

Racionalizace zkušebního dílce pro zkoušku geometrické přesnosti v procesu montáže obráběcího stroje

Bc. Stanislav Loužil



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Stanislav Loužil
Osobní číslo:	M22326
Studijní program:	N0488P050002 Průmyslové inženýrství
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Racionalizace zkušebního dílce pro zkoušku geometrické přesnosti v procesu montáže obráběcího stroje

Zásady pro vypracování

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši z oblasti výrobního a montážního procesu CNC obráběcího stroje.

II. Praktická část

- Analýzujte současný způsob testování geometrické zkoušky přesnosti na zkušebním kusu a definujte problémovou oblast.
- Na základě výsledků analýzy vypracujte projektový návrh na zefektivnění problémové oblasti a návrh ekonomicky zhodnoťte.

Závěr

Rozsah diplomové práce: **cca 70 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

BRAU, Sebastian J. *Lean manufacturing 4.0: the technological evolution of lean: practical guide on the correct use of technology in lean projects Kanban, 5S, TPM, Kaizen, VSM, 6Sigma, SMED OEE, Hoshin Kanri, Gemba, JIT, TPS, PDCA...* Boca Raton: American Lean SD, 2016. ISBN 978-15-393-2294-8.
FLIDR, Jiří. *Propojení výroby a informačních systémů v praxi*. Praha: Grada, 2023. ISBN 978-80-271-2459-6.
KOTLER, Philip a KELLER, Kevin Lane. *Marketing management*. Boston: Pearson, 2016. ISBN 978-1-292-09262-1.
MAREK, Jiří. *Stavba a provoz CNC obráběcích strojů Průvodce digitální verzí*. Praha: MM, 2023. ISBN 978-80-907452-3-0.
ŠTULPA, Miloslav. *Technologie obrábění: CNC soustružení, frézování, vrtání: pro praxi*. Praha: Grada, 2022. ISBN 978-80-271-2883-9.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Josef Sedlák, Ph.D.**
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Datum zadání diplomové práce: **10. února 2025**
Termín odevzdání diplomové práce: **25. dubna 2025**

L.S.

doc. Ing. Michal Pilík, Ph.D.
děkan

prof. Ing. David Tuček, Ph.D.
garant studijního programu

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení diplomové práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že

- jsem na diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá racionalizací využití zkušební dílce NASA při ověřování geometrické přesnosti osy C u nově vyráběných CNC obráběcích strojů ve společnosti TOSHULIN, a.s. Cílem práce je navrhnout efektivní postup, který umožní provedení více zkoušek na jednom dílci bez nutnosti jeho přesoustružení, čímž dojde ke snížení časové a materiálové náročnosti procesu. Hlavní použité metody zahrnují analýzu procesu a cyklus PDCA. Výsledkem je implementovatelné řešení, které zvyšuje efektivitu, standardizaci a snižuje náklady v rámci montážního procesu. Závěrem jsou vyhodnoceny přínosy navrženého postupu a jeho dopad na provozní výkonnost podniku.

Klíčová slova: zkušební dílec, geometrické přesnost, CNC obráběcí stroj

ABSTRACT

The diploma thesis focuses on the rationalization of the use of the NASA test workpiece in verifying the geometrical accuracy of the C-axis on newly manufactured CNC machine tools at TOSHULIN, a.s. The aim of the thesis is to propose an efficient procedure that allows multiple tests to be performed on a single workpiece without the need for re-turning, thereby reducing the time and material demands of the process. The main methods used include process analysis and the PDCA cycle. The result is an implementable solution that enhances efficiency, standardization, and reduces costs within the assembly process. In conclusion, the benefits of the proposed procedure and its impact on the operational performance of the company are evaluated.

Keywords: test workpiece, geometrical accuracy, CNC machine tool

Rád bych poděkoval doc. Ing. Josefu Sedlákoví, Ph.D. za rady a odborné vedení při psaní této diplomové práce.

Vedení společnosti TOSHULIN, a.s. za poskytnutí dat a informací a kolegovi Janu Varhaníčkoví za jeho odborné konzultace a ochotu při řešení technických aspektů projektu.

V neposlední řadě mé rodině za morální podporu a především přítelkyni Monice za pochopení a podporu v průběhu celého studia.

OBSAH

ÚVOD.....	11
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE.....	12
I TEORETICKÁ ČÁST	13
1 VÝROBNÍ A MONTÁŽNÍ PROCESY CNC OBRÁBĚCÍHO STROJE.....	14
1.1 STANDARDIZOVANÝ PROCES	14
1.2 ČLENĚNÍ PROCESŮ	14
1.3 TYPOLOGIE VÝROBNÍCH PROCESŮ	15
1.4 CHARAKTERISTIKA VÝROBNÍHO A MONTÁŽNÍHO PROCESU	16
1.4.1 Procesy výroby u CNC obráběcích strojů	17
1.4.2 Vliv logistiky na výrobní proces	17
1.4.3 Procesy montáže CNC obráběcích strojů.....	18
1.5 KONSTRUOVÁNÍ JAKO PROCES	18
1.6 INFORMAČNÍ TOK VE VÝROBNÍM PODNIKU A ERP SYSTÉMY	19
1.7 ŠTÍHLÁ VÝROBA	21
1.7.1 Plýtvání v kontextu štíhlé výroby	22
1.7.2 Just in Time	22
1.7.3 Totálně produktivní údržba	22
2 MANAGEMENT KVALITY VE VÝROBĚ CNC OBRÁBĚCÍHO STROJE	24
2.1 JAKOST A ŘÍZENÍ JAKOSTI	24
2.2 NEUSTÁLÉ ZLEPŠOVÁNÍ JAKOSTI	24
2.3 KONCEPCE ISO PRO VÝROBNÍ PODNIK	25
2.4 PRINCIPY MANAGEMENTU JAKOSTI	25
2.5 GEOMETRICKÁ PŘESNOST U CNC OBRÁBĚCÍCH STROJŮ	26
3 VYBRANÉ ANALÝZY A METODY PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ VE VÝROBNÍM PODNIKU	27
3.1 ANALÝZA PROCESŮ VE VÝROBNÍM PODNIKU	28
3.2 SWOT ANALÝZA VÝROBNÍHO PODNIKU	29
3.3 PROJEKT	29
3.4 LOGICKÝ RÁMEC PROJEKTU	30
3.5 PDCA CYKLUS	31
3.6 METODA 5S.....	31
3.7 TECHNIKA SMART.....	32
4 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI.....	33
II PRAKTICKÁ ČÁST	34

5	PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI TOSHULIN, A.S.	35
5.1	VÝROBNÍ PROGRAM A ORGANIZAČNÍ STRUKTURA	36
5.2	PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ VE SPOLEČNOSTI TOSHULIN, A.S.	38
5.3	ČINNOSTI PODNIKU	40
5.4	ANALÝZA TRHU A KONKURENCE	42
5.4.1	Konkurence a konkurenční výhody	44
5.5	SWOT ANALÝZA PODNIKU	46
5.5.1	Silné stránky	47
5.5.2	Slabé stránky	47
5.5.3	Příležitosti	48
5.5.4	Hrozby	48
5.5.5	Vyhodnocení SWOT analýzy	49
6	ANALYTICKÁ ČÁST	50
6.1	PŮVODNÍ POSTUP OBRÁBĚNÍ ZKUŠEBNÍHO DÍLCE	50
6.2	PRINCIP ZKOUŠKY A HLAVNÍ OMEZENÍ	52
6.3	METODA PDCA JAKO RÁMEC PRO ZLEPŠENÍ	52
7	SHRNUTÍ ANALYTICKÉ ČÁSTI	55
8	PROJEKTOVÁ ČÁST	56
8.1	CÍLE PROJEKTU	56
8.2	PLÁN IMPLEMENTACE	57
8.3	NÁVRH ČASOVÉHO HARMONOGRAMU PROJEKTU	59
8.4	ZPŮSOB UPÍNÁNÍ ZKUŠEBNÍHO DÍLCE	61
8.5	NÁSTROJOVÉ VYBAVENÍ	63
8.6	NÁVRH NOVÉHO POSTUPU PRO OBRÁBĚNÍ ZKUŠEBNÍHO DÍLCE	67
8.7	OBNOVA ZKUŠEBNÍHO DÍLCE	73
8.8	POROVNÁNÍ PŮVODNÍHO A NAVRHOVANÉHO ŘEŠENÍ	74
9	VYHODNOCENÍ PROJEKTU	77
	ZÁVĚR	78
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	79
	SEZNAM OBRÁZKŮ	82
	SEZNAM TABULEK	83
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	84
	SEZNAM PŘÍLOH	86

ÚVOD

Moderní strojírenská výroba se nachází v neustálém procesu inovací, jehož cílem je zvyšování efektivity, kvality a konkurenceschopnosti. Výrobní podniky, které se pohybují v segmentu přesného strojírenství, musí klást důraz nejen na špičkovou technologii, ale i na procesní zajištění požadovaných parametrů svých produktů. Společnost TOSHULIN, a.s., jakožto jeden z předních výrobců multifunkčních CNC obráběcích strojů a soustruhů se svislou osou pro obrábění, v tomto směru představuje příklad inovativního přístupu a systematického rozvoje.

