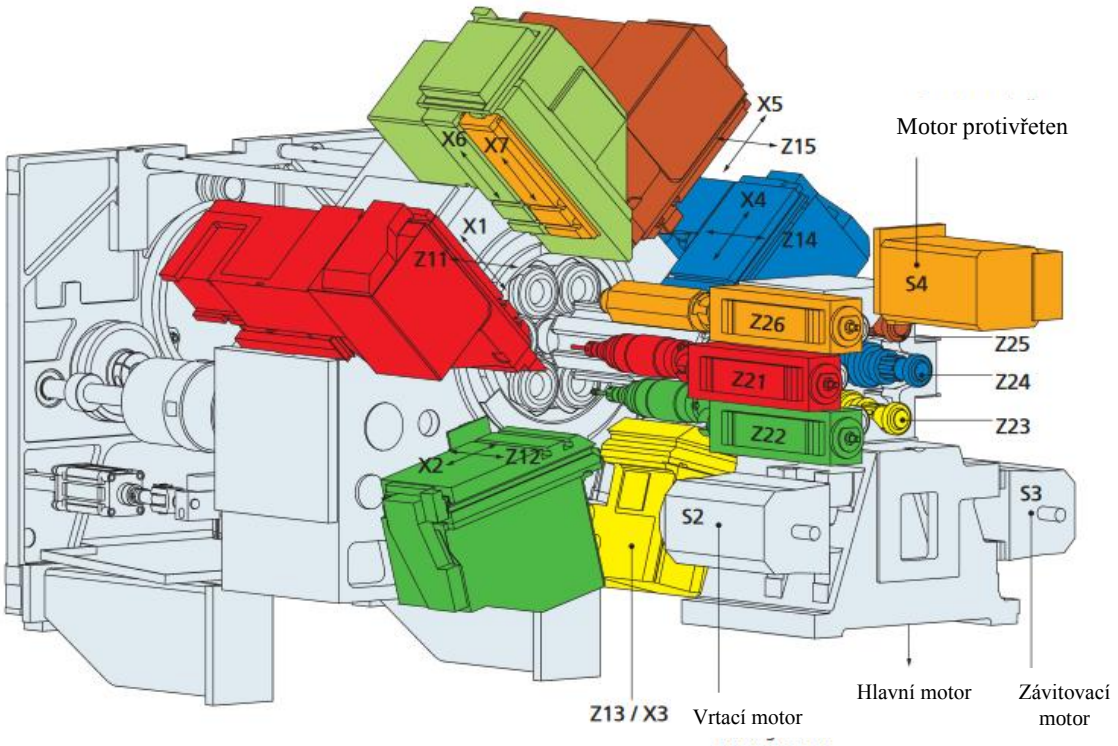
Pracovní prostor stroje se nachází ve stroji v hlavní části, kde je krytování z každé strany vysouvacími bezpečnostními kryty viz obr. 13. Je tedy možné pracovní komoru obsluhovat z obou stran stroje, což je výhodné pro výměnu nástrojů i servisní činnosti a snižuje riziko možného zranění operátora (především horních končetin a prstů).

Obr. 13 Hlavní část stroje s ovládacím panelem a pracovní komorou.

Na obr. 14 je zobrazeno rozložení jednotlivých řízených os, kde na obr. 15 je modelově zobrazen pracovní prostor stroje s motory pohánějících vřetena.



Obr. 14 Pracovní osy stroje TORNOS MD 20/6 [7].



Obr. 15 Rozmístění vřeten a jejich řiditelných os ve stroji na modelu [7].

4 METODY ŘÍZENÍ PROCESU

4.1 SIX SIGMA

Vynálezcem konceptu Six Sigma je Bill Smith (1929-1993), který v roce 1986 zavedl ve společnosti Motorola posuzování kvality na základě měření směrodatných odchylek proměnlivosti procesů. Posuzovat kvalitu nikoliv na základě výrobků, ale výrobního procesu nebyla v té době originální myšlenka. Avšak zavedení měřítka Six Sigma (vše co je mimo oblast šesti směrodatných odchylek je špatně) a vypracování celé metodiky založené na struktuře DMAIC v projektech zlepšování, byla již Smithova zásluha. Koncept nového přístupu k zlepšování procesů byl ředitelem společnosti přijat a podporován tak, že se záhy stal hlavní filozofií Motoroly.[8]

Základní myšlenka byla dále rozvíjena a dnes tvoří systém, který je začleněn do organizační struktury Motoroly. V roce 1995 začíná Six Sigma zavádět Jack Welch v General Electric a úspěšnou implementací dokazuje, že Six Sigma může být neobyčejně úspěšná i v oblasti služeb, konkrétně bankovnictví. V současné době nalezneme mnoho úspěšných aplikací Six Sigma v nejrůznějších oblastech průmyslu i služeb. Velká většina těchto aplikací přináší organizacím značné jak finanční tak i časové úspory. [8]

4.1.1 Význam metody

Metodu Six Sigma je možné popsat mnoha způsoby. Metodika, která odstraňuje defekty a variabilitu z procesů. Je to ucelený přístup k procesnímu zlepšování s cílem naplnit zákaznické požadavky a činit proces stabilním a smysluplným.Také je to snaha dosáhnout cíle téměř úplného pokrytí všech požadavků a očekávání zákazníků. Další definicí metody Six Sigma je vedení firemní kultury s cílem uspokojení potřeb zákazníka s dopady na vyšší zisk a konkurenceschopnost. [8]

„Metoda Six Sigma je úplný a flexibilní systém dosahování, udržování a maximalizace obchodního úspěchu. Six Sigma je zejména založena na porozumění potřeb a očekávání zákazníků, disciplinovaném používání faktů, dat a statistické analýzy a na základě pečlivého přístupu k řízení, zlepšování a vytváření nových obchodních, výrobních a obslužných procesů“.[9]

Sigma je směrodatná odchylka, která nejlépe vyjadřuje míru variability, tedy proměnlivost procesního výstupu. Pod pojmem Six Sigma se rozumí méně než 3,4 defektů na milion možných příležitostí, označováno jako DPMO (defects per milion opportunities). Defekt neboli chyba se dá definovat jako nenaplnění některého ze zákaznických požadavků. Z tohoto důvodu je nutné zapojení všech zaměstnanců společnosti a nutná podpora od vedení. [8.9]

4.1.2 DMAIC – model zlepšování dle SIX SIGMA

Cyklus zlepšování DMAIC je univerzálně použitelný nástroj postupného zlepšování, který je součástí metody Six Sigma. Cyklus zlepšování je použitelný pro jakékoliv zlepšování - například kvality výrobků, služeb, procesů, apod. Jednotlivé fáze cyklu pomáhají docílit skutečného zlepšení. [10]

Jednotlivé fáze cyklu zlepšení DMAIC jsou následující:

- **Define (definovat)** – definovat cíle, popisuje se předmět a cíle zlepšení (výrobek, služba, proces, data, atd.),
- **Measure (měřit)** – měření výchozích podmínek ve smyslu principu "co neměřím, neřídím",
- **Analyze (analyzovat)** – analýza zjištěných skutečností, příčin nedostatků,
- **Improve (zlepšovat)** – klíčová fáze celého cyklu, ve které dochází ke zlepšení na základě analyzovaných a měřených skutečností,
- **Control (řídit)** – zlepšený nedostatek je třeba zavést - uřídit, udržet zlepšení při životě. [10]

Obr. 16 Cyklus zlepšování DMAIC [10].

4.2 Metoda 5S

Ke zvýšení efektivity byla ve společnosti postupně implementována metoda 5S zformována světovým výrobcem japonských automobilů TOYOTA. Metoda 5S tvoří ucelený systém metod k zlepšení postavení firmy na trhu. Hlavní zaměření je na efektivnost výroby a kvalitu výrobků. Není to jen záležitostí jedné společnosti Toyota, ale je to vlastně logické vyústění snahy celého Japonska o obnovení hospodářství po 2. světové válce. Z Japonska se metoda postupně dostala až USA i Evropy. [11]

Princip metody

Metoda 5S je pojmenovaná podle pěti japonských slov začínajících na S. Vychází ze základního principu minimalizace úsilí (přesunu nástrojů, pohybech pracovníka, atd.) při pracovních činnostech na pracovišti. Cílem metody 5S je snížit chyby a ztráty v procesech díky eliminaci těchto chyb:

- nevhodnému nástroji,
- hledání vhodného materiálu,
- nadbytečnému přesunu materiálu,
- kompletaci a uspořádání výrobních podkladů,
- apod.

Minimalizovat pracovní čas, pracovní chyby a tedy náklady na daný pracovní proces na co nejnižší možnou míru. [11]

Počátek zamyšlení se nad používáním metodiky 5S je nutné již při zavádění štíhlé výroby. Štíhlá výroba je rozdělena do několika následujících skupin:

- **přidaná / nepřidaná hodnota;**
  (Za procesní krok přidávající hodnotu je považován pouze takový, který splňuje následující 3 podmínky:
    - zákazník je ochoten za něj zaplatit,
    - fyzicky přeměňuje produkt nebo informaci nezbytnou k jeho výrobě,
    - je proveden napoprvé správně.**)**
- **tok hodnot a eliminace plýtvání;**
  (Procesy je třeba nastavit tak, aby díly poměrnou část výrobního času trávily v procesech přidávajících hodnotu. Tohoto výsledku lze docílit eliminací následujících typů plýtvání:
    - eliminace výroby neshodných výrobků,
    - nadprodukce dílů,
    - přeprava,
    - čekání při výrobě,
    - nadbytečné zásoby (nutnost velkých skladovacích ploch),
    - nadměrný počet pohybů.**)**
- **zapojení zaměstnanců a neustálé zlepšování.**
  (Zapojení zaměstnanců je kritické z mnoha důvodů. Lidé, kteří se účastní plánování a implementace změn bývají přirozeně více motivováni tyto změny přijmout a podpořit. Navíc je důležité si uvědomit, že největším odborníkem na každou činnost je většinou ten, kdo ji vykonává nejčastěji.)

Žádný proces není možné nastavit napoprvé dokonale tak, aby jej již nikdy nebylo nutné upravovat. Pouze na základě nového stavu je možné sledovat další příležitosti pro zlepšení. Společnostem, kterým se daří zavádět neustálé zlepšování jako součást jejich běžného fungování, jsou na nejlepší cestě k dlouhodobě udržitelným pozitivním výsledkům, které povedou ke zvýšení efektivity výroby a snížení nákladů. [12]

Po tomto zamyšlení, zda je metoda vhodná pro použití ve společnosti a firemní politika se ztotožňuje s touto filozofií je možné začít používat, či spíše zavádět metodiku 5S. Metoda 5S je charakterizována pomocí pěti bodů vycházející z následujících japonských výrazů:

- **seiry (třídit) – ponechat na pracovišti jen nutné pomůcky;**
  (Nejprve je provedena kontrola pracovního procesu, podle kterého se pracuje. Na pracoviště se připraví pouze věci nutné pro provedení dané práce (např. materiál, pomůcky, návodky). Vše ostatní se odstraní.),

- **seiton (udržovat v pořádku) – uspořádat si posloupnost pracovních kroků;**

  (Následně je určován jeden pracovní krok za krokem a k nim jsou přiřazeny potřebné nástroje. Nástroje se rozloží ve sledu pracovních operací, aby byly tzv. *hned po ruce* k okamžitému použití.

- **seiso (lesk) – vracet nástroje na své místo;**

  (Všechny nástroje i materiál mají své určené místo. Na něj se vrací po jejich použití. Pracovní místo je také nezbytné udržovat v čistotě, uklizené. I odpad má dané své pevné místo a to nikoli pod rukama pracovníka.)

- **seiketsu (standardizovat) – stejnou práci provádět shodným způsobem;**

  (Vedení společnosti musí zajistit, aby všichni pracovníci podílející se v procesu práce byli proškoleni na předchozí body zmíněné výše. Každý zaměstnanec by je měl znát téměř nazpaměť. Pracovník musí znát svou roli v pracovním postupu, vědět co a jak má používat.)

- **shitsuke (udržovat) – udržovat pořádek na pracovišti.**

  (Pátým krokem po zavedení předchozích bodů je zajištění, aby byl "pořádek" na pracovištích udržován. Používají se kontroly, náhodné návštěvy vedení ve výrobě apod. Dokonce, i když je změněn celý proces, všechny předcházející kroky se musí procházet a aktualizovat. Jde o to rychle a znovu mít připravené pracoviště podle nových požadavků na proces nebo produkt.) [11]

Z tohoto vyplývá, že i při operaci měkké obrábění je vhodné využívat metodiky 5S. Vhodnost této metody se projeví, již při obyčejné výměně nástrojů, a to v uspořádání a pořádku na pracovišti čímž se urychlí výměna bez nutnosti hledat potřebné nářadí, nástroj a činit nadbytečné pohyby.

5 SBĚR DAT A SLEDOVÁNÍ PROCESU OBRÁBĚNÍ

5.1 Vhodný výběr dat pro sběr

Při sběru dat a pro následné řešení problému v procesu je velmi důležitý a rozhodující výběr vhodných sbíraných dat.

Nejdříve je nutné definovat, co bude podstatou analýzy, a to je v našem případě proces měkkého obrábění na stroji TORNOS MultiDECO 20/6. Proces můžeme definovat jako vzorek z měnícího se toku položek pohybujících se podnikem, tzn má časový prvek. Výběr vzorků je akt výběru položek z populace nebo procesu za účelem měření. Faktory podstatné při výběru vzorků k analýze jsou následující:

- situace – zda se jedná o existující soubor položek, který se nezmění (populace), nebo o soubor, který se průběžně mění (proces),
- typ dat – zda se jedná o spojitá data nebo diskrétní,
- cíle – co bude provedeno s výsledky analýzy,
- obeznámenost – kolik předchozích znalostí o dané situaci vlastníme (historická data o výkonnosti procesu, znalost různých zákaznických segmentů atd.).
- jistota – kolik „důvěry“ je potřeba pro závěry. [13, str. 83]

5.2 Sběrové formuláře a možné zlepšení

Pro sběr dat bylo použito již vytvořeného a používaného formuláře nazvaného *Přehled výroby – hlášení směny*. Důvodem k použití stávajícího formuláře jsou následující pozitiva:

- operátoři (uživatelé) na strojích jsou srozuměni s obsahem,
- není nutné zaškolení k používání formulářů,
- data lze použít i pro sledování produkce a následným analýzám procesu,
- není potřeba zavádět další formulář,
- lze použít data z dlouhodobého předchozího horizontu,
- odpadá nutnost čekat na nově sesbíraná data.

Používání stávajícího sběrového formuláře s sebou nese i několik následujících negativních faktorů:

- nutnost podrobného vyplnění potřebných údajů operátory,
- potřeba výběru pouze vhodných dat použitelných pro analýzu konkrétního problému,
- časová náročnost pro vhodný výběr dat,
- časová náročnost sběru dat – jak pro operátory výroby, tak pro vedoucí.

Sběr dat je prováděn v papírové formě se záznamem hlavních odstávek výrobního stroje, výměnami nástrojů a dalších zásadních vlivů na efektivitu výrobního stroje. Tento vyplněný formulář Přehled výroby – hlášení směny se vzorově vyplněný nachází v příloze č. 1.

Při úvaze o zlepšení a oddělení jednotlivých typu dat na jednotlivé formuláře, ať už o poruchách stroje, počtu vyrobených ks, měření, výměně nástrojů atd., je nutno vzít na vědomí časovou náročnost k vyplnění záznamů a tím snížení času operátora určený k produkci. Z tohoto důvodu bude postupně zaváděno elektronické zaznamenávání údajů pomocí čárových kódů a čtecích zařízení do databázového systému a propojení těchto dat. Přenesení sběrových formulářů z papírové podoby na elektronickou s sebou přinese řadu následujících výhod:

- propojení operátora s konkrétní směnou,
- záznam proveden z příslušného přiřazeného čárového kódu,
- není potřeba papírové formy dokumentu – možnost ztráty,
- úspora nákladů za tisk a za papír,
- zrychlení procesu záznamu,
- okamžitá změna okamžitě viditelná v interním systému,
- možná okamžitá regulace procesů,

naopak tato změna nese s sebou i následující nevýhody:

- počáteční náklady na vytvoření vazeb mezi jednotlivými sekcemi procesu,
- potřeba implementace do interního databázového programu,
- vytvoření čárových kódů pro příslušné kategorie poruch a odstávek,
- zaškolení jak operátorů výroby, tak i vedoucích pracovníků.

V současné době databázový program zaznamenává data z výroby, jako jsou počty vyrobených dílů, výrobní postupy pro jednotlivé díly, stav zakázek atd. a je tedy velmi vhodné v budoucnu propojit databázi s jednotlivými záznamy o odstávkách, jenž mohou snižovat efektivitu výroby. Důsledek tohoto zlepšení a zvýšení rychlosti získaných dat povede k lepší regulaci výrobního procesu, což bude mít i pozitivní vliv na zlepšení plánovacího procesu. Veškerá tato opatření povedou ke zvýšení efektivity výrobního procesu.

6 VYHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH DAT

Při rozhodování, který nástroj použít je nutné porozumět jednotlivým nástrojům. K identifikaci potenciálních příčin problému lze použít dva typy nástrojů:

- **zobrazení dat;**

  (Mnoho základních nástrojů jako jsou grafy časových řad, regulační diagramy, histogramy atd., může podnítit přemýšlení o potenciálních příčinách. Tým, který se zabývá danou problematikou prozkoumá jakýkoliv z diagramů vytvořených v rámci výzkumného úsilí. Jeden dodatečný nástroj zahrnutý zde je, a to Paretův diagram:

  - Paretův diagram.

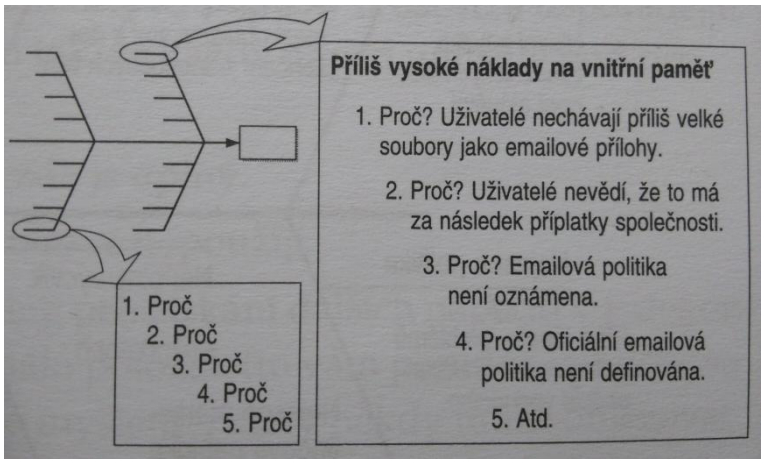
    Tento diagram je znázorněn pomocí speciálního sloupcového grafu, který pomůže soustředit se na pár podstatných zdrojů problémů. Poté můžeme zaměřit úsilí k identifikaci příčin do oblastí, kde bude mít práce největší dopad.)

- **brainstormingové nástroje zaměřené na příčiny;**

  (Zde existují tři následující varianty brainstormingu:

  - 5 krát proč,

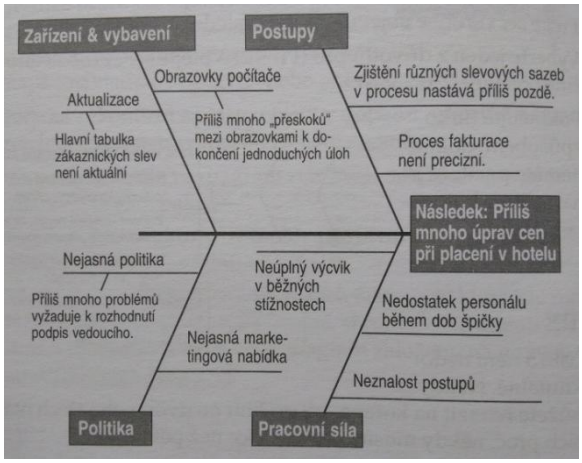
    Základní technika, která posunuje přemýšlení o potenciálních příčinách až na základní úroveň. Tato technika je velmi rychlá, ale úzce zaměřená.



Obr. 17 Metoda 5 krát proč.

  - diagram rybí kosti (diagramy příčin a následků nebo Ishikawovy diagramy),

    Struktura, která pomáhá uspořádat mnoho potenciálních příčin. Povzbuzuje k přemýšlení v širších souvislostech o daném problému.



Obr. 18 Diagram rybí kosti (Ishikawův diagram).

- matice příčin a následků (C&E matice).

  Tabulka, která nutí k přemýšlení o tom, jak určité procesní vstupy mohou ovlivňovat výstupy (a jak výstupy souvisí s požadavky zákazníků). Má podobný úkol jako diagram rybí kosti, ale je více zaměřena na zachycení propojení vstupů s výstupy.) [13]

7 NÁVRH KE ZLEPŠENÍ PROCESU

Velmi důležitým aspektem je objektivní pohled na celý proces obrábění a to, již od nabíjení tyčí do automatického podavače, až po konečné vyrobení dílu a opuštění pracovního prostoru stroje na vzniklý, někdy i na první pohled neviditelný problém.

V tomto případě je vhodné zjištěné problémy analyzovat s operátory a seřizovačem a navrhnout případné řešení nebo zlepšení procesu. V mnoha případech jsou operátoři a seřizovači velmi důvěrně seznámeni s daným procesem a jejich poznatky jsou cenné, již při návrhu počátečního řešení a následného zlepšování.

7.1 Snížení spotřeby nástrojů na obrábění

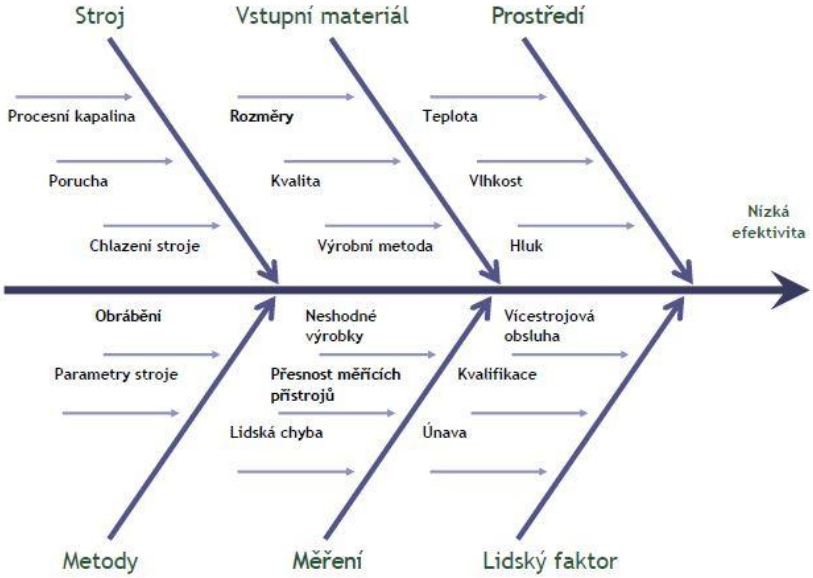
Dalším významným zjištěným problémem byla vyšší spotřeba nástrojů než předepsané množství. Stroj je osazen celkově dvanácti kusy nástrojů. Nástroje jsou optimalizovány pro stejné řezné podmínky v jednotlivých pozicích obráběcího procesu. Stejné podmínky zajišťuje samotná konstrukce stroje, jelikož jednotlivá vřetena nejsou nastavitelná, jak je to umožněno u jiných modernějších strojů ve společnosti. Jednotlivé skupiny nástrojů používaných při měkkém obrábění dílu Ventilplatte CP3 jsou následující:

- hrubovací nůž s VBD,
- dokončovací nůž s VBD,
- tvarový povlakovaný monolitní vrták,
- monolitní povlakovaný vrták,
- zapichovací nože,
- monolitní nože pro vnitřní soustružení.

Pro analýzu byla použita metoda 5 krát proč, která je základní metodou popsanou v kapitole 5 *Vyhodnocení získaných dat* a princip metody nám pomůže odhalit možné příčiny problému. Metoda je velmi jednoduchá a její řešení je pomocí následujících otázek:

- Proč je efektivita výroby nízká?
- Protože stroj nevyrábí s maximálním využitím výrobního času (směny).
- Proč stroj nevyrábí s maximálním využitím výrobního času?
- Protože nástroje na obrábění jsou měněny častěji, než je předepsáno.
- Proč jsou nástroje na obrábění měněny častěji?
- Protože se nástroje na obrábění opotřebovávají po vyrobení různého počtu dílů, ale zpravidla nižšího, než je předepsáno.
- Proč se opotřebovávají rychleji, než je předepsáno?
- Protože výchozí materiál nebo řezné podmínky jsou nastaveny chybně.

Diagram rybí kosti vychází z definování problému v našem případě nízkou efektivitou stroje. Struktura byla vytvořena nejdříve pro hlavní skupiny stroj, vstupní materiál, prostředí, metody, měření a lidský faktor. Potenciální příčiny u každé hlavní skupiny bylo potřeba přemýšlet o potenciálních příčinách přispívajících k problému.

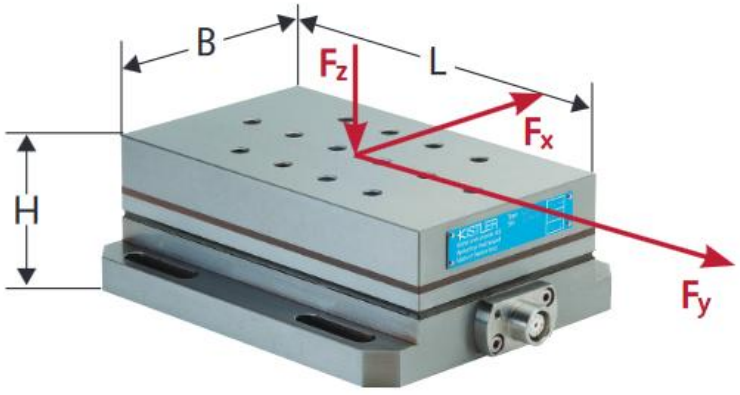


Obr. 19 Diagram rybí kosti.

Díky tomuto zjištění byly provedeny testy pro zjištění příčiny, zda je výchozí materiál dodáván v odlišné kvalitě, než je požadováno ve specifikaci nebo řezné podmínky v kombinaci s nástroji na obrábění jsou chybně nastaveny. Testy byly provedeny na VUT v Brně na ústavu strojírenské technologie pod vedením ředitele ústavu prof. Ing. Miroslava Píšky.

7.1.1 Měření sil při obrábění

Nejdříve bylo provedeno měření řezných sil při obrábění na hrotovém soustruhu TOS SU50, který je osazen měřícím piezoelektrickým křemíkovým dynamometrem rovněž od firmy KISTLER typ 9257B a osmi-kanálovou vyhodnocovací jednotkou od firmy KISTLER typu 5070A. Veškeré naměřené hodnoty jsou zaznamenávány pomocí softwaru DynoWare, ve kterém je možnost s naměřenými daty dále pracovat. Parametry měřícího piezoelektrického křemíkového dynamometru KISTLER 9257B jsou zaznamenány v tab. 9. Rozložení os na použitém dynamometru viz obr. 19.

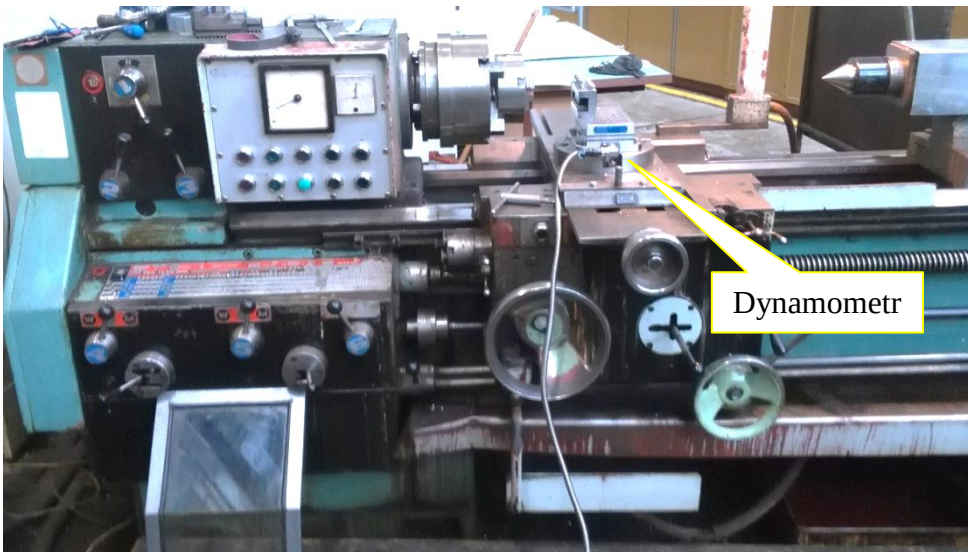


Obr. 20 Rozložení os a rozměry dynamometru KISTLER 9257B [14].