Jedním z klíčových bodů v procesu montáže nových obráběcích strojů je provedení geometrických zkoušek přesnosti, které ověřují parametry výsledného stroje. K tomu účelu slouží tzv. zkušební dílec NASA, jehož obráběním lze vyhodnotit řadu kritických parametrů stroje v reálných podmínkách. Původní proces testování byl však limitován nízkou efektivitou. Tato diplomová práce si klade za cíl navrhnout a popsat inovovaný postup obrábění, který umožňuje provést více geometrických zkoušek na zkušebním kusu, bez nutnosti okamžitého přesoustružení zkušební dílce.

V teoretické části jsou shrnuty poznatky z oblasti průmyslového inženýrství, metody řízení kvality, přesnosti obráběcích strojů a metod kontinuálního zlepšování, především PDCA cyklu. Tato východiska tvoří základ pro navržené změny v praktické části práce, která se zaměřuje na popis výchozího stavu, návrh nového technologického postupu, jeho implementaci a vyhodnocení přínosů v reálném provozu.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Hlavním cílem této diplomové práce je navrhnout a ověřit efektivnější způsob využití zkušebního dílce NASa při ověřování geometrické přesnosti nově vyráběných CNC obráběcích strojů ve společnosti TOSHULIN, a.s. Smyslem navrhovaného řešení je umožnit provedení více zkoušek na jednom zkušebním dílci bez nutnosti jeho okamžitého přesoustružení, a tím dosáhnout významného snížení provozních nákladů, zkrácení časů montážního procesu a celkového zvýšení efektivity testování. Výsledné řešení by mělo sloužit jako standardizovaný a jednoduše aplikovatelný postup pro ověřování přesnosti osy C u strojů vybavených touto funkcí.

K dosažení tohoto cíle bylo nejprve nezbytné provést podrobnou analýzu současného stavu obrábění zkušebního dílce, identifikovat jeho omezení a zhodnotit příležitosti k racionalizaci procesu. Následně byl navržen nový technologický i organizační přístup, který umožňuje provést až devět zkoušek na jednom dílci. Funkčnost navrženého řešení byla ověřena v praxi a jeho přínosy byly vyhodnoceny z hlediska úspor času, snížení počtu manipulací, omezení prostojů a zvýšení standardizace procesu.

V práci byly uplatněny vybrané metody průmyslového inženýrství. Klíčovou roli sehrála metoda PDCA, která byla využita jako systematický rámec pro návrh, testování a zavedení nového řešení. Pomocí této metody bylo možné ověřit účinnost změn a zpětně upravit proces dle reálných výsledků z provozu. Dále byly využity poznatky z oblasti analýzy procesů a sledování pracovních činností přímo v prostředí montáže. Pro strategické zhodnocení vnějších a vnitřních vlivů, byla na úrovni podniku zpracována SWOT analýza, která poskytla širší kontext pro seznámení s vybranou společností. Celkově práce propojuje teoretické základy průmyslového inženýrství s praktickými požadavky moderní strojírenské výroby a přináší konkrétní návrh s ověřitelným přínosem pro společnost TOSHULIN, a.s.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 VÝROBNÍ A MONTÁŽNÍ PROCESY CNC OBRÁBĚCÍHO STROJE

Procesy tvoří základní stavební prvek všech podnikových činností a představují soubor vzájemně propojených aktivit, které transformují vstupy na požadované výstupy. Podle Chromjakové (2013) se efektivní řízení procesů stává jedním z klíčových faktorů pro zvýšení výkonnosti podniku, zejména v kontextu štíhlého řízení. V současném konkurenčním prostředí je nezbytné zaměřit se na minimalizaci plýtvání, zvyšování efektivity a optimalizaci všech dílčích činností

Jurová (2016) doplňuje, že procesy nejsou jen doménou výrobního sektoru, ale jejich řízení je klíčové také v logistice a službách. Výrobní a logistické procesy mají zásadní vliv na konkurenceschopnost podniku, neboť ovlivňují nejen kvalitu, ale také náklady a dodací lhůty. Podniky se proto stále více orientují na systematické a procesně řízené přístupy, které umožňují kontinuální zlepšování výkonu.

1.1 Standardizovaný proces

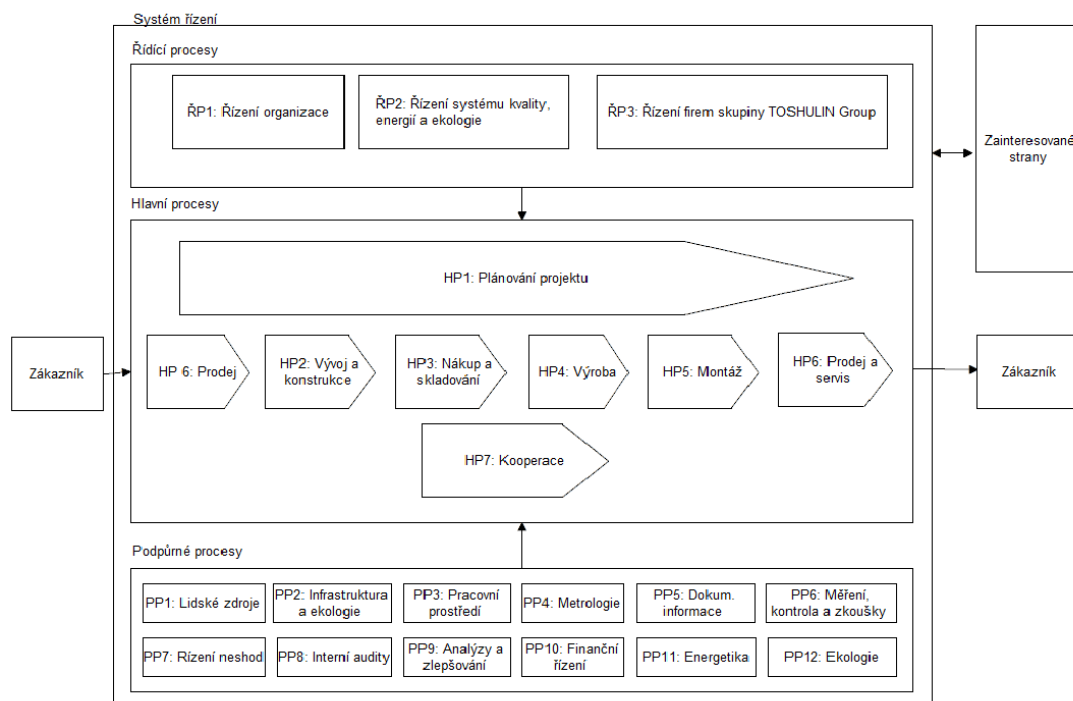
Standardizace procesů znamená definování, dokumentaci a udržování optimálních pracovních postupů, které zajišťují konzistenci a kvalitu výsledků. Podle Chromjakové (2013) standardizovaný proces zahrnuje jasně definované vstupy, výstupy, odpovědnosti a kontrolní mechanismy, které umožňují snižování variabilit a eliminaci chyb. Jurová (2016) dodává, že standardizace je klíčovým předpokladem pro efektivní řízení výroby a logistiky, neboť zajišťuje predikovatelnost výsledků, zvyšuje efektivitu a snižuje náklady spojené s kreativním řešením problémů.

1.2 Členění procesů

Procesy lze členit podle různých kritérií. Marek a kolektiv (2023) uvádějí, že základní členění procesů ve výrobních podnicích vychází z jejich funkce a vztahu k hodnotovému řetězci:

- **Hlavní procesy** – přímo souvisejí s tvorbou hodnoty pro zákazníka, např. výroba, montáž a logistika,
- **Podpůrné procesy** – umožňují realizaci hlavních procesů, zahrnují např. údržbu, IT podporu a personalistiku,
- **Řídící procesy** – zahrnují strategické řízení, plánování a kontrolu kvality.

Podobné členění popisují i Tuček a Bobák (2006), kteří zdůrazňují, že správné řízení všech typů procesů je klíčové pro efektivní fungování podniku. Obrázek 1 popisuje systém řízení v TOSHULIN, a.s.



Obrázek 1 Schéma systému řízení ve firmě TOSHULIN, a.s.

(zdroj: vlastní)

1.3 Typologie výrobních procesů

Typologie výrobních procesů se liší v závislosti na jejich charakteru a způsobu organizace.

Tuček, Hrabal a Trčka (2014) rozlišují výrobní procesy podle:

Druhu výroby

- Kusová výroba – výroba malých sérií nebo jednotlivých produktů,
- Sériová výroba – opakovaná výroba určitého množství produktů,
- Hromadná výroba – kontinuální výroba velkého množství stejných produktů.

Technologického uspořádání

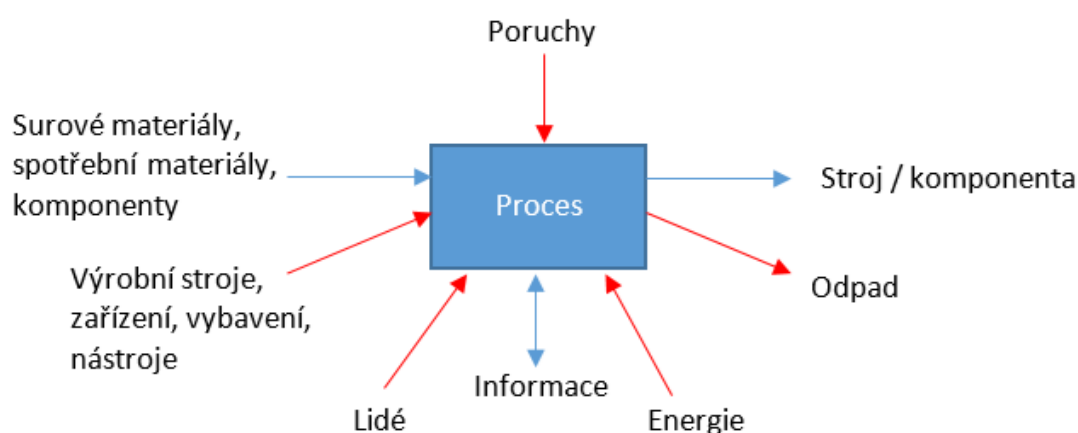
- Lineární výrobní procesy – výroba probíhá v jasně definovaných krocích.
- Dílenské výrobní procesy – umožňují flexibilní přizpůsobení výroby různým produktům.

Jurová (2016) upozorňuje, že volba konkrétního výrobního procesu závisí na typu podniku, objemu výroby a požadované flexibilitě. Tuček a Bobák (2006) dodávají, že současné výrobní systémy se stále více orientují na hybridní modely, které kombinují výhody různých typů výrobních procesů.

1.4 Charakteristika výrobního a montážního procesu

Výrobní proces zahrnuje technologické operace, které přetvářejí materiály na finální produkt. Výrobní proces lze rozdělit na primární výrobní operace, jako je řezání, tváření a montáž, a na sekundární operace, které zahrnují kontrolu kvality a logistiku materiálu. Montážní proces představuje konečnou fázi výroby, kdy dochází k sestavení komponent do finálního produktu (Marek, 2013).

Realizační procesy u CNC obráběcích strojů zahrnují zejména výrobní a montážní fázi. Tyto jednotlivé kroky, od přípravy výroby přes programování CNC až po samotnou výrobu a kontrolu kvality, jsou klíčové pro dosažení vysoké přesnosti a efektivity moderních obráběcích strojů (Marek a kolektiv, 2023).



Obrázek 2 Schématická reprezentace hmotného realizačního procesu, jeho vstupů a výstupů

(Marek a kolektiv, 2023)

1.4.1 Procesy výroby u CNC obráběcích strojů

Výrobní procesy zahrnují několik klíčových etap, které vedou k vytvoření jednotlivých komponent CNC obráběcích strojů:

- **Příprava materiálu** – zahrnuje řezání a úpravu polotovarů dle specifikací. Tento krok je zásadní pro zajištění přesnosti následného obrábění,
- **Obrábění komponent** – zahrnuje frézování, soustružení, vrtání a broušení klíčových částí stroje, jako jsou vřeteníky, saně a základní rám. Použití CNC strojů umožňuje vysokou přesnost a opakovatelnost těchto operací,
- **Tepelné zpracování** – některé součásti podléhají kalení nebo žíhání pro zlepšení jejich mechanických vlastností a prodloužení životnosti,
- **Povrchová úprava** – finální fáze výroby zahrnuje lakování, nanášení ochranných povlaků nebo leštění dílů pro zlepšení jejich odolnosti proti korozi a opotřebení,
- **Kontrola kvality** – zahrnuje měření a testování přesnosti jednotlivých komponent, aby byla zajištěna jejich kompatibilita s ostatními součástmi CNC stroje (Marek a kolektiv, 2023).

1.4.2 Vliv logistiky na výrobní proces

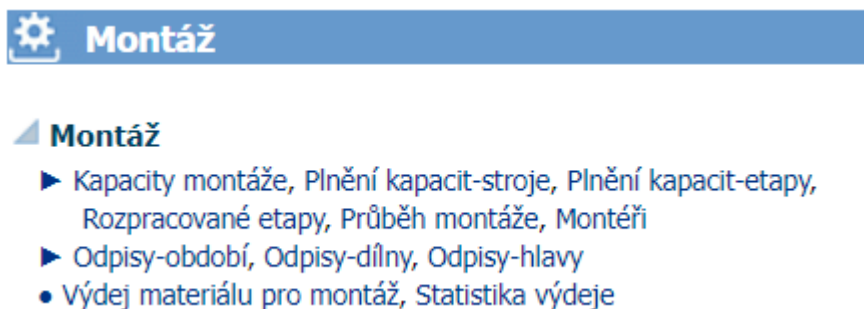
Podle Souškové a Jerze (2019) logistika významně ovlivňuje výrobní proces ve dvou klíčových aspektech:

- **Optimalizace zásobování** – správně nastavený systém logistiky umožňuje plynulé a časté dodávky materiálu do výrobního procesu. Tím se snižují prostoje způsobené nedostatkem surovin a zlepšuje se celková produktivita výrobního podniku. Efektivní řízení zásob pomáhá minimalizovat skladovací náklady a přispívá k lepšímu cash flow podniku,
- **Efektivní skladování a manipulace** – logistické procesy musí být optimalizovány tak, aby minimalizovaly nadměrné skladování, což snižuje plýtvání a zvyšuje efektivitu výrobního systému. Dobře organizované interní logistické procesy umožňují rychlé přemisťování materiálů mezi jednotlivými výrobními fázemi, čímž se zkracují výrobní časy a zvyšuje celková efektivita podniku.

1.4.3 Procesy montáže CNC obráběcích strojů

Montážní proces CNC obráběcích strojů zahrnuje skládání jednotlivých komponent do finálního stroje a jeho následné testování:

- **Sestavení hlavních konstrukčních částí** – zahrnuje montáž rámu, osových vedení a vřetena. Tato fáze vyžaduje vysokou přesnost, protože i malé odchylky mohou vést ke zhoršení přesnosti stroje (Marek a Blecha, 2014).
- **Integrace pohonů a řídicích jednotek** – osazení servomotorů, kuličkových šroubů a lineárních vedení. Elektronické řídicí systémy jsou propojeny s mechanickými částmi tak, aby bylo zajištěno optimální řízení pohybů stroje,
- **Kalibrace a testování** – finální fáze zahrnuje seřízení stroje, měření přesnosti pohybů a testování funkcí pod zatížením. Tento proces je zásadní pro ověření správného fungování stroje před jeho dodáním zákazníkovi (Marek a kolektiv, 2023).



Obrázek 3 Příklad části reportingové mapy montážních procesů

(TOSHULIN, a.s.)

1.5 Konstruování jako proces

Janíček (2007) definuje konstruování jako systematický proces návrhu a vývoje technických produktů. Marek a kolektiv (2023) zdůrazňují, že moderní konstruování využívá digitální technologie, jako jsou CAD/CAM systémy, k optimalizaci návrhu a výrobního procesu.

Efektivní konstruování zahrnuje principy inovací, které umožňují zlepšit funkčnost produktů a minimalizovat výrobní náklady. Doporučuje se využití simulačních

a modelových technik pro ověření návrhů ještě před zahájením výroby, což pomáhá předcházet chybám a snižovat čas potřebný k vývoji (Košťuriak a Chal', 2008).