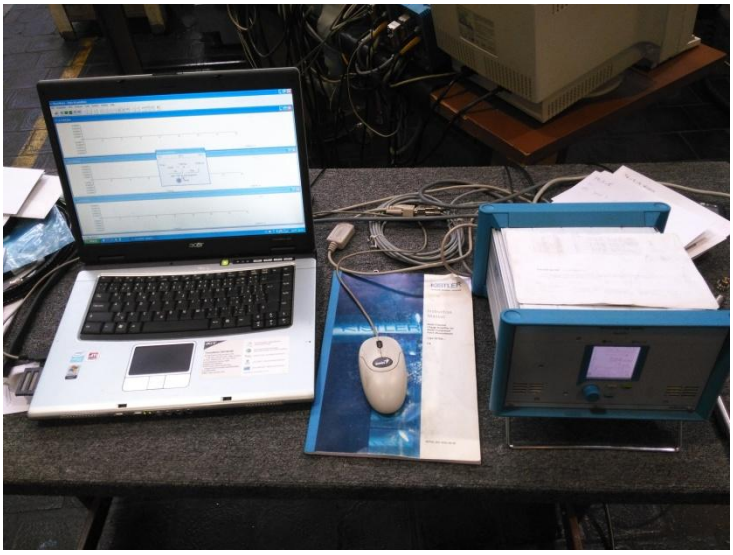
Tab. 9 Parametry dynamometru KISTLER 9257B [14].

Popis	**Jednotka**	**Hodnota**
Měřící rozsah		
Fx, Fy	kN	-5…5
Fz	kN	-5…10
Kalibrační rozsah měření		
Fx, Fy	kN	0…5
	kN	0…0.5
Fz	kN	0…10
	kN	0…1
Citlivost		
Fx, Fy	pC/N	≈-7.5
Fz	pC/N	≈-3.7
Frekvence		
fn(x), fn(y)	kHz	≈2.3
fn(z)	kHz	≈3.5
Rozsah teplot při měření	°C	0…70
LxWxH	mm	170x100x60
Hmotnost	kg	7.3
Stupeň ochrany IEC/EN 60529		IP67

Kompletní měřící zařízení osazené na hrotovém soustruhu TOS SU50 je zobrazeno na obr. 20. Notebook Acer se softwarem DynoWare a osmikanálovou vyhodnocovací jednotku KISTLER 5070A jsou zobrazeny na obr. 21.



Obr. 21 Dynamometr osazen na soustruhu TOS SU50.



Obr. 22 Notebook Acer a vyhodnocovací jednotka KISTLER 5070A.

Pro měření sil při soustružení bylo vybráno několik vzorků výchozího tyčového materiálu. Vzorky byly vybrány po konzultaci a zjištění, které materiálové šarže jsou problémové při obrábění s vedoucím zodpovědným za daný výrobní úsek. Tyče určené k testům o průměru 17 mm dále označovány jako OK a o průměru 15,5 mm byly dále označovány jako NOK z důvodu, že materiál o průměru 15,5 mm při procesu obrábění způsoboval zvýšené opotřebení nástrojů než materiál o průměru 17 mm.

Na měření sil byly nastaveny řezné parametry podobné, jako jsou nastaveny na výrobním stroji ve výrobě. Byly použity shodné nástroje a nástrojové držáky, taktéž z důvodu co nejmenšího ovlivnění výsledků měření. Nástroje pro měření sil byly vybrány, ty které jsou nejčastěji měněny a způsobují problémy při navazujících operacích. Tyto nástroje jsou následující:

- hrubovací nůž;

  (Hrubovací nůž obstarává první operaci obrábění a to konturu vnějšího tvaru výrobku.)

- dokončovací nůž.

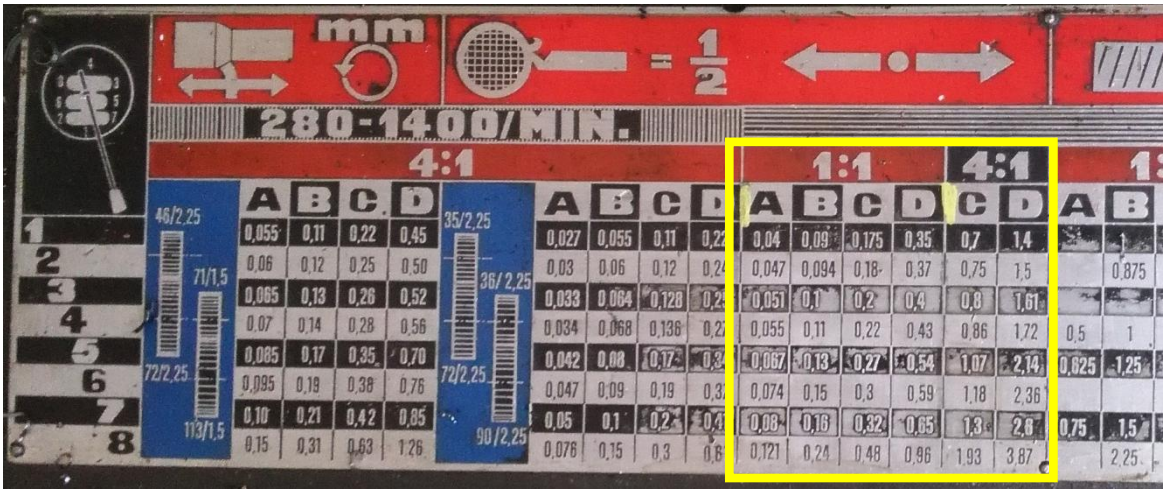
  (Dokončovací nůž má na starost úběr materiálu menší než hrubovací, ale tvoří strukturu povrchu vnější kontury dílu.)

Nástroje i nástrojové držáky jsou od výrobce Walter CZ s.r.o., který dodává do společnosti většinu nástrojů pro obráběcí operace. Pro hrubovací nůž je držák označen SDJCR616H11 a VBD nese označení DCMT11T304-MM4 WSM10S, a pro dokončovací operaci nástrojový držák SVJBR1616H11 s VBD VCGT110301-PF2 WSM20. Označení nástrojů je uvedeno dle normy ISO 1832, kterou používá většina výrobců obráběcích nástrojů. V tab. 10 jsou zobrazeny hodnoty řezných podmínek pro měření sil obou původních rozměrů výchozího tyčového materiálu. Pro dokončovací operace bylo nastaveno několik posuvů z důvodu měnící se hodnoty posuvu během obráběcího procesu. Dále bylo potřebné zajistit shodné průměry na měřených vzorcích, aby hodnoty silového zatížení nástrojů byly relevantní.

Tab. 10 Parametry při měření sil.

Původní průměr [mm]	**Operace**	**n [1/min]**	**a_p [mm]**	**f [mm/ot]**
15.5	Hrubování	1450	1	0.15
15.5	Dokončování	1450	0.2	0.1
15.5	Dokončování	1450	0.2	0.04
17	Hrubování	1450	1	0.15
17	Dokončování	1450	0.2	0.1
17	Dokončování	1450	0.2	0.04

Hodnoty parametrů obráběcího procesu pro měření byly voleny s ohledem na parametry soustruhu TOS SU50, který má rozsah otáček 0-1400 min^{-1} a posuv f volitelný z tabulky na obr. 22 dle zvýrazněného obdélníku. V případě nastavení jiných hodnot posuvu z tabulky na obr. 22 mimo vyznačenou hranici je nutno přeskládat ozubená kola ve stroji, což v našem případě nebylo nezbytné.



Obr. 23 Nastavitelný rozsah posuvů stroje TOS SU50.

Před každou skupinou měření bylo nutné pro dané parametry změřit čas obrábění a do programu nastavit čas, po který bude měření prováděno. Měření bylo provedeno nejdříve pro hrubovací operaci s parametry z tab. 10 pro původní průměr tyče 17 mm s vysunutím tyče z vřetene 20 mm a dále vysunutí 40 mm. Měřící proces byl stejným způsobem opakován i pro původní průměr 15,5 mm, kdy VBD byla otočena o 180° v nástrojovém držáku, aby bylo obráběno za stejných podmínek opotřebení nástroje.

Tab. 11 Naměřené hodnoty pro hrubování.

č.	Délka vyložení [mm]	Původní průměr [mm]	ap [mm]	f [mm/ot]	n [1/min]	$F_{z\,stř}$ [N]	$F_{y\,stř}$ [N]	$F_{x\,stř}$ [N]	K_c [N.mm^{-2}]
1	20	17	1	0.15	1450	468.25	62.39	266.95	3122
2	20	17	1	0.15	1450	453.23	65.99	259.04	3022
1	40	17	1	0.15	1450	462.73	61.17	267.64	3085
2	40	17	1	0.15	1450	463.43	66.39	273.62	3090
1	20	15.5	1	0.15	1450	452.39	66.95	266.06	3016
2	20	15.5	1	0.15	1450	461.98	67.05	266.35	3080
1	40	15.5	1	0.15	1450	453.99	66.65	267.37	3027
2	40	15.5	1	0.15	1450	460.11	68.4	262.5	3067

Z naměřených řezných sil a známých parametrů byl vypočítán měrný řezný odpor k_c pro sílu F_z.

$$k_c = \frac{F_{z\,stř}}{a_p \cdot f}\ [\frac{N}{mm^2}],$$

Při porovnání příslušných řezných odporů při stejném vyložení nelze pozorovat zásadní rozdíly co do velikosti ani rozdílné chování.

Obr. 24 Vzorky po hrubování.

Dále bylo provedeno měření sil pro dokončovací operace opět dle parametrů z tab. 10. Nejdříve bylo provedeno čtyřnásobné měření pro tyč o původním průměru 17 mm nastavením hodnoty posuvu f = 0,04 mm/ot a vysunutím měřené tyče z vřetene 20 mm (dále neměnné pro dokončovací operace z důvodu malé šířky záběru ostří 0,2 mm). V dalším kroku byla nastavena hodnota posuvu f = 0,1 mm/ot, vyměněna měřená tyč a naměřeny opět čtyři hodnoty. Tento krok byl opakován i pro tyč o původním průměru 15,5 mm. Naměřené hodnoty jsou zaznamenány v tab. 12, kde byla hodnota měrného řezného odporu vypočítána stejným způsobem jako při hrubování.

Naměřené hodnoty jsou zaznamenány v tab. 12, kde byla hodnota měrného řezného odporu vypočítána stejným způsobem jako při hrubování.

Tab. 12 Naměřené hodnoty pro dokončování.

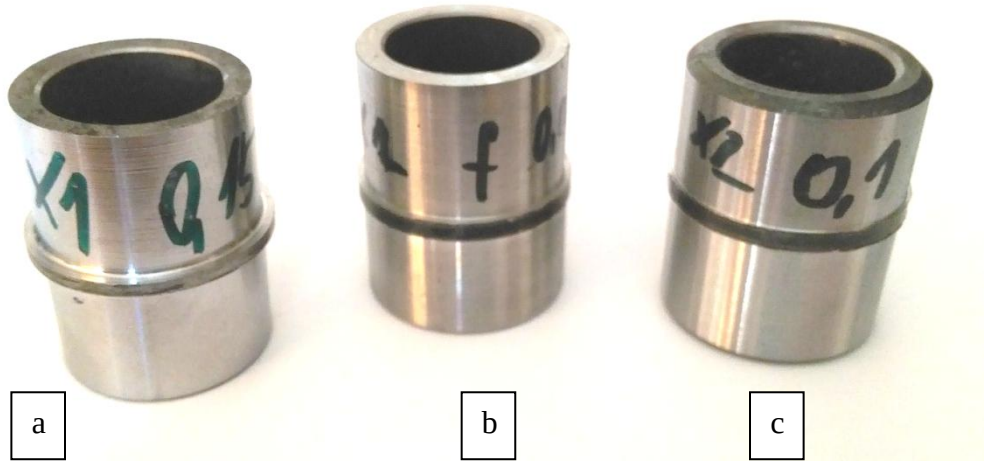
č.	Délka vyložení [mm]	Původní průměr [mm]	ap [mm]	f [mm/ot]	n [1/min]	$F_{z\,stř}$ [N]	$F_{y\,stř}$ [N]	$F_{x\,stř}$ [N]	K_c [N.mm^{-2}]
1	20	17	0.2	0.04	1450	46.37	12.65	29.34	**5796**
2	20	17	0.2	0.04	1450	43.69	14.82	27.27	5461
3	20	17	0.2	0.04	1450	42.73	13.74	29.46	5341
4	20	17	0.2	0.04	1450	41.86	12.41	25.45	5233
1	20	17	0.2	0.1	1450	72.86	29.73	32.93	3643
2	20	17	0.2	0.1	1450	90.15	30.38	41.47	**4508**
3	20	17	0.2	0.1	1450	74.06	29.47	33.76	3703
4	20	17	0.2	0.1	1450	74.12	31.12	32.97	3706
1	20	15.5	0.2	0.1	1450	90.72	27.42	47.51	**4536**
2	20	15.5	0.2	0.1	1450	74.88	28.76	32.94	3744
3	20	15.5	0.2	0.1	1450	71.49	29.48	34.27	3575
4	20	15.5	0.2	0.1	1450	79.02	30.48	36.03	3951
1	20	15.5	0.2	0.04	1450	43.90	14.08	29.48	5488
2	20	15.5	0.2	0.04	1450	46.33	15.02	31.54	**5791**
3	20	15.5	0.2	0.04	1450	45.92	13.11	31.23	5740
4	20	15.5	0.2	0.04	1450	45.18	17.26	29.41	5648

Obr. 25 Vzorky po dokončování.

Opět při porovnání jednotlivých posuvů f (0,04 a 0,1 mm/ot) nelze pozorovat rozdílné chování jednotlivých materiálů. Pro porovnání naměřených hodnot sil a vypočítaných sil bylo provedeno porovnávací měření se stejnými nástrojovými držáky i nástroji na trubce vyráběnou shodnou technologií s průměrem 24 mm. Otáčky n = 875 min^{-1} pro daný průměr trubky byly určeny ze stejné řezné rychlosti jako u předchozích měření v_c = 68 m/min.

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D}$$

Měřené trubkové vzorky jsou zobrazeny na obr. 25.



Obr. 26 Obrobené trubky pomocí - hrubování f = 0,15 mm/ot (a), dokončování f = 0,04 mm/ot (b), dokončování f = 0,1 mm/ot (c).

Naměřené hodnoty sil z měření byly zaznamenány do tab. 13 s vypočítaným řezným odporem pro sílu $F_{z\,stř}$.