Marek a Blecha (2014) upozorňují, že konstruování je dynamický process, který zahrnuje úzkou spolupráci mezi různými odděleními podniku, od vývoje přes výrobu až po kvalitu a logistiku. Efektivní konstruování pomáhá minimalizovat náklady, zlepšit funkčnost produktů a urychlit jejich uvedení na trh.

Košťuriak a Frolík (2006) dále uvádějí, že úspěšné podniky aplikují principy štíhlého konstruování, které propojují inovace s eliminací plýtvání v celém vývojovém procesu. Zavedení těchto přístupů umožňuje organizacím rychle reagovat na potřeby trhu a zvyšovat svou konkurenceschopnost.

Konstruování zahrnuje několik fází:

- **Analýza požadavků** – definování klíčových parametrů výrobku a jeho funkčnosti,
- **Návrh a modelování** – vytvoření technické dokumentace a virtuálních modelů pomocí CAD/CAM systémů,
- **Prototypování** – testování prvních návrhů, interaktivní vylepšování a validace vlastností produktů,
- **Výrobní příprava** – optimalizace výrobních procesů a výběr vhodných materiálů a technologií (Marek a kolektiv, 2023).

1.6 Informační tok ve výrobním podniku a ERP systémy

Efektivní informační tok je základem dobře řízeného výrobního podniku. Umožňuje synchronizaci všech výrobních a logistických operací a minimalizaci chyb (Flídr, 2023).

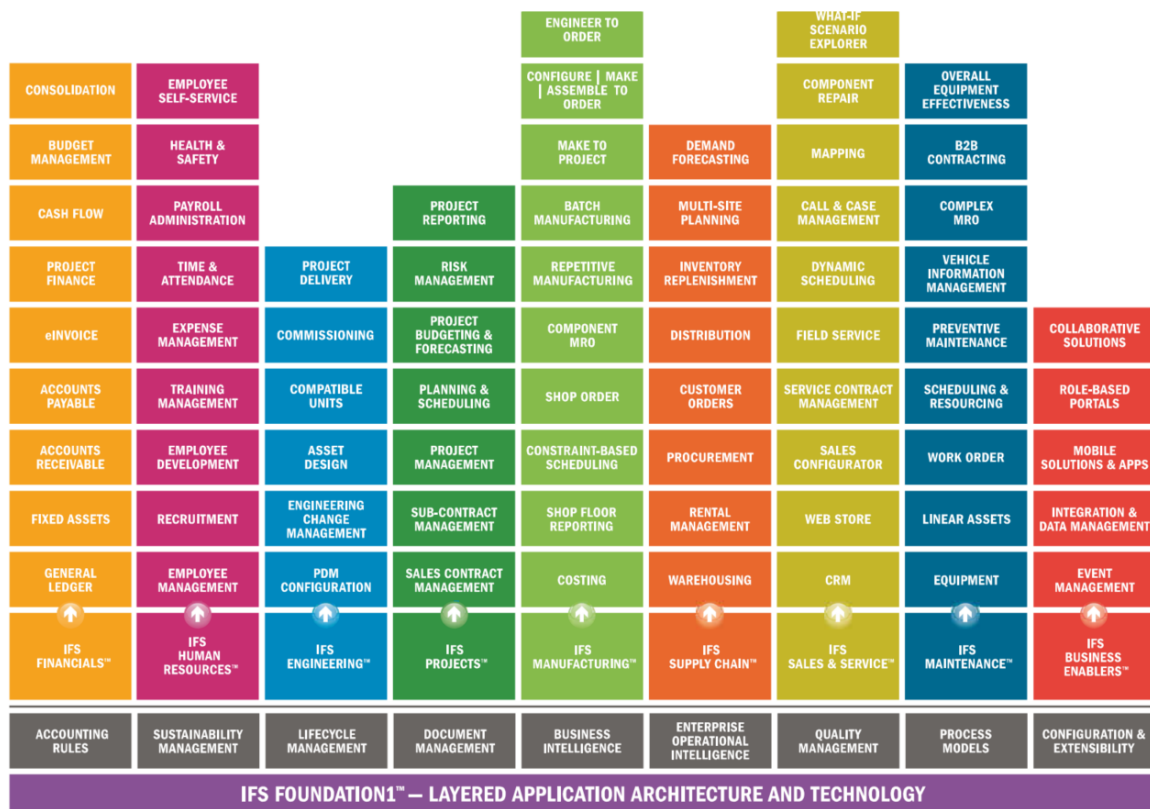
Informační tok ve výrobním podniku zahrnuje:

- **Horizontální tok informací** – sdílení dat mezi jednotlivými odděleními v rámci výrobního podniku, např. mezi plánováním výroby, nákupem, skladovým hospodářstvím a řízením výroby.
- **Vertikální tok informací** – přenos informací mezi úrovněmi strategického, taktického a operativního řízení.

ERP systémy (Enterprise Resource Planning) integrují klíčové podnikové procesy do jednoho informačního systému. Mezi klíčové funkce ERP systému patří:

- **Řízení výroby** – plánování a kontrola výrobních procesů.
- **Řízení zásob** – sledování a optimalizace skladových zásob.
- **Finanční řízení** – evidence nákladů, fakturace, účetnictví.
- **Logistika a dodavatelské řetězce** – koordinace dodávek materiálů a expedice hotových produktů.

Jedním z moderních ERP systémů je např. IFS Applications, který poskytuje řešení pro řízení výroby, financí a dodavatelských řetězců. Tento systém umožňuje plnou digitalizaci podnikových procesů a propojení všech klíčových oblastí podniku v reálném čase, což výrazně zvyšuje efektivitu řízení výroby (Flídr, 2023).



Obrázek 4 Příklad struktury vyspělého ERP systému

(Marek a kolektiv, 2023, IFS)

Další výhodou ERP systému je možnost automatizovaného reportingu a analýzy dat, což umožňuje vedoucím pracovníkům lépe rozhodovat na základě přesných a aktuálních informací (Flídr, 2023).

1.7 Štíhlá výroba

Štíhlá výroba (Lean Manufacturing) je moderní výrobní filozofie zaměřená na eliminaci plýtvání, zlepšení efektivity a zvýšení hodnoty pro zákazníka. Tento koncept vznikl v Japonsku, v automobilce Toyota, a jeho hlavním cílem je snížit veškeré činnosti, které nepřinášejí hodnotu koncovému zákazníkovi (Dennis, 2015).

Chromjaková (2013) zdůrazňuje, že štíhlé řízení procesů vede ke zvýšení výkonnosti podniku prostřednictvím eliminace neefektivních činností a zavádění systematických metod, jako je Just in Time (JIT), standardizace pracovních postupů a implementace Kaizen filozofie.

Brau (2016) upozorňuje, že s příchodem Průmyslu 4.0 dochází k dalšímu posunu štíhlé výroby směrem k automatizaci, digitalizaci a propojení všech výrobních procesů v reálném čase. Lean Manufacturing 4.0 využívá pokročilé analytické nástroje a internet věcí (IoT) pro zlepšení prediktivní údržby, optimalizaci výrobních toků a zvýšení adaptability výrobních systémů.

Mezi hlavní prvky štíhlé výroby patří:

- **Identifikace a eliminace plýtvání (Muda)** – odstranění nadbytečných procesů a činností, které nesloží k tvorbě hodnoty,
- **Just in Time (JIT)** – princip zajištění přesného množství materiálu ve správný čas, čímž se minimalizují zásoby a snižují náklady,
- **Standardizace procesů** – zavedení jasných pravidel a metod pro všechny pracovní postupy,
- **Plynulé výrobní toky** – optimalizace pohybu materiálu a informací podniku tak, aby výroba probíhala bez přerušení,
- **Nepřetržité zlepšování (Kaizen)** – neustálá optimalizace procesů a hledání způsobů, jak zvýšit efektivitu,
- **Digitální integrace** – propojení štíhlé výroby s digitálními technologiemi umožňuje rychlejší a přesnější rozhodování (Dupal', 2019).

1.7.1 Plýtvání v kontextu štíhlé výroby

Plýtvání (Muda) v průmyslovém prostředí představuje všechny aktivity, které spotřebovávají zdroje, ale nevytvářejí hodnotu. Mezi sedm hlavních druhů plýtvání patří:

- **Nadprodukce** – výroba většího množství produktů, než je aktuálně potřeba,
- **Zbytečná doprava/manipulace** – nadměrný pohyb materiálů a výrobků v rámci výrobního procesu,
- **Zásoby** – nadměrné skladování surovin, polotovarů nebo hotových výrobků,
- **Zbytečné pohyby** – neefektivní činnosti zaměstnanců, které nezvyšují hodnotu produktu,
- **Čekání** – prostoje způsobené nedostatkem materiálu, informací nebo chybami ve výrobním procesu,
- **Přebytečné zpracování** – dodatečné operace, které nejsou nutné pro splnění požadavků zákazníka,
- **Vadné produkty** – defekty a chyby, které vedou ke zvýšeným nákladům na opravy a reklamace (Dennis, 2015).