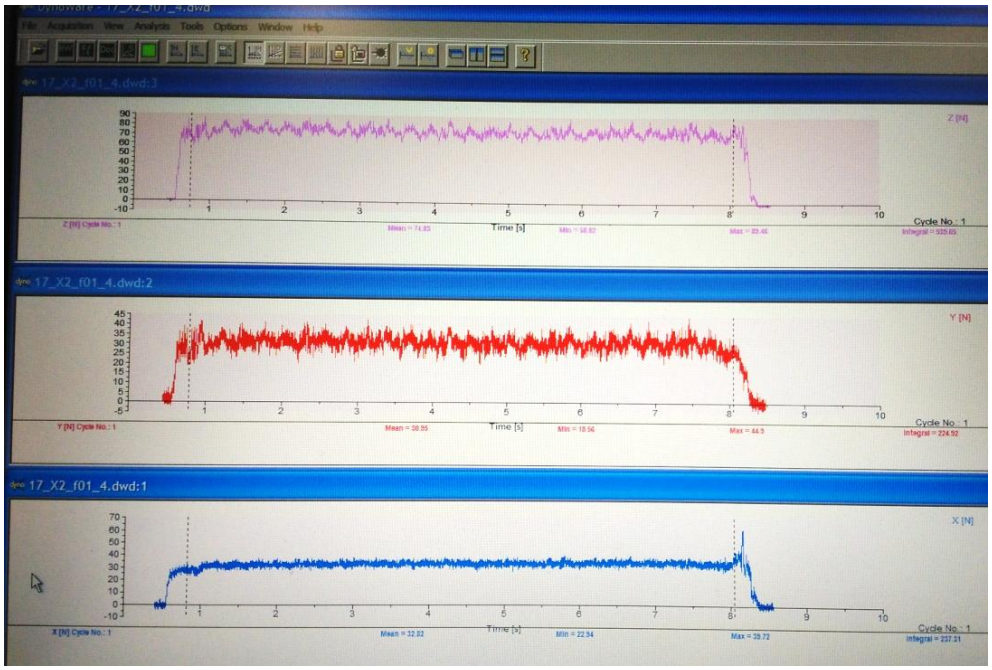
Tab. 13 Naměřené hodnoty při obrábění trubky o průměru 24 mm.

č.	Operace	Původní průměr [mm]	ap [mm]	f [mm/ot]	n [1/min]	$F_{z\,stř}$ [N]	$F_{y\,stř}$ [N]	$F_{x\,stř}$ [N]	K_c [N.mm^{-2}]
1	Hrub.	24	1	0.15	875	457.53	88.73	274.98	3050
2	Hrub.	24	1	0.15	875	456.95	87.51	277.14	3046
1	Dokon.	24	0.2	0.1	875	70.26	27.79	31.35	3513
2	Dokon.	24	0.2	0.1	875	70.05	25.96	30.76	3503
1	Dokon.	24	0.2	0.04	875	38.33	11.04	20.1	4791
2	Dokon.	24	0.2	0.04	875	39.34	11.9	20.94	4918

Pro každé měření byla potřeba úprava grafů na jednotlivě změřené osy, kde byla použita pouze část grafu bez náběhu měření a doběhu měření. Eliminace konců jednotlivých naměřených hodnot bylo potřeba provést ke zpřesnění výpočtu středních, minimálních a maximálních hodnot jednotlivých složek sil.

Z vypočítaných hodnot měrné řezné síly je patrné, že rozdíl hodnot pro porovnání hrubovacího procesu je jen nepatrně odlišný. Při porovnání měrného řezného odporu při daném posuvu u dokončování je rozdíl již významnější a to o stovky. Po konzultaci s prof. Ing. Miroslavem Píškou, CSc. byly následně provedeny tahové zkoušky, popsané v následující kapitole 6.2.2, pro upřesnění výsledků.

Graf s náběhem a doběhem pro jednotlivé osy je zobrazen na obr. 26 v programu DynoWare. Tento graf znázorňuje jedno měření pro tři snímané osy. Na obr. 26 je osa x znázorněna modrou barvou, osa y je červenou barvou a osa z je označena růžovou barvou.



Obr. 27 Zobrazení naměřených sil v programu *DynoWare*.

7.1.2 Tahové zkoušky

Tahové zkoušky byly provedeny na VUT v Brně na ústavu mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky. Princip tahových zkoušek je zcela odlišný, než při obráběcím procesu a to za malé deformační rychlosti, což je rozdíl mezi tahovou zkouškou a obráběcím procesem, kde je deformační rychlost značná. Tyto tahové zkoušky byly provedeny opět na tyčovém polotovaru o původních průměrech 15,5 mm a 17 mm.

Vzorky pro tahové zkoušky byly zhotoveny po předchozí diskuzi nad několika možnostmi finálního rozměru krčku (místa porušení) shodné pro oba průměry tyčoviny. Vhodné zkušební vzorky pro naměření tahových charakteristik byly vybrány tvarově viz obr. 27 a rozměrově zobrazeny ve výkresové dokumentaci v příloze č. 5, které byly zhotoveny v dílně ústavu strojírenské technologie panem Čechem. Vzorky bylo potřeba vyrobit přesně pro daný typ tahového zkušebního stroje ZD 40 a jeho upínacího mechanismu. Jednotlivé průměry s označením OK a NOK výchozího tyčového materiálu byly testovány po třech tahových vzorcích od každého průměru z důvodu získání co nejpřesnějších dat.

Obr. 28 Zkušební vzorek na provedení tahové zkoušky.

Po vyrobení a označení jednotlivých testovaných vzorků (OK vzorky označeny písmenem O a číslem 1-3, vzorky NOK označeny písmenem N a číslem 1-3) byly provedeny tahové zkoušky na hydraulickém zkušebním stroji ZD40 o maximálním tahu 400 kN, který je schopen řídit rychlost zatěžování a programově zpracovat zkoušky. Hydraulický zkušební stroj je vybaven vestavěným inkrementálním délkovým snímačem polohy příčníku s rozlišením 0,01 mm a snímačem síly s řídící jednotkou EDC 60. Dále byl použit stolní počítač se softwarem M-TEST v 1.7 pro tahovou, tlakovou a ohybovou zkoušku kovových materiálů dle EN 10001-2 s vyhodnocením výsledků a grafickým zpracováním. [15]

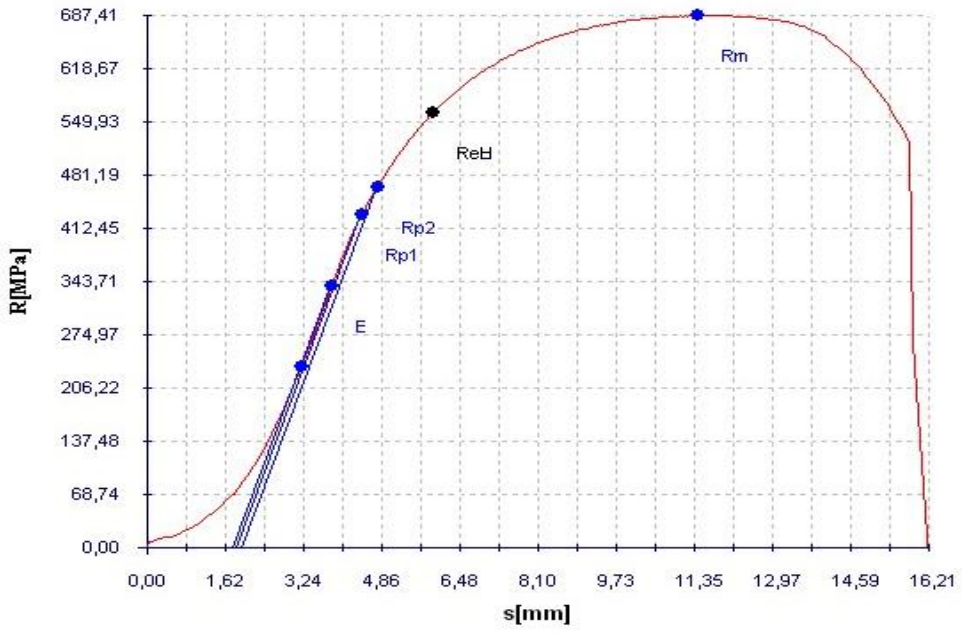
Tab. 14 Technické parametry EDC 60 [12].

Výrobce	HBM
Měřicí rozsah	8-400 kN
Chyba měření síly	±1% (třída přesnosti 1)
Měřicí rozsah měření dráhy	0-280 mm
Chyba měření dráhy	±0.01 mm
Sériové rozhraní RS323 pro komunikaci s PC COM1 pro PC s FIFO s max rychlostí 115 KB	
Inkrementální vstup pro napojení snímače dráhy	

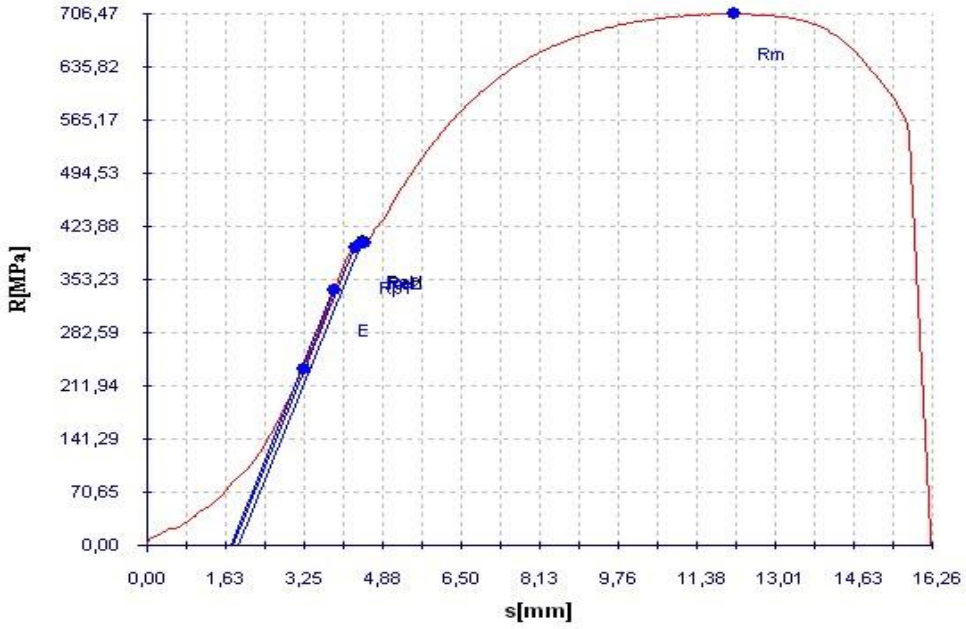
Zkušební stroj ZD40 s řídící jednotkou EDC 60 a stolním počítačem jsou umístěny v laboratoři mechanických zkoušek, které jsou zobrazeny na obr. 28. [15]

Obr. 29 Hydraulický zkušební stroj ZD40 s PC a řídící jednotkou EDC 60 [15].

Jednotlivé tahové zkoušky byly zaznamenány do softwaru M-TEST, zobrazeny pomocí grafu a hodnoty zapsány do tabulky. Tahová zkouška je graficky zobrazena jako závislost napětí na svislé ose v našem případě označeno jako R [MPa] a na vodorovné ose prodloužení vzorku označeno jako s [mm]. Na obr. 29 je možno vidět záznam měření pro vzorek O1 a na obr. 30 je možno pozorovat záznam měření pro vzorek N1.

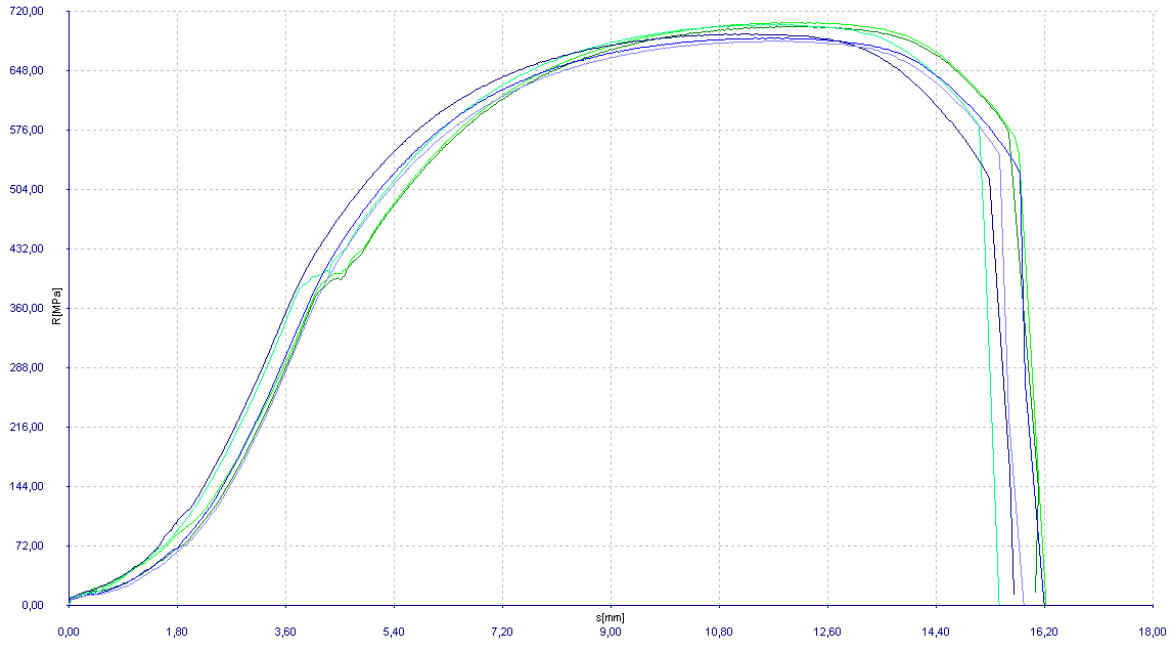


Obr. 30 Tahová zkouška pro vzorek s lepší obrobitelností.



Obr. 31 Tahová zkouška pro vzorek se zhoršenou obrobitelností.

Pro lepší porovnání všech průběhů a možných odchylek bylo provedeno sjednocení naměřených tahových zkoušek do společného grafu viz obr. 31.



Obr. 32 Sjednocení tahových zkoušek v grafu.

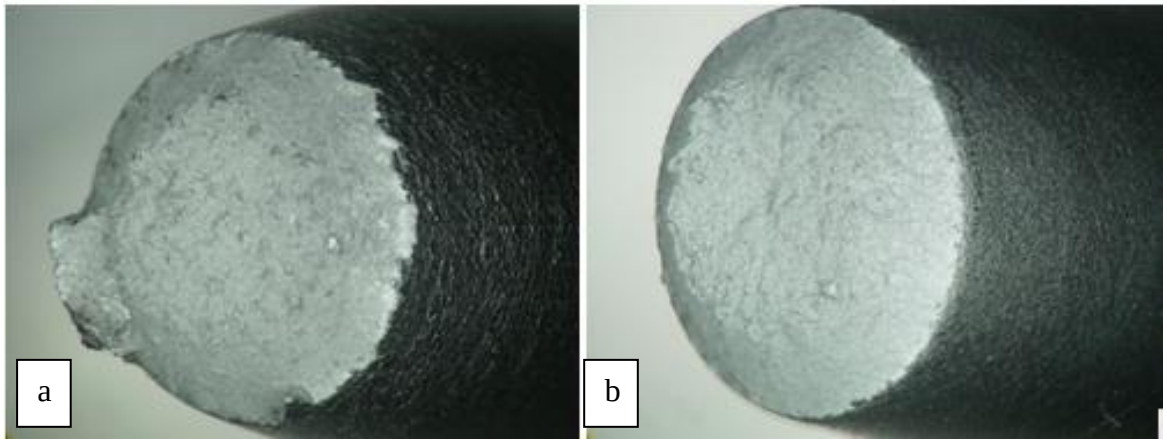
Naměřené hodnoty mechanických charakteristik byly zaneseny do tab. 15.

Tab. 15 Naměřené hodnoty tahových zkoušek.

Vzorek	F [N]	R_{p2} [MPa]	Rm [MPa]	A [%]	T [s]	Barva
O1	26454.8	465.05	687.41	28.57	70.98	Modrá
O2	26642.8	468.94	692.29	28.57	71.52	Fialová
O3	26323.2	450.86	683.99	31.43	70.56	Světle fialová
N1	27188.4	401.99	706.47	28.57	72.7	Světle zelená
N2	27000.4	394.9	701.58	27.14	72.26	Tmavě zelená
N3	27075.6	398.57	703.54	27.14	72.46	Modro zelená

Jak je z jednotlivých tahových zkoušek patrné vzorky s označením OK vykazují přibližně stejné tahové křivky a vzorky s označením NOK vykazují přibližně stejné tahové křivky. Pokud porovnáme tahové křivky vzorků s označením OK a NOK je zřejmé, že tyto materiály vykazují odlišné průběhy tahových zkoušek. Vzorky po provedené tahové zkoušce jsou zobrazeny na obr. 32 a detailní porovnání vzorku OK a NOK s pořadovým číslem 1 je zobrazeno na obr. 33.

Obr. 33 Vzorky po tahové zkoušce.



Obr. 34 Vzorek OK1 (a), vzorek NOK1 (b).

Vzorky s označením OK mají průběh tahového diagramu se smluvní mezí kluzu a nevykazují na rozdíl od vzorků NOK výraznou mez kluzu. Provedené testy byly svým chováním odlišné než při měření sil při obrábění.

7.1.3 Stav nástrojů při obrábění

Ve společnosti byly vybrány nestandardně opotřebené nástroje pro výrobu Ventilplatte CP3 a nasnímány pomocí elektrického mikroskopu připojenému k počítači. Jednotlivé nástroje popsány samostatně jsou následující:

- VBD pro hrubovací operace;

(Při operaci hrubování je nástroj velice mechanicky namáhaný, což bylo patrné již při výměnách nástrojů.)

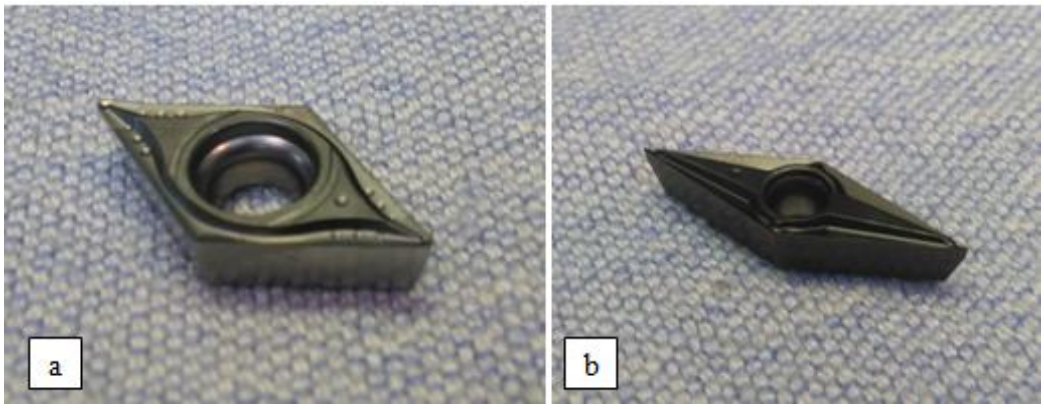
- VBD pro dokončovací operace;

(při dokončovacích operacích dochází k mechanickému poškození z důvodu nepřesnosti předchozích operací a neobrobení celého přídavku, což může způsobit zlomení nástroje),

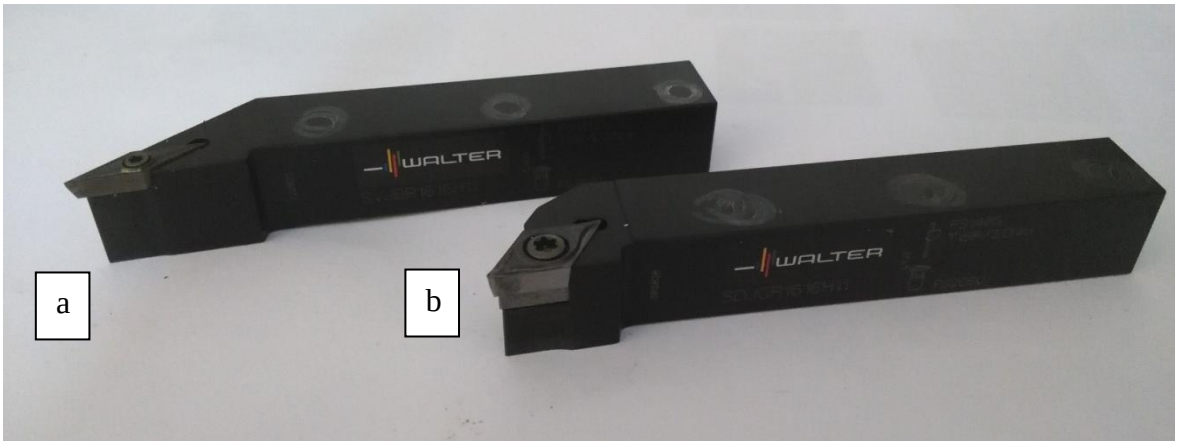
- vrták;
- VBD pro upichovací operace,
- monolitní vnitřní nůž,
- vrták,
- nástroj,

7.1.4 Hrubovací a dokončovací VBD

Pro zvýšení trvanlivosti nástroje již byly na stroji upravovány řezné podmínky, které trvanlivost spíše snižovali. Z tohoto důvodu bylo nutné navrhnout nové nástroje a vyzkoušet je při procesu obrábění. Nástroje bez opotřebení od firmy Walter CZ s.r.o. jsou zobrazeny na obr. 34.



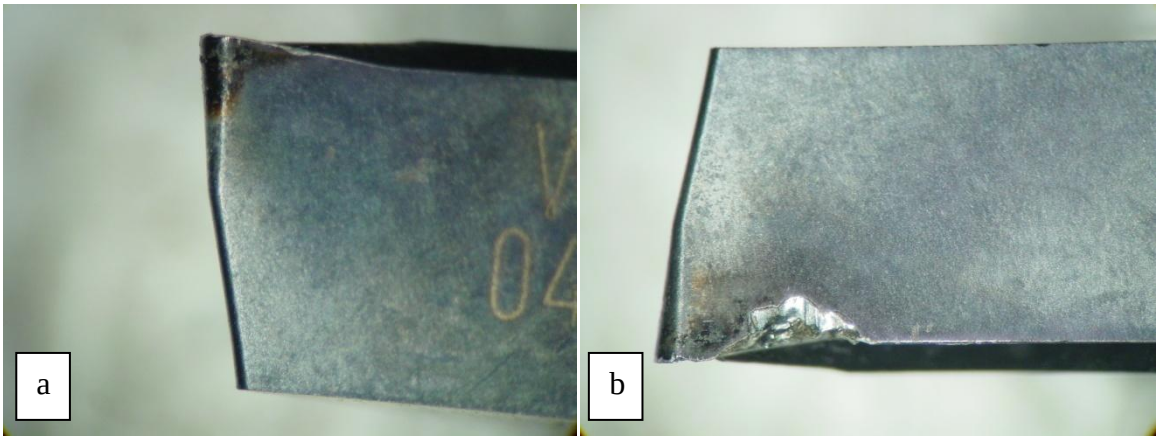
Obr. 35 VBD pro hrubovací operace (a), VBD pro dokončovací operace (b).



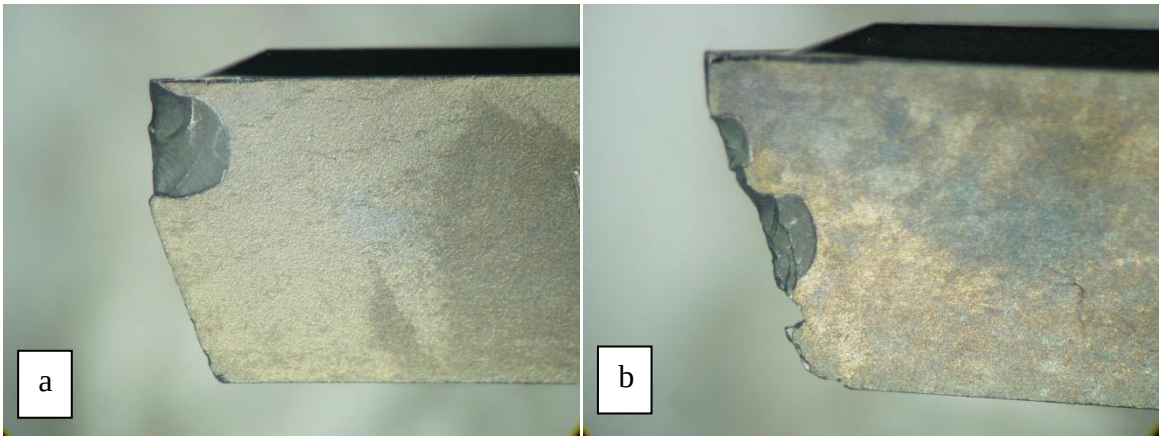
Obr. 36 Dokončovací VBD + držák (a), hrubovací VBD + držák (b).

Opotřebené nástroje, které při procesu obrábění vystaveny silovému působení nesou známky opotřebení. Druhy opotřebení jsou zapříčiněny vždy různými podmínkami obrábění, které mohou nastat pro každý nástroj zvlášť. Ve výjimečných situacích obráběcího procesu může dojít až k mechanickému poškození nástroje nebo až k ulomení některé jeho části. Opotřebení nástroje je nutné kontrolovat a v případě nutnosti nástroj vyměnit či otočit, pokud se jedná o vícebřitý nástroj. Opotřebení je možné kontrolovat i nepřímou metodou na vyrobených dílech.

Podmínky obrábění jsou měněny i při změně šarže vstupního tyčového materiálu. Jak bylo popsáno a ověřeno, zhoršení obrobitelnosti se vyskytuje při dodávání vstupního tyčového materiálu od stejného výrobce.



Obr. 37 Opotřebení hrubovacího nástroje.



Obr. 38 Opotřebení dokončovacího nástroje.

Nově vybrané nástroje byly od firmy SANDVIK následujícího označení pro hrubovací operace DCMT11T304-UM a pro dokončovací operace VCGT110301-UM. Po provedení seřízení a nainstalování nástrojů do stroje bylo zjištěno, že nástroje nejsou schopny obrobit optimální počet dílů. Průměrný počet vyrobených dílů na jednu VBD destičku byl 400 kusů, což je ekonomicky i technologicky nevýhodné. Pro zajištění větší trvanlivosti nástrojů je vhodnější používat odlišné nástroje.

Vhodným řešením nástroje pro hrubovací operaci by bylo použití nástroje s více řeznými hranami. Výhodné řešení pro volbu obráběcího nástroje firmy Walter CZ s.r.o. by bylo možné použití trojúhelníkových destiček s delší řeznou hranou než u původních VBD a to TCMT16T304 – PM3 nebo obdobných TCMT110204 – PM5, které jsou vhodné pro hrubovací operace materiálu 100Cr6. Tyto nástroje by s sebou přinesly řadu následujících výhod:

- větší počet řezných hran,
- tužší konstrukce,
- odolnost vůči většímu zatížení,
- snížení počtu výměn,
- snížení nákladů na nástroj.

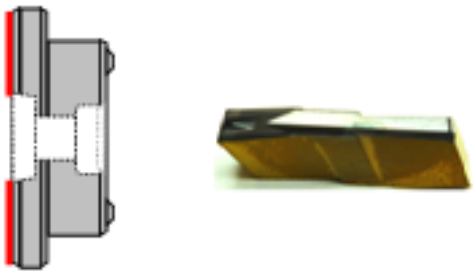
K používání tohoto typu nástroje by bylo nutné provést následující kroky:

- upravit sled operací (prohození dokončovací operace a zapichovací),
- zvolit vhodnou velikosti držáku nástroje,
- otestovat správnou funkci nástroje,
- odladit podmínky obrábění.

Výše popsané důvody je nutno vzít v úvahu při implementaci nových nástrojů do výrobního procesu.

7.1.5 Upichovací VBD

Pro upichovací operace je používána břitová destička od firmy Walter CZ s.r.o. s označením GX16-2E300N03-UD4 WSM33S., která je zobrazena na obr. 39.

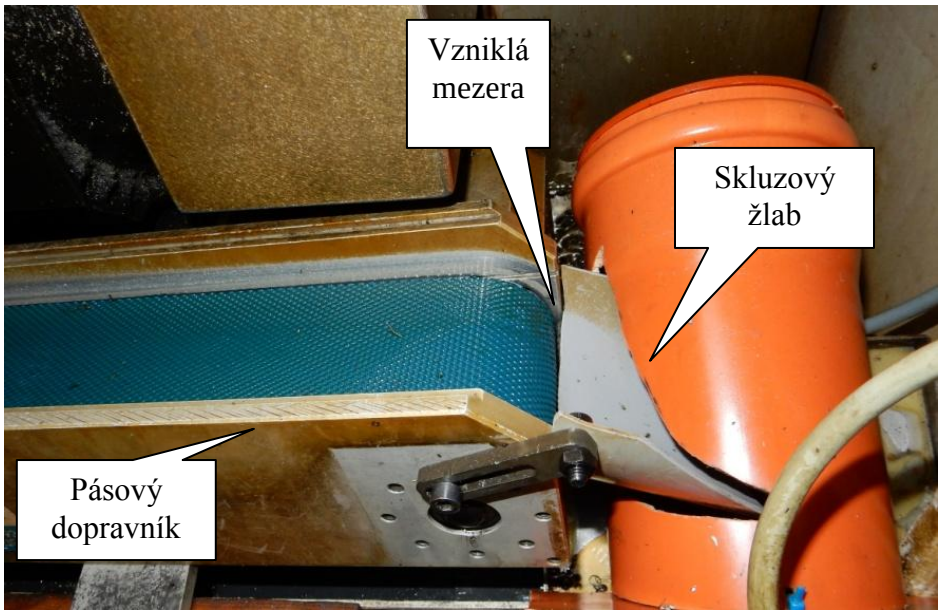


Obr. 39 Upichovací operace s VBD GX16-2E300N03-UD4 WSM33S [1].