1.7.2 Just in Time

Just in Time je jedním z klíčových principů štíhlé výroby, jehož cílem je minimalizovat skladovací náklady a zajistit, aby materiál a komponenty byly dodávány přesně v okamžiku, kdy jsou potřeba (Dupal, 2018). Tento přístup přináší řadu výhod, jako je snížení kapitálových výdajů, zvýšení flexibility a zlepšení přehlednosti výrobního procesu. Na druhé straně vyžaduje pečlivé plánování a vysokou úroveň koordinace mezi dodavateli a výrobními odděleními (Patermann, 2022). Tuček, Hrabal a Trčka (2014) doplňují, že úspěšná implementace JIT vyžaduje nejen kvalitní dodavatelský řetězec, ale také důslednou synchronizaci všech výrobních procesů.

1.7.3 Totálně produktivní údržba

Totálně produktivní údržba, neboli TPM (Total Productive Maintenance), je metodika údržby zaměřená na dosažení maximální efektivity výrobního zařízení. Tento přístup je založen na zapojení všech zaměstnanců do procesu údržby a na pravidelném preventivním servisu strojů.

Hlavní cíle TPM:

- Eliminace neplánovaných prostojů a poruch.
- Zvýšení dostupnosti a produktivity strojního vybavení.
- Zlepšení kvality výroby prostřednictvím stabilního výkonu zařízení.
- Zvýšení angažovanosti zaměstnanců v oblasti údržby.

TPM se skládá z osmi základních pilířů:

1. **Autonomní údržba** – zapojení operátorů do běžné údržby zařízení,
2. **Plánovaná údržba** – systematické plánování preventivních a prediktivních zásahů,
3. **Zlepšování efektivity zařízení** – eliminace příčin poruch a zvýšení životnosti strojů,
4. **Vzdělávání a školení** – rozvoj dovedností pracovníků v oblasti údržby a diagnostiky,
5. **Bezpečnost a ergonomie** – zajištění bezpečného a pohodlného pracovního prostředí,
6. **Kvalita údržby** – udržování strojů v optimálním stavu pro zachování kvality výrobků,
7. **Údržba v administrativě** – aplikace TPM principů i do kancelářských a administrativních procesů,
8. **TPM v celém životním cyklu stroje** – optimalizace údržby od návrhu stroje až po jeho vyřazení z provozu (Mašín a Vytlačil, 2000).

2 MANAGEMENT KVALITY VE VÝROBĚ CNC OBRÁBĚCÍHO STROJE

Management kvality hraje klíčovou roli v moderních výrobních procesech, zejména při produkci CNC obráběcích strojů. Kvalitní řízení jakosti nejen zajišťuje vysokou přesnost a spolehlivost výrobků, ale také přispívá ke zvýšení efektivity výroby a konkurenceschopnosti podniku.

2.1 Jakost a řízení jakosti

Podle Nenadála (2007) lze jakost definovat jako souhrn vlastností produktu, který splňuje stanovené požadavky a očekávání zákazníka. V kontextu výroby CNC obráběcích strojů je jakost spojena zejména s přesností, spolehlivostí a životností zařízení. Důležitým aspektem je také stabilita procesů a schopnost zajistit dlouhodobě opakovatelné výsledky.

Řízení jakosti zahrnuje soubor metod, postupů a nástrojů, které slouží k plánování, kontrole a zlepšování kvality výrobků a procesů. Moderní systémy řízení jakosti se zaměřují na minimalizaci odchylek ve výrobě a implementaci metod kontinuálního zlepšování (Nenadál, 2005).

V oblasti CNC obráběcích strojů se řízení jakosti opírá o technické normy, přesné měřicí metody a důslednou dokumentaci každého výrobního kroku. Mezi hlavní faktory ovlivňující jakost patří materiálové vlastnosti, přesnost výroby jednotlivých komponent, kvalita montáže a kalibrace finálního stroje (Marek a kolektiv, 2023).

2.2 Neustálé zlepšování jakosti

Neustálé zlepšování jakosti je klíčovým prvkem moderního managementu kvality. TQM (Total Quality Management) je filozofie řízení, která integruje jakost do všech aspektů podnikové činnosti (Nenadál a kolektiv, 2008).

Principy TQM zahrnují:

- **Zaměření na zákazníka** – jakost musí odpovídat požadavkům a očekáváním zákazníků,
- **Neustálé zlepšování** – systematická analýza a implementace změn ke zvýšení efektivity výroby,

- **Zapojení všech zaměstnanců** – kvalita je odpovědností každého pracovníka ve výrobním procesu,
- **Systémový přístup k řízení** – propojení všech procesů do jednoho celku,
- **Měření výkonnosti a procesní řízení** – používání metrik a dat k optimalizaci výroby.

Důraz na preventivní opatření namísto korektivních činů z TQM efektivní nástroj pro řízení kvality ve výrobě CNC strojů. Organizace zavádějící TQM často využívají metodiky jako PDCA cyklus (Plan-Do-Check-Act), které pomáhají identifikovat a eliminovat odchylky v procesech (Petříková, 2008).

2.3 Koncepce ISO pro výrobní podnik

Mezinárodní organizace pro normalizaci (ISO) vytvořila širokou škálu standardů, které podporují systémový přístup k řízení jakosti ve výrobních podnicích. Certifikace dle normy ISO 9001 je základním krokem pro zajištění kvality ve výrobním sektoru a přispívá k zefektivnění procesů, zvýšení zákaznické spokojenosti a splnění legislativních požadavků (Nenadál, 2005).

Hlavní výhody implementace ISO 9001 ve výrobě CNC obráběcích strojů:

- **Standardizace procesů** – jasně definované postupy vedoucí k vyšší efektivitě výroby,
- **Dokumentace a sledovatelnost** – důkladná evidence každého výrobního kroku umožňuje zpětnou analýzu a optimalizaci,
- **Nepřetržité zlepšování** – řízení kvality je cyklický proces, který zahrnuje kontrolní mechanismy pro identifikaci a odstranění nedostatků,
- **Důraz na řízení rizik** – identifikace a prevence potenciálních problémů v dodavatelském řetězci a výrobních operacích,
- **Podmínka pro vstup na některé trhy** – v některých státech je certifikace ISO nezbytným požadavkem pro vstup na jejich trh, což znamená, že výrobní podniky bez této certifikace mohou mít omezené obchodní možnosti.

2.4 Principy managementu jakosti

Podle Nenadála (2007) je řízení jakosti založeno na následujících principech:

- **Důraz na zákazníka** – všechny procesy jsou řízeny požadavky zákazníků,
- **Vůdcovství** – vedoucí pracovníci musí aktivně podporovat jakost,
- **Zapojení pracovníků** – kvalita je odpovědností všech zaměstnanců,
- **Procesní přístup** – optimalizace všech firemních procesů,
- **Neustálé zlepšování** – implementace cyklů PDCA pro zvýšení efektivity,
- **Opatření na základě faktů** – rozhodování se opírá o analytická data,
- **Vztahy s dodavateli** – kvalita materiálu a komponent ovlivňuje konečnou jakost produktu.

Tyto principy se uplatňují v celém výrobním a montážním procesu CNC obráběcích strojů, od návrhu po finální produkt. Přesné metody kontroly kvality zahrnují využívání měřicích přístrojů, jako jsou souřadnicové měřicí stroje, laserové interferometry nebo optické skenery.

2.5 Geometrická přesnost u CNC obráběcích strojů

Geometrická přesnost obráběcího stroje je jedním z klíčových parametrů kvality a zahrnuje:

- **Statickou přesnost** – přesnost polohování jednotlivých os,
- **Dynamickou přesnost** – přesnost pohybu v reálném čase,
- **Opakovatelnost** – schopnost stroje dosahovat stejné výsledky při opakovaných operacích,
- **Tepelná stabilita** – schopnost stroje udržet přesnost i při změnách teploty (Marek a kolektiv, 2023).

Normy **ČSN ISO 230** a **ČSN ISO 10791** specifikují metody testování geometrické přesnosti CNC obráběcích strojů, zahrnují měření odchylek v lineárním a rotačním pohybu. V praxi se tyto normy aplikují prostřednictvím testovacích zkušebních dílců, laserových měřicích systémů nebo optických sond, které umožňují přesnou diagnostiku stroje (Štulpa, 2022).