Upichovací šířka destičky je 3 mm, což při sériové výrobě způsobuje velké množství třískového odpadu. Výhodnější by bylo použití destičky s označením GX16-1E200N02-UD4, která má upichovací šířku 2 mm. Destička má shodnou geometrii a liší se pouze v šířce.

7.2 Snížení počtu ztracených kusů

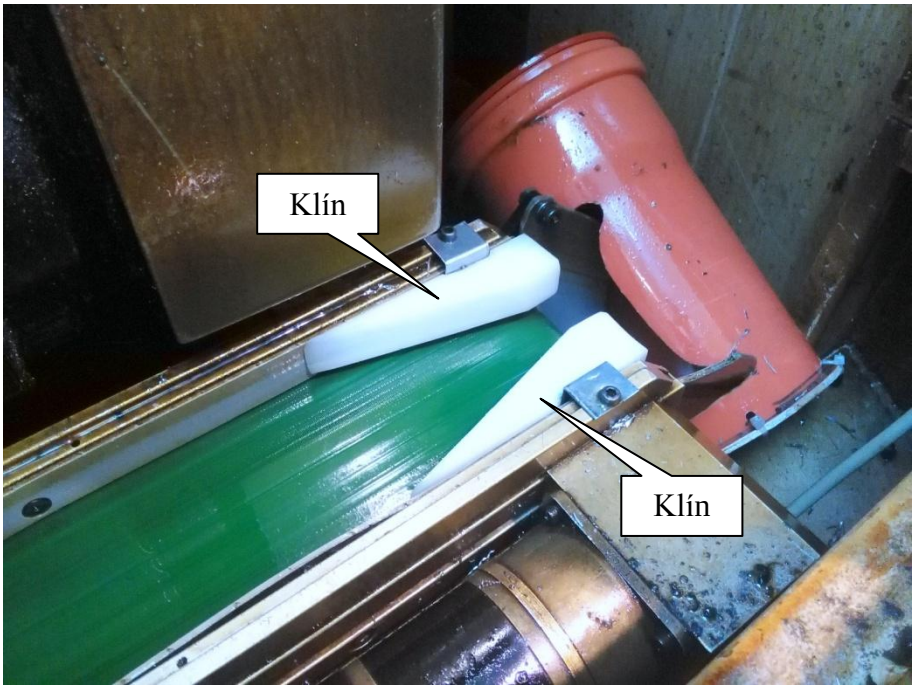
Při analýze sesbíraných dat z formuláře *Přehled výroby – hlášení směny* (příloha č.1) ze stroje TORNOS MD 20/6, které vyrábí Ventilplatte CP3, bylo zjištěno nestandardně se ztrácející kusy ve stroji. Byla provedena konzultace se zkušeným operátorem, seřizovačem a zjištěný problém byl odhalen na podávacím (vyhazovacím) pneumatickém rameni a na pásovém dopravníku hotových dílů. Při sběru dat bylo zjištěno při měsíčním sledování na třech strojích ztracené množství sílů od 190 do 858 ks, což není při sériové produkci zanedbatelné množství.



Obr. 40 Pásový dopravník dílů V*entilplatte CP3*.

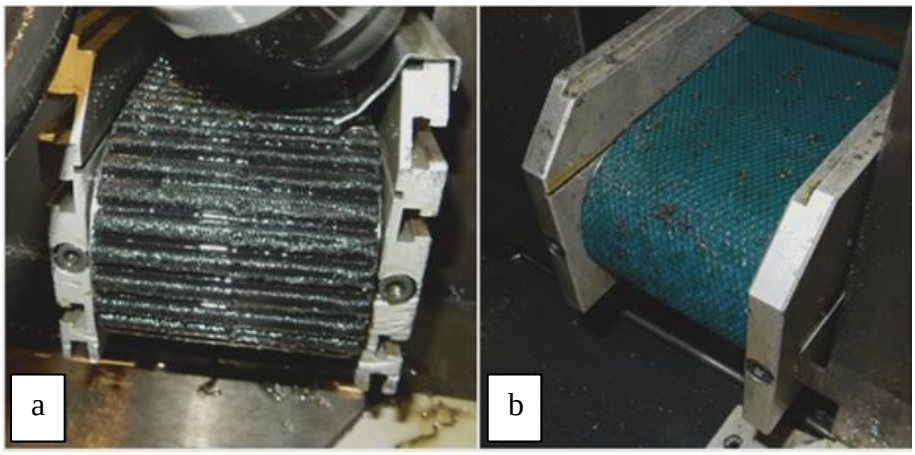
Problém s dopravníkem kusů byl vyřešen pomocí velmi jednoduchého zařízení, a to pomocí dvou plastových klínů uchycených na hliníkovou konstrukci pásového dopravníku naproti sobě. Úkolem bylo díly nasměrovat na střední část pásového dopravníku, jelikož mezi koncem pásového dopravníku a skluzového žlabu je značná mezera, kde docházelo

k zasekávání a ke ztrátě kusů viz obr. 18. Návrh řešení plastového klínu a jeho uchycení je zobrazeno na obr. 19 a výkres sestavy klínu a držáku je umístěn v příloze č. 3.



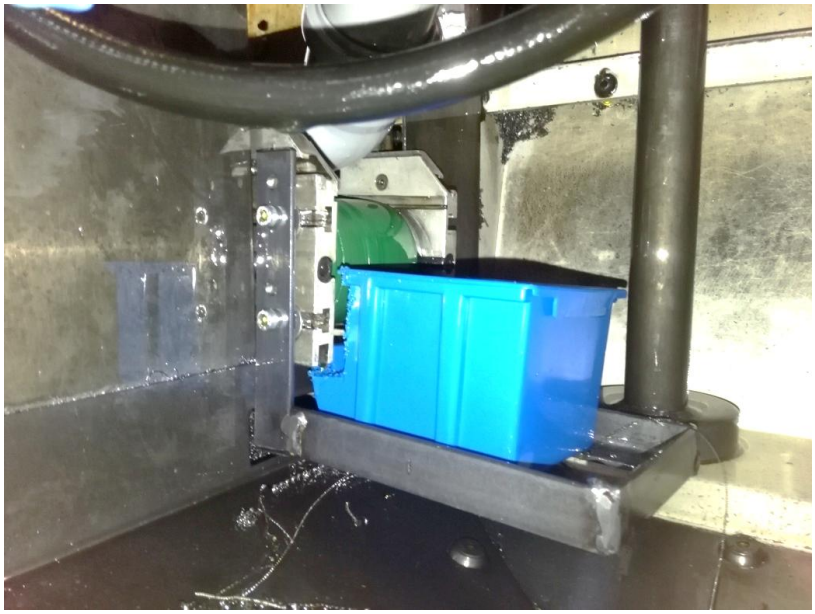
Obr. 41 Upevnění klínů na pásovém dopravníku.

Dále bylo nutné zachytávat padající kusy do stroje z druhé strany pásového dopravníku. Nejdříve bylo zapotřebí vymyslet uchycení záchytné krabičky, která bude po celou dobu v procesní kapalině za vyšší provozní teploty. Uchycení krabičky muselo být realizováno podvěsným držákem z důvodu jednoduchého odebrání krabičky s případnými zachycenými díly, který musel být kompaktní pro všechny druhy dopravníků ve všech obráběcích strojích TORNOS MD 20/6. Na jednotlivých strojích jsou různé konstrukce pásových dopravníků (s bočními T-drážkami, bez drážek viz obr. 20), ale rozměrově shodných, což je pro návrh důležité. U pásových dopravníku s T-drážkami bude použito T-matic pro uchycení držáku bez nutnosti úprav hliníkové konstrukce pásového dopravníku.



Obr. 42 dopravník s drážkami (a), dopravník bez drážek (b).

Návrh držáku konstrukce a tvaru nalezneme na obr. 21, kde je svařovaná konstrukce z běžně dostupného hutního materiálu, jako jsou ploché tyče, tyče tvaru L a plech. Výkresová dokumentace se nachází v příloze č. 4. Rozměry byly voleny v závislosti na rozměrech pásového dopravníku, dostupných rozměrů plastových krabic v komerčním prodeji a počtem ztracených dílů během jedné směny. Krabička byla upravena částečnou redukcí výšky čela. Ztracené kusy je nutné z krabičky vyjmout po každé směně nebo při výrobě další výrobní série, tak aby nedocházelo k mísení sérií.



Obr. 43 Držák krabice a krabice na zachytávání kusů.

Velmi důležité pro použití záchytné krabičky je uvědomit si riziko, které vzniká pro systematičnost měření.

8 DISKUZE, VYHODNOCENÍ ZLEPŠENÍ EFEKTIVITY STROJŮ

V práci bylo řešeno zvýšení efektivity výrobního stroje pomocí moderních nástrojů vycházejících z praxe velkých výrobních závodů. Tyto nástroje byly již v běžné praxi mnohokrát ověřeny a osvědčují se v mnoha průmyslových odvětvích. Tyto nástroje pomáhají k zjištění problému, příčiny a k její eliminaci. Efektivita strojů je určena pomocí vyrobeného množství shodných dílů dle technické dokumentace za daný časový úsek. Zvýšení efektivity spočívá ve snížení vedlejších časů při výrobě, které snižují čas určený na samotnou výrobu dílů. Snížením vedlejších časů, jakými jsou např. měření dílů operátory, porucha stroje, výměna nástrojů, seřízení stroje, atd., lze docílit výrazného zlepšení efektivity strojů.

Pro sběr dat nutných k analýze procesu je používán již poněkud pomalý a neefektivní sběr pomocí „papírového formuláře“. V tomto případě by byl vhodnější elektronický sběr pomocí čtecích zařízení a čárových kódů. Tento způsob sběru dat by jednoznačně přispěl ke zrychlení toku informací ve firemní struktuře. Propojení s databázovým systémem by vedlo ke snížení chybně zadaných dat do systému. Další výhodou by bylo rozšíření sbíraných dat o další potřebné údaje, jako jsou typy poruch pro konkrétní stroj.

Závažnější problém, který snižuje efektivitu a také zvyšuje náklady na výrobu dílů je spojen s vyšší spotřebou nástrojů. Z tohoto důvodu bylo v dalším kroku zkoumání výchozího vstupního materiálu, který se používá se při dílu Ventilplatte CP3. Jako první možnost byla vyloučena změna výchozího vstupního materiálu z důvodu předpisu zákaznické normy na používaný materiál.

Další možnost jak docílit vyšší efektivity bylo zjištění, zda používané nástroje pro obráběcí proces jsou vhodné. Testováním nejproblémovějších nástrojů při podobných podmínkách jako v sériové výrobě byly zjištěny nepatrně vyšší řezné odpory, než bylo naměřeno u jiného podobného materiálu. Z tohoto zjištění vyplývá, že nástroje jsou nadměrně zatěžovány, což může vést až ke zlomení nástrojů. Změna nástrojů může vést ke zvýšení efektivity stroje, ale je nutné otestovat jednotlivé konkrétní nástroje pro výchozí tyčový materiál za stejných podmínek, za jakých budou používány.

ZÁVĚR

Zvýšení efektivity spočívá v odstranění největších odstávek při výrobě. Tyto odstávky jsou způsobovány faktory, kterými jsou poruchy stroje, seřízení, lidská chyba v procesu, používané nástroje, nevhodný vstupní tyčový materiál, atd. Zavedením do procesu relativně levných a jednoduchých zařízení na obráběcí stroj bylo dosaženo úspor. Zachycené díly pomocí krabice na pásovém dopravníku hotových dílů, které každý měsíc končili mezi třískovým odpadem, bylo v průměru 600 kusů na jeden výrobní stroj TORNOS MD 20/6. Výsledkem roční úspory je tedy 7200 kusů dílů Ventilplatte CP3 na jeden výrobní stroj. Tento přínos má i kladný vliv na efektivitu stroje, jelikož tyto dříve „ztracené kusy“ lze posoudit jako shodné a započítat je do statistiky. Úspora na jednom výrobním stroji je schopna pokrýt 32 hodin výroby za rok, ale je nutné počítat s možnými riziky spojenými s používáním záchytné krabice.

Dalšího zvýšení efektivity, z důvodu podstatného vlivu na konečnou cenu nejen dílu Ventilplatte CP3je nutnost redukovat spotřebu nástrojů. V tomto případě se jedná o obráběcí nástroje, které jsou stále zdokonalovány změnou geometrie a různými typy povlaků. Ve společnosti jsou používány nástroje, které jsou relativně nové v portfoliu dodavatele, ale bohužel ne vždy se podaří dosahovat vhodných optimálních výsledků trvanlivosti. Z tohoto důvodu je nutné otestovat nástroje od jiných výrobců. Při testování se posuzuje trvanlivost nástroje, kvalita struktury povrchu hotového dílu v závislosti na nákladech za nástroj. Testováním nástrojů pro hrubovací a dokončovací operace podobných jako původní, ale od jiného výrobce nebylo dosaženo zlepšení obráběcího procesu a byl navržen nástroj s odlišným tvarem. Při použití trojúhelníkových VBD dojde k úspoře 126 kusů nástrojů při shodné trvanlivosti na jeden nástrojový břit, jako tomu bylo u původních destiček při plánovaném ročním množství výroby. Použitím upichovacích destiček s označením GX16-1E200N02-UD4, jejichž upichovací šířka je 2 mm, lze značně snížit náklady na vstupní tyčový materiál. Z každého vyrobeného kusu dílu Ventilplatte CP3 při průměru tyče 15,5 mm je úspora materiálu cca 1,48g. Při roční produkci 1 285 000 kusů Ventilplatte CP3 úspora materiálu činí 1901,8 kg.

V budoucnu bude prováděn sběr dat ke zjištění výstupů z tahové zkoušky pro jednotlivé nové materiálové šarže. Tento krok přispěje při problémech materiálem ke zjištění odlišností v chování mechanických charakteristik stejného materiálu s dobrou obrobitelností.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] MICHEL PRECIZNÍ TECHNIKA. *Michel Precizní Technika s.r.o.*, interní dokumenty

[2] FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.

[3] NOVÁK, Jaroslav. *RACIONALIZACE MANIPULACE S MATERIÁLEM V BOSCH DIESEL s.r.o.:Bakalářská práce.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 38 s., 14 příloh. Prof. Ing. Bohumil Hlavenka CSc.

[4] ŠŤASTNÝ, D. *Zkouška těsnosti vysokotlaké části čerpadla*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 53s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.

[5] SANDS, Jason. *Understanding and Modifying High-Pressure Fuel Pumps for Cummins, Duramax, and Power Stroke Engines* [online]. 2015 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: http://www.trucktrend.com/diesel-trucks/1509-understanding-modifying-high-pressure-fuel-pumps-for-cummins-duramax-and-power-stroke-engines/

[6] *The inner workings of a CP3 high pressure pump* [online]. 2010. Dostupné z: http://www.cumminsforum.com/forum/attachments/3rd-gen-performance-parts-discussion/21806d1266375087-inner-workings-cp3-high-pressure-pump-bosch-cp3.jpg

[7] TORNOS: MultiDECO. In: *Teximp* [online]. [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: https://www.teximp.com/view/data/1200/Tornos/MultiDECO_ENG_270807.pdf

[8] Co je SIX SIGMA. *Sixsigma-iq.cz* [online]. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: http://www.sixsigma-iq.cz/COJESIXSIGMA.asp

[9] PANDE, Peter S., Robert P. NEUMAN a Roland R. CAVANAGH. *Zavádíme metodu Six Sigma, aneb, Jakým způsobem dosahují renomované světové společnosti špičkové výkonnosti*. Brno: TwinsCom, 2002. ISBN 80-238-9289-4.

[10] MANAGEMENT MANIA. DMAIC–cyklus zlepšování. MANAGEMENT MANIA[online]. 2013. Dostupné z: http://managementmania.com/cyklus-zlepsovani.

[11] STŘELEC, Jiří a Jaromír KOCUREK. *5S - pořádek na pracovišti* [online]. 2012 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: http://www.vlastnicesta.cz/metody/5s-poradek-na-pracovisti/

[12] Co je to Lean? *LEAN EXPERTS* [online]. [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: http://www.leanexperts.cz/lean-sluzby/stihla-vyroba/

[13] GEORGE, Michael L. *Kapesní příručka Lean Six Sigma: rychlý průvodce téměř 100 nástroji na zlepšování kvality procesů, rychlosti a komplexity*. Brno: SC&C Partner, 2010. ISBN 978-80-904099-2-7.

[14] *Product Catalog: Sensors and Solutions for Cutting Force Measurement* [online]. KISTLER, 2014 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: https://www.kistler.com/fileadmin/files/divisions/sensor-technology/cutting-force/960-002e-05.14.pdf

[15] *Hydraulický zkušební stroj ZD40*. VUT v Brně.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
HRC	[-]	tvrdost dle Rockwella
HV	[-]	tvrdost dle Vickerse
KLT	[-]	box k přepravě dílů
VBD	[-]	vyměnitelná břitová destička

Symbol	Jednotka	Popis
E	[GPa]	Youngův modul pružnosti
$\mathbf{F_{x\,stř}}$	[N]	střední hodnota síly působící v ose x
$\mathbf{F_{y\,stř}}$	[N]	střední hodnota síly působící v ose y
$\mathbf{F_{z\,stř}}$	[N]	střední hodnota síly působící v ose z
$\mathbf{R_m}$	[MPa]	smluvní mez pevnosti materiálu v tahu
$\mathbf{R_{p1}}$	[MPa]	smluvní mez kluzu materiálu v tahu
$\mathbf{R_{p2}}$	[MPa]	smluvní mez kluzu materiálu v tahu
$\mathbf{a_p}$	[mm]	šířka záběru ostří
f	[mm/ot]	posuv
s	[mm]	prodloužení vzorku
$\mathbf{v_c}$	[$m.min^{-1}$]	řezná rychlost

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Formulář Přehled výroby – hlášení směny
Příloha 2 Výrobní postup Ventilplatte CP3
Příloha 3 Výkresová dokumentace klínu a držáku
Příloha 4 Výkresová dokumentace držáku krabice
Příloha 5 Výkresová dokumentace tahového vzorku

PŘÍLOHA 1

MICHNĚL Precizní technika s.r.o.

Přehled výroby - hlášení směny

Stroj: MD 20/6 Č. stroje: 7039 Název dílu: Vent. CP3 Č. dílu 410411 Datum: 10.3.2016 Číslo PA: 160236

Plán výroby 212 ks/h

Čas: od:	Čas: do:	Plán výroby	Vyrobeno celkem	Z toho špatných	Technologické kusy	Přerušení výroby od:	Přerušení výroby do:	Důvod přerušení	Poznámka
22:00	23:00	212					10'	Z92 -60	
23:00	00:00								
00:00	01:00								
01:00	02:00			29	9		20'	X1, X2 - 60	
02:00	03:00								
03:00	04:00			26	2			Uskočení ø-V.	
04:00	05:00				11			Platka	
05:00	06:00	212			19			Ztraceno (2x - Frézami)	
Spolu ks		1700	1700	55	41				
06:00	07:00	212						Jmeno: KH	
07:00	08:00								
08:00	09:00								
09:00	10:00			35	6			X2-KO, PLÁŠTKY	
10:00	11:00								
11:00	12:00								
12:00	13:00				3			ZTRACENO	
13:00	14:00	212							
Spolu ks		1700	1700	35	9				
14:00	15:00	212						Jmeno: JH	
15:00	16:00								
16:00	17:00			50	5			Zlomení x1, x2, Výměna plátku	
17:00	18:00								
18:00	19:00								
19:00	20:00								
20:00	21:00								
21:00	22:00	212			10				
Spolu ks		1400	1400	50	15			Ztraceno	
Celkem									
								Jmeno: FC	

PŘÍLOHA 2 – 1/2

Routing Sheet

12. Květen 2016
Page 1
bardon

Filter Hlavička TNG postupu,
Filter Řádek TNG postupu,

Číslo zákaznického výkresu
Index zákaznického výkresu
Index kusovníku
Datum zákaznické zmeny
Výrobní množství
Active Version

Položka karty **Ventilplatte CP3**

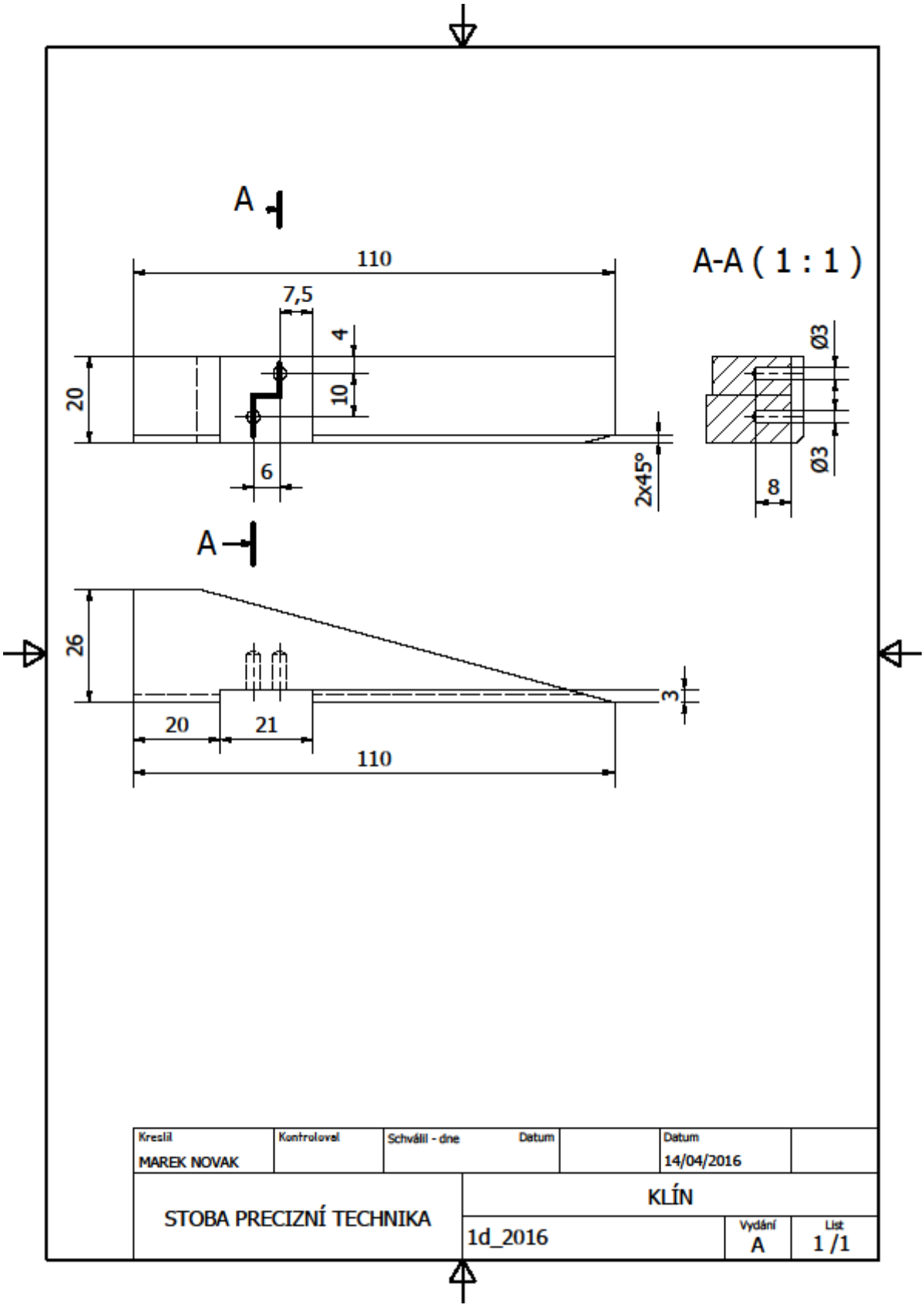
Použitelný s kusovníkem
pracovním postupem Ventilplatte CP3 Certifikovaný Sériový

Kód verze	Operation No.	Číslo	Description	Standard Task	Routing Link Code	Doba seřízení	Doba zpracování
10014	10100	AG-007053	CNC MS 20/6	soustružit	ROH AUTO		
			Samokontrola dle výkresu				
10014	*10100*	*AG-007039*	*CNC MS 20/6*	*soustružit*	*ROH AUTO*		
			Samokontrola dle výkresu				
10014	10200	AG-300001	Waschanlage PERO CZ	mytí			
			Automaticke mytí				
			Samokontrola				
10014	10400	AG-007043	Rundtakt Technica T10	vrtat, frézovat			
			žadné prostoje - nebezpečí koroze				
			Samokontrola dle výkresu				
10014	*10400*	*AG-007073*	*Rundtakt Ketterer 12 St*	*vrtat, frézovat*			
			žadné prostoje - nebezpečí koroze				
			šikmé vrtání 3 děr a frézování zakladního tvaru obrobku				
			Samokontrola dle výkresu				
10014	10500	AG-300001	Waschanlage PERO CZ	mytí			
			Automatické mytí				
			Samokontrola dle				
10014	10700	FF-000009		izotermicky zakalit			
			Izotermické kalení dle výkresu				

PŘÍLOHA 2 – 2/2

Kód verze	Operation No.	Číslo	Description	Standard Task	Routing Link Code	Doba seřízení	Doba zpracování
10014	*11100*	*AG-007034*	*Futterdrehmaschine K90 HD*	*tvrdé obrábění*			
			Tvrdé obrábění čela dle výkresu *Díly zakonzervovány dle předpisu* *Samokontrola dle výkresu* *Zabalit do zákaznických blisterů dle zákaznické směrnice*				
10014	11200	AA-300004	Kontrolle Werk Brno	100% kontrola			
			100% vizuální kontrola dle katalogu chyb				
10014	11300	AA-300001	Endkontrolle	konečná kontrola			
			Výstupní kontrola dle výkresu				
10014	11400	AA-300003	Einbuchung	odbavit			