3 VYBRANÉ ANALÝZY A METODY PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ VE VÝROBNÍM PODNIKU

Průmyslové inženýrství se zabývá optimalizací výrobních a podnikových procesů s cílem zvýšit efektivitu, produktivitu a konkurenční schopnost organizací (Chromjaková, 2013). Moderní podniky využívají mnoho analytických metod a nástrojů, které jim umožňují zlepšit řízení procesů, využívání zdrojů a celkovou výkonnost (Košturiak a Frolík, 2006). Průmyslové inženýrství je multidisciplinární oblast, která propojuje znalosti z managementu, ekonomie a technických věd za účelem efektivního řízení výrobních procesů (Poláková a Bobák, 2013).

Hlavními cíli průmyslového inženýrství jsou snížení plýtvání, zvyšování efektivity a optimalizace výrobních systémů, které dle Tučka a Bobáka (2006) lze definovat jako:

- **Zvýšení produktivity** – optimalizace pracovních postupů, využití automatizace a moderních technologií pro zvýšení výkonu,
- **Snížení nákladů** – minimalizace plýtvání materiálem, energií a pracovní silou,
- **Zlepšení kvality** – implementace metod řízení kvality a neustálého zlepšování výrobních procesů,
- **Efektivní využití zdrojů** – optimalizace logistických toků, skladového hospodářství a výrobních kapacit,
- **Zvýšení flexibility výroby** – umožnění rychlých změn v produkci a přizpůsobení se požadavkům trhu.

Podle Barthelmese (2013) průmyslové inženýrství zahrnuje širokou škálu metod a technik, které pokrývají celý procesní řetězec od analýzy požadavků trhu až po sériovou výrobu. Klíčovým aspektem je propojení mezi vývojem a výrobou a optimalizace rozhodovacích procesů pomocí strukturovaných metod, kontrolních seznamů a plánovacích pomůcek. Efektivní průmyslové inženýrství přispívá ke zlepšení komunikace mezi odděleními, což umožňuje rychlejší přizpůsobení změnám na trhu.

Salvendy (2001) zdůrazňuje, že průmyslové inženýrství je dynamickou oblastí, která propojuje nejnovější technologie s řízením provozních procesů. Průmysloví inženýři se zaměřují nejen na efektivitu výrobních toků, ale i na integraci automatizovaných systémů, strategické plánování a zlepšování pracovních podmínek. Podle této publikace je klíčovým faktorem úspěchu propojení technologických inovací s optimalizací provozních postupů.

Mezi hlavní přístupy průmyslového inženýrství patří štihlá výroba, automatizace procesů, simulační modelování výrobních toků a implementace moderních informačních systémů. Důležitým aspektem je rovněž systémové myšlení, které umožňuje celostní pohled na řízení podniku a optimalizaci procesů (Janíček a Marek, 2013).

3.1 Analýza procesů ve výrobním podniku

Analýza procesů je klíčovou metodou průmyslového inženýrství, která se zaměřuje na mapování, měření a zlepšování podnikových procesů (Marek a kolektiv, 2023). Procesy lze analyzovat nejen z hlediska výrobních operací, ale také v kontextu spotřebitelských a obchodních trhů. Analýza spotřebitelských trhů se zaměřuje na chování zákazníků, jejich preference a nákupní vzorce, zatímco obchodní trhy jsou orientovány na vztahy mezi podniky a dodavateli. Výsledkem této analýzy jsou podklady pro rozhodování a výrobní strategii podniku (Kotler a Keller, 2016).

Podle Barthelmese (2013) efektivní analýza procesů vyžaduje použití systematických metod, které umožňují nejen identifikovat úzká místa ve výrobě, ale také optimalizovat tok materiálu a informací. Procesní analýzy jsou klíčové pro propojení trhu s výrobními procesy a umožňují zlepšení výrobních parametrů na základě reálných dat.

Salvendy (2001) navíc uvádí, že analýza procesů by měla zahrnovat nejen technologické aspekty, ale také řízení pracovního výkonu a optimalizaci interakce mezi lidmi a stroji.

Analýza procesů probíhá několika způsoby:

- **Hodnocení výkonnosti procesů** – sledování produktivity a efektivity jednotlivých operací,
- **Identifikace úzkých míst** – analýza míst, kde dochází k neefektivitě nebo ztrátám,
- **Návrh optimalizace** – zavedení opatření vedoucích ke snížení časových a finančních nákladů (Mašín a Vytlačil, 2000).

Mezi příklady analytických metod používaných při analýze procesů patří:

- **Hodnotová analýza (Value Stream Mapping – VSM)** – vizuální znázornění všech kroků výrobního procesu za účelem identifikace plýtvání a zlepšení efektivity.

- **Analýza časových studií (Time Study Analysis)** – měření a vyhodnocování časových nároků na jednotlivé operace (Mašín a Vytlačil, 2000).
- **Simulační modelování procesů** – využití počítačových simulací k testování různých variant výrobních postupů (Janíček a Marek, 2013).

3.2 SWOT analýza výrobního podniku

SWOT analýza je strategický nástroj sloužící k identifikaci silných a slabých stránek podniku a analýze příležitostí a hrozeb v jeho okolí. Ve výrobním podniku SWOT analýza pomáhá při plánování rozvoje a zlepšování konkurenční pozice.

- **Silné stránky (Strengths)** – např. efektivní výrobní procesy, moderní technologie, kvalitní zaměstnanci,
- **Slabé stránky (Weaknesses)** – vysoké provozní náklady, nedostatek inovací, dlouhá doba výroby,
- **Příležitosti (Opportunities)** – rozvoj nových trhů, investice do automatizace, digitalizace výroby,
- **Hrozby (Threats)** – rostoucí konkurence, změny v legislativě, nedostatek surovin.

Výsledky SWOT analýzy slouží jako základ pro strategické rozhodování a formulaci dlouhodobých plánů podniku (Jakubíková a Janeček, 2023).

3.3 Projekt

Projekt je dle Doležala (2016) definován jako soubor jedinečných činností, které mají jasně stanovený cíl, omezené zdroje a časově vymezenou realizaci. Projekty jsou klíčovým nástrojem řízení změn ve výrobních podnicích, ať už se jedná o zavádění nových produktů, optimalizaci procesů nebo digitalizaci výroby. Krivánek (2019) zdůrazňuje, že úspěšný projekt vyžaduje důkladné plánování, efektivní koordinaci a symetrickou kontrolu průběhu.

Hlavní charakteristiky průběhu:

- **Jedinečnost** – každý projekt je specifický a odlišný od běžné operativní činnosti,
- **Dočasnost** – projekt má jasně stanovený začátek a konec,

- **Omezené zdroje** – projekt vyžaduje plánování využití financí, lidských zdrojů a technologií,
- **Cílenost** – každý projekt sleduje konkrétní výstupy a měřitelné výsledky (Svozilová, 2016).

Projektové řízení zahrnuje několik klíčových fází, které jsou popsány v životním cyklu projektu:

1. **Iniciace** – definování záměru projektu, identifikace cílů a stanovení zainteresovaných stran.
2. **Plánování** – podrobný návrh aktivit, harmonogramu a rozpočtu projektu.
3. **Realizace** – provádění projektových aktivit, řízení zdrojů a monitorování průběhu.
4. **Kontrola a řízení rizik** – průběžné hodnocení postupu projektu, řešení problémů a odchylek.
5. **Ukončení** – vyhodnocení výsledků projektu, dokumentace získaných zkušeností a přenos výstupů do praxe (Doležal a kolektiv, 2016).

3.4 Logický rámec projektu

Projektové řízení je disciplína, která se zabývá efektivním plánováním, organizací a kontrolou projektů s cílem zajistit jejich úspěšné dokončení. Hlavním přínosem projektového řízení ve výrobních podnicích je schopnost pružně reagovat na změny v prostředí, optimalizovat využití zdrojů a minimalizovat rizika (Doležal a kolektiv, 2016).

Význam projektového řízení spočívá v:

- **Zajištění jasně definovaných cílů** – projektové řízení umožňuje jasné vymezení požadavků a očekávání,
- **Optimalizaci času a zdrojů** – efektivní plánování snižuje plýtvání a zlepšuje produktivitu,
- **Zvýšení kvality výstupů** – řízení rizik a kontrolní mechanismy pomáhají eliminovat chyby,
- **Podpoře inovací** – projektový přístup podporuje zavádění nových technologií a metod (Křivánek, 2013).

3.5 PDCA cyklus

PDCA (Plan-Do-Check-Act) je cyklická metoda neustálého zlepšování procesů, která se využívá v průmyslovém inženýrství pro zlepšení efektivity a kvality výroby. Tento přístup umožňuje systematickou identifikaci problémů, implementaci řešení a jejich následnou kontrolu, čímž se zajišťuje kontinuální optimalizace podnikových procesů.

Fáze cyklu PDCA:

Plan (Plánuj) – identifikace problémové oblasti, sběr relevantních dat, stanovení cílů a návrh opatření pro zlepšení,

Do (Dělej) – implementace navrženého řešení v menším rozsahu nebo testovacím prostředí,

Check (Kontroluj) – vyhodnocení výsledků implementace, analýza úspěšnosti a identifikace případných odchylek,

Act (Jednej) – standardizace úspěšných řešení, jejich zavedení do širšího měřítka a zahájení dalšího cyklu zlepšování (Mašín a Vytlačil, 2000).

PDCA cyklus se široce používá v řízení kvality a výrobních procesech, kde podporuje neustálé zvyšování efektivity a snižování defektů ve výrobě.

3.6 Metoda 5S

Metoda 5S je systematický přístup k organizaci pracovního prostředí, který podporuje efektivitu, bezpečnost a produktivitu. Tato metoda pochází z Japonska a je klíčovým nástrojem štíhlé výroby. Její implementace vede ke snížení plýtvání, eliminaci nadbytečných pohybů a vyšší kvalitě výroby.

Pět kroků metody 5S:

1. **Seiri (Třídění)** – eliminace nepotřebných položek a udržování pouze těch, které jsou nezbytné pro výkon práce.
2. **Seiton (Systematizace)** – logické uspořádání pracovního prostředí pro rychlý a snadný přístup k nástrojům a materiálům.
3. **Seiso (Čistota)** – pravidelné čištění a udržování pořádku na pracovišti.
4. **Seiketsu (Standardizace)** – zavedení pravidel a vizuálních standardů pro udržení pořádku a organizace.

5. **Shitsuke (Disciplína)** – vytvoření návyků a dodržování pravidel metodiky 5S jako součást firemní kultury (Dennis, 2015).

Implementace metody 5S zlepšuje pracovní podmínky, zvyšuje bezpečnost na pracovišti a podporuje efektivnější výrobní toky.

3.7 Technika SMART

Technika SMART je metodika stanovení cílů, která zajišťuje jejich jasnou definici, měřitelnost a dosažitelnost. SMART cíle jsou specifické, konkrétní a umožňují přesné hodnocení pokroku.

Kritéria SMART cílů:

1. **S (Specific) – Specifický:** Cíl musí být jednoznačný a konkrétní.
2. **M (Measurable) – Měřitelný:** Musí být možné objektivně změřit, zda byl cíl splněn.
3. **A (Achievable) – Dosažitelný:** Cíl by měl být realistický a dosažitelný s dostupnými zdroji.
4. **R (relevant) – Relevantní:** Musí odpovídat širším firemním nebo projektovým cílům.
5. **T (Time-bound) – Časově omezený:** Měl by mít jasně stanovený termín splnění (Doležal a kolektiv, 2016).

Použití SMART techniky pomáhá efektivně plánovat, řídit a vyhodnocovat projekty a strategické iniciativy, což vede k vyšší úspěšnosti podnikových záměrů.

4 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

Procesní řízení je klíčovým faktorem pro efektivní a konkurenceschopnou výrobu. Standardizace a inovace hrají zásadní roli v optimalizaci procesů a snižování nákladů. Výrobní systém musí být flexibilní a reagovat na potřeby trhu, zatímco logistika a konstruování přispívají k celkové efektivitě výroby.

Podle Součkové a Jerze (2019) může efektivní řízení logistických aspektů výrazně přispět k optimalizaci výrobního procesu tím, že zajistí plynulé zásobování a sníží neproduktivní časy spojené s manipulací a skladováním materiálu.

Štíhlá výroba a TPM představují moderní přístupy k optimalizaci výrobních procesů. Zatímco štíhlá výroba se zaměřuje na eliminaci plýtvání a zvýšení efektivity, TPM zajišťuje maximální využitelnost a spolehlivost strojního vybavení. Oba koncepty společně přispívají k vyšší konkurenceschopnosti podniků a ke snížení provozních nákladů.

Management kvality ve výrobě CNC obráběcích strojů zahrnuje široké spektrum metod a technik, které zajišťují vysokou přesnost, spolehlivost a efektivitu výrobních procesů. Implementace principů TQM, neustálé zlepšování a dodržování přísných norem jsou zásadní pro dosažení špičkové kvality strojů. Klíčovou roli hrají technické normy a pokročilé metody měření, které umožňují průběžnou kontrolu a optimalizaci výrobního procesu.

V kontextu průmyslového inženýrství jsou projekty klíčové pro implementaci štíhlé výroby, zavádění informačních systémů (ERP) a optimalizaci výrobních procesů. Projekty hrají zásadní roli v moderním výrobním podniku a jejich úspěšná realizace vyžaduje systematický přístup a efektivní řízení. Logický rámec, plánování zdrojů a monitorování postupu projektu jsou klíčové aspekty, které přispívají k dosažení stanovených cílů. Vzhledem k dynamickému vývoji technologií a tržního prostředí je projektové řízení nezbytným nástrojem pro dlouhodobou konkurenceschopnost výrobních podniků.

Vybrané analýzy a metody průmyslového inženýrství umožňují podnikům optimalizovat procesy, zlepšovat efektivitu a zvyšovat konkurenceschopnost. PDCA cyklus, metoda 5S a SMART technika představují základní nástroje průmyslového inženýrství, které pomáhají podnikům dosahovat vyšší efektivity, organizace a systematičnosti při řízení výroby a projektů.

II PRAKTICKÁ ČÁST

5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI TOSHULIN, A.S.

TOSHULIN, a.s. je předním českým výrobcem technologicky vyspělých multifunkčních CNC obráběcích strojů, zejména soustruhů s vertikální osou určených pro obrábění středně velkých a velkorozměrových dílců. Charakteristickým rysem produktů firmy je vysoká míra přizpůsobení konkrétním potřebám zákazníků, díky čemuž společnost dokáže splnit velmi specifické požadavky a vysoké nároky kladené na dodávané stroje. Svou schopností dodávat komplexní řešení na míru si společnost vybudovala silnou pozici na trhu a dlouhodobou důvěru zákazníků.

Díky zkušeným odborníkům konstrukčního a technického oddělení, využívání moderních výrobních a montážních technologií a kvalitní distribuční síti se společnost TOSHULIN, a.s. prosadila i na průmyslově vyspělých zahraničních trzích. Za dobu své existence dodal podnik více než 13 500 obráběcích strojů zákazníkům ve více než 70 zemích světa. Cílem společnosti je i nadále rozvíjet spolupráci s tuzemskými i zahraničními zákazníky a udržet si pověst spolehlivého partnera v oblasti přesného strojírenství.



Obrázek 5 Sídlo společnosti TOSHULIN, a.s.

(TOSHULIN, a.s.)

Diagram na obrázku 6 ukazuje, TOSHULIN, a.s. je zároveň mateřskou organizací skupiny zahrnující dalších sedm subjektů. Tyto dceřiné společnosti pomáhají rozšiřovat obchodní aktivity podniku na zahraničních trzích a zajišťují specializované služby související s hlavním výrobním programem. Díky této holdingové struktuře může společnost efektivněji obsluhovat globální trhy a současně těžit ze synergického propojení aktivit v rámci skupiny.

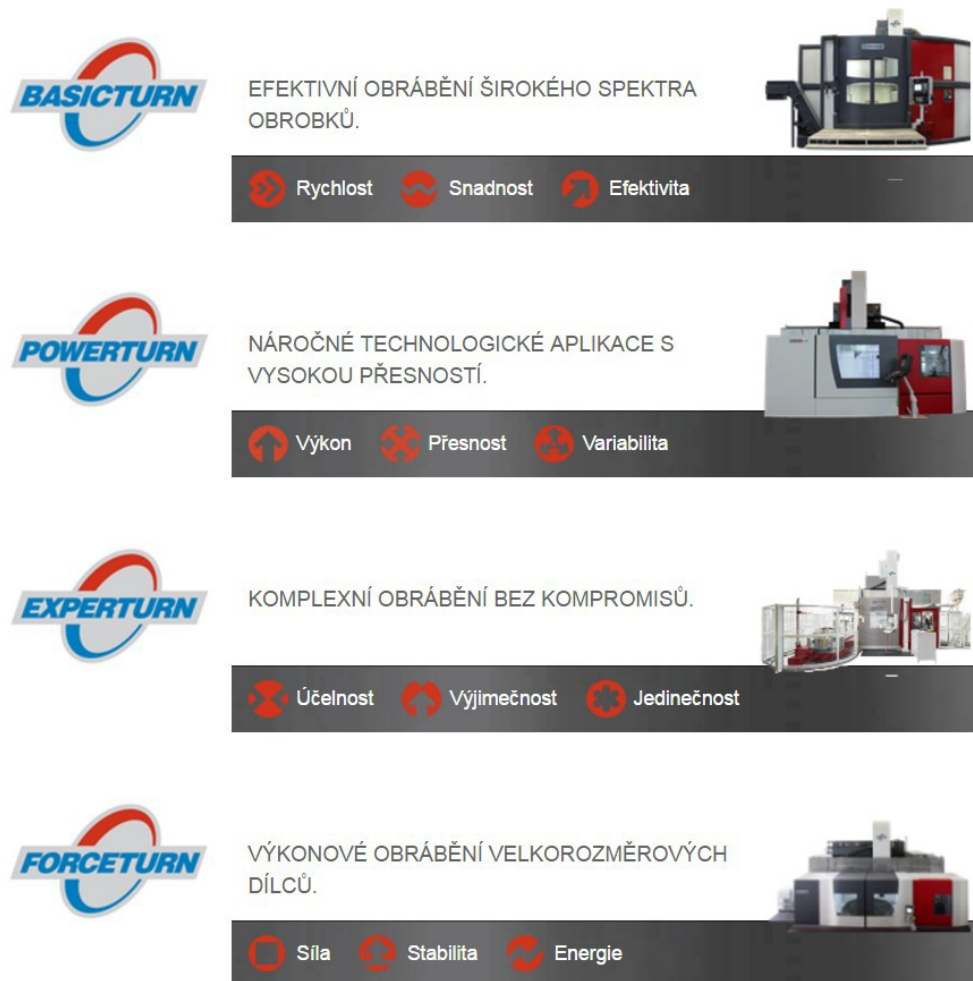


Obrázek 6 Diagram vlastnické struktury společnosti TOSHULIN, a.s.

(TOSHULIN, a.s.)

5.1 Výrobní program a organizační struktura

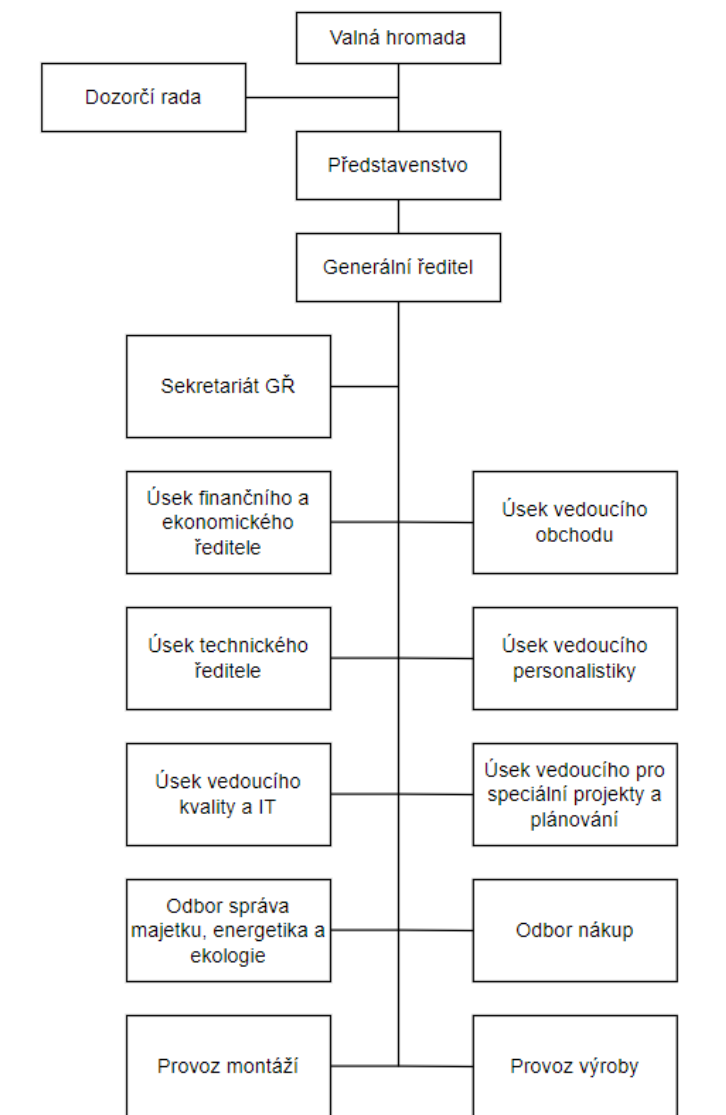
Hlavní výrobní program společnosti TOSHULIN, a.s. tvoří vertikální soustruhy a vertikální soustružnická obráběcí centra několika typových řad (viz obrázek 7). Tyto stroje pokrývají široké spektrum velikostí. Jsou nabízeny s průměry upínacích desek od 800 mm až do 5000 mm. Všechny stroje jsou vybaveny špičkovými elektronickými komponenty a tradičně vysoce přesnými mechanickými díly, což zaručuje jejich vysoký výkon, spolehlivost a přesnost obrábění. Díky modulární konstrukci a bohatému příslušenství (např. speciální obráběcí hlavy pro víceosé obrábění) lze každý stroj nakonfigurovat dle konkrétních požadavků zákazníka. Stroje společnosti TOSHULIN, a.s. nacházejí uplatnění v náročných a komplexních průmyslových aplikacích, kde se vyžaduje vysoká přesnost a produktivita. Svou kvalitou a technickou úrovní patří tyto výrobky ke světové špičce v oboru.



Obrázek 7 Svislá multifunkční obráběcí centra společnosti TOSHULIN, a.s.

(TOSHULIN, a.s.)

Vnitřní uspořádání společnosti TOSHULIN, a.s. je členěno tak, aby podporovalo efektivní řízení vývoje, výroby i prodeje strojů. Organizační struktura podniku, která je zobrazena na obrázku 8, zahrnuje specializované útvary, jako je např. technický úsek odpovědný za vývoj a konstrukci, výrobní a montážní úsek zajišťující samotnou produkci strojů, obchodní a marketingový úsek pečující o prodej a styk se zákazníky, a dále podpůrné útvary typu ekonomického a personálního oddělení. Vrcholové vedení společnosti koordinuje činnost všech těchto oddělení a nastavuje strategii podniku. Díky jasně definované struktuře a kompetencím jednotlivých útvarů může společnost pružně reagovat na potřeby trhu i interní výzvy. Organizační struktura je navíc provázána s vlastnickou strukturou. Některé činnosti, zejména obchodní zastoupení v zahraničí či servis, zajišťují dceřiné společnosti, které úzce spolupracují s mateřským podnikem.



Obrázek 8 Struktura společnosti TOSHULIN, a.s.

(TOSHULIN, a.s.)

5.2 Průmyslové inženýrství ve společnosti TOSHULIN, a.s.

Principy průmyslového inženýrství (PI) mají ve společnosti TOSHULIN, a.s. významné uplatnění a prolínají se mnoha firemními procesy. Průmyslové inženýrství se zaměřuje na zvyšování efektivity výrobních a administrativních procesů, optimalizaci využití zdrojů, zajištění kvality a neustálé zlepšování. Právě tyto prvky jsou v podniku patrné.

Jednou z klíčových oblastí je systém managementu kvality podle normy ISO 9001. TOSHULIN, a.s. je držitelem certifikace ISO 9001:2015, což v praxi znamená, že má detailně popsané a řízené procesy veškeré své činnosti. Vedení společnosti se zavázalo plnit

požadavky této normy a využívá ji jako nástroj pro průběžné zlepšování. Díky tomu má podnik definované interní směrnice popisující všechny klíčové procesy a pravidelně sleduje jejich dodržování i účinnost formou interních i externích auditů. Systém řízení kvality pomáhá udržovat vysokou úroveň produkce a zároveň otevírá dveře na náročné světové trhy, které často certifikaci ISO vyžadují. Také přispívá k eliminaci plýtvání, zvyšování produktivity a udržení konzistentní kvality výstupů. Systémové řízení je v souladu s filosofií průmyslového inženýrství, která klade důraz mimo jiné i na kontinuální zlepšování procesů (kaizen). Kultura neustálého zlepšování je ve firmě