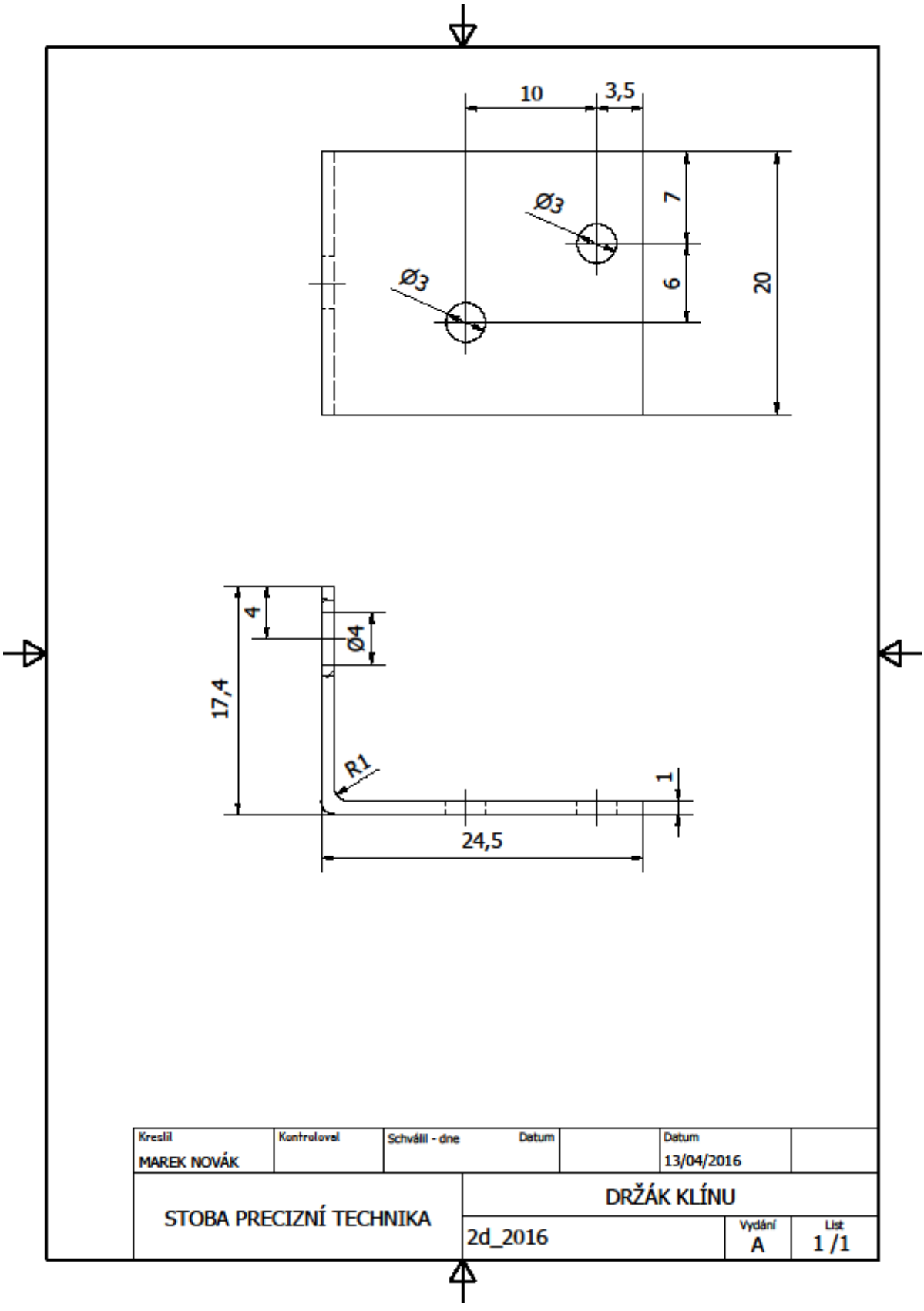
PŘÍLOHA 3 – 1/3



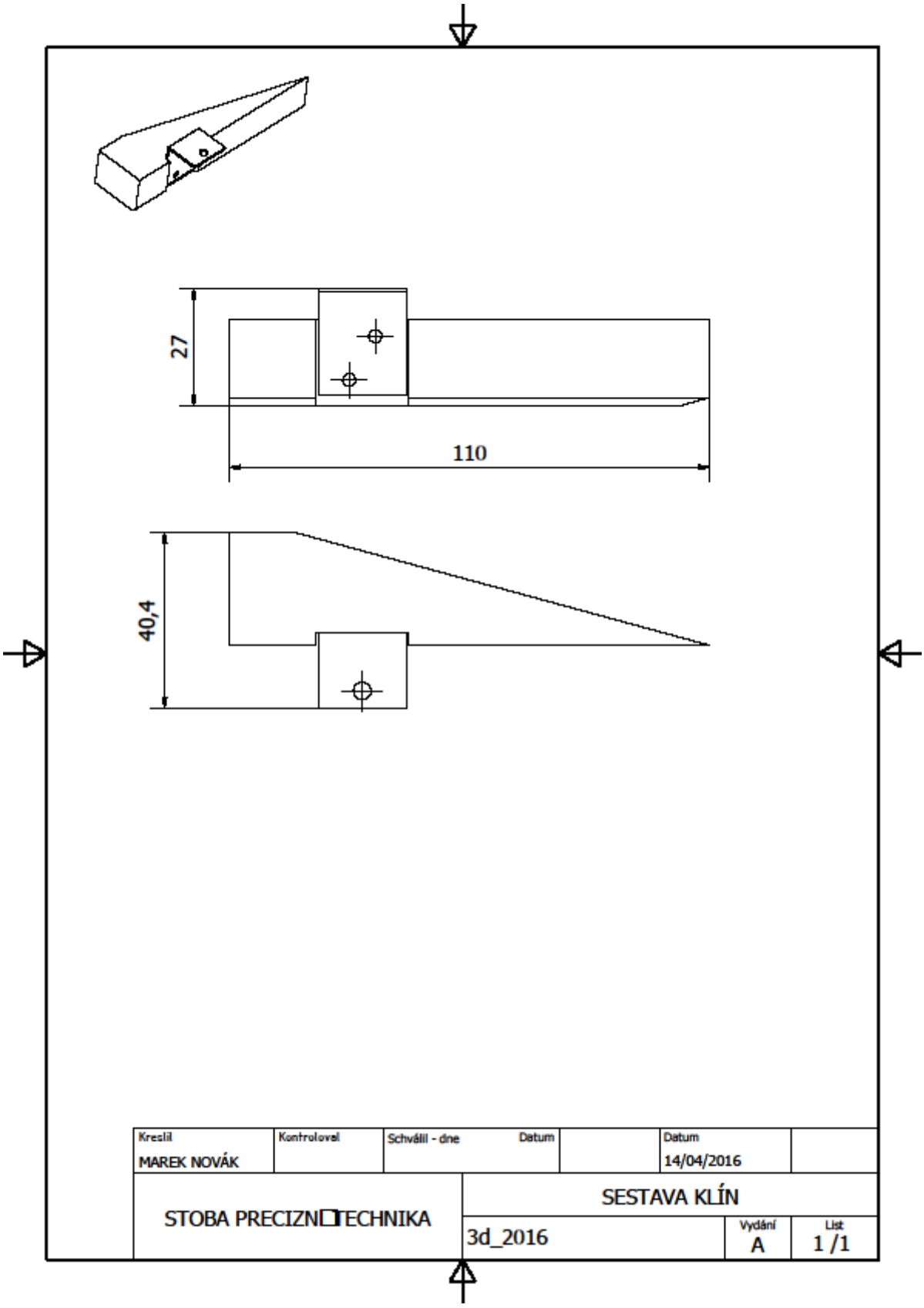
Kreslil	Kontroloval	Schválil - dne	Datum	Datum	
MAREK NOVAK				14/04/2016	

STOBA PRECIZNÍ TECHNIKA	KLÍN		
	1d_2016	Vydání A	List 1 /1

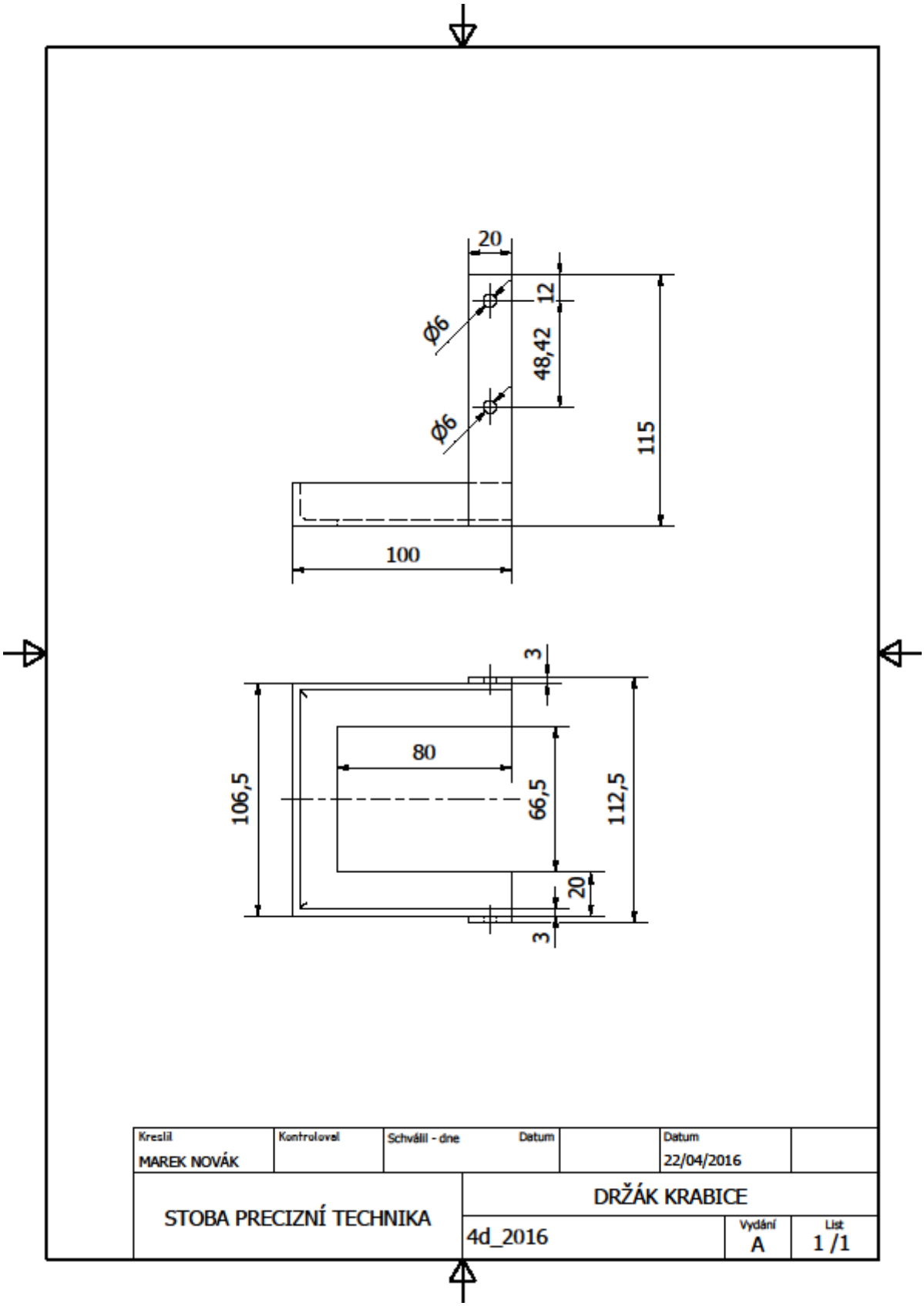
PŘÍLOHA 3 – 2/3


10
3,5
7
6
20
Ø3
Ø3
4
Ø4
17,4
R1
1
24,5
Kreslil
MAREK NOVÁK
Kontroloval
Schválil - dne
Datum
Datum
13/04/2016
STOBA PRECIZNÍ TECHNIKA
DRŽÁK KLÍNU
2d_2016
Vydání
A
List
1 /1

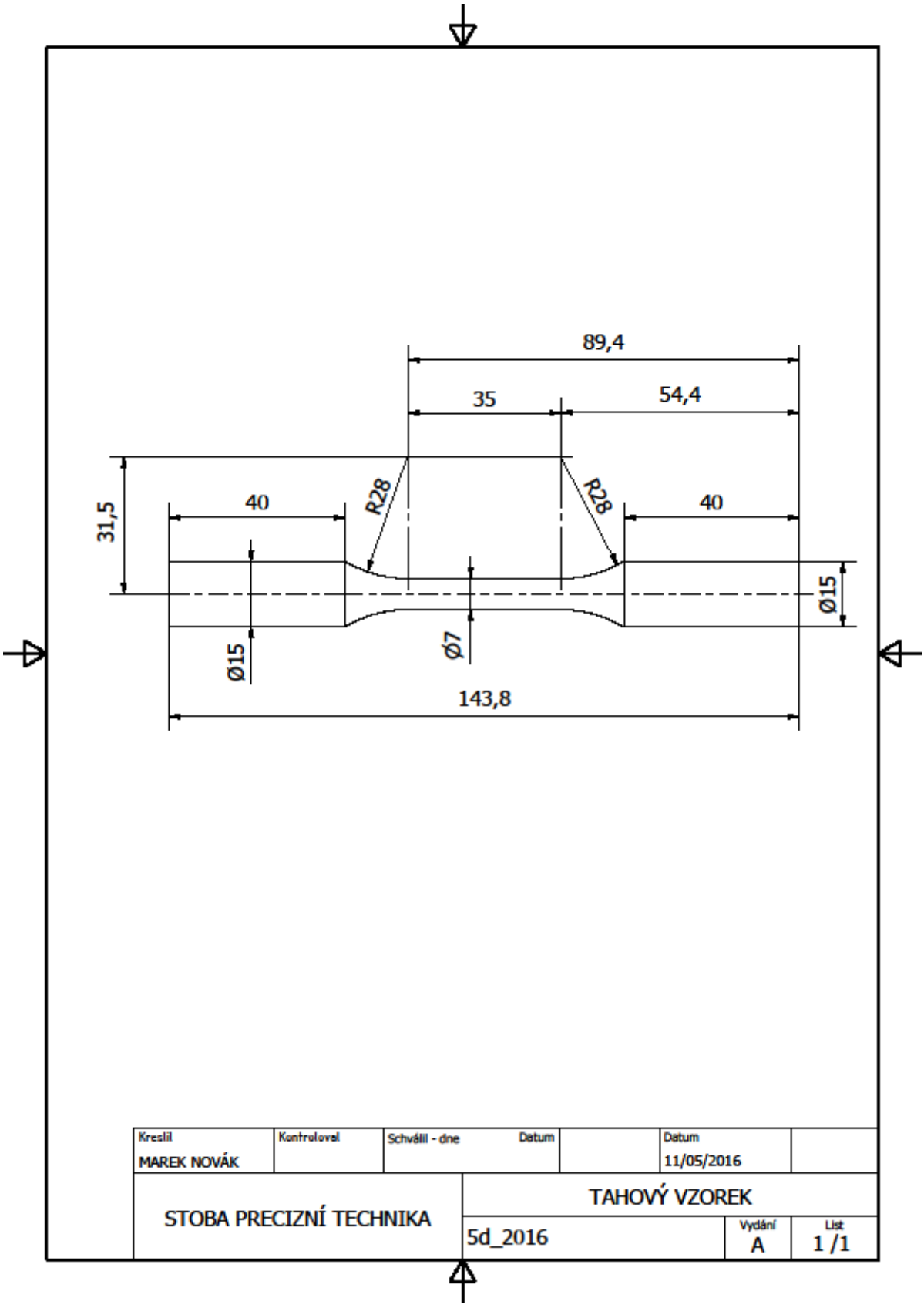
PŘÍLOHA 3 – 3/3


27
110
40,4
Kreslil
MAREK NOVÁK
Kontroloval
Schválil - dne
Datum
Datum
14/04/2016
STOBA PRECIZNÍ TECHNIKA
SESTAVA KLÍN
3d_2016
Vydání
A
List
1 /1

PŘÍLOHA 4


20
12
Ø6
48,42
Ø6
115
100
3
80
106,5
66,5
112,5
20
3
Kreslil
MAREK NOVÁK
Kontroloval
Schválil - dne
Datum
Datum
22/04/2016
STOBA PRECIZNÍ TECHNIKA
DRŽÁK KRABICE
4d_2016
Vydání
A
List
1 /1

PŘÍLOHA 5


89,4
35
54,4
31,5
40
R28
R28
40
Ø15
Ø15
Ø7
143,8
Kreslil
MAREK NOVÁK
Kontroloval
Schválil - dne
Datum
Datum
11/05/2016
STOBA PRECIZNÍ TECHNIKA
TAHOVÝ VZOREK
5d_2016
Vydání
A
List
1 /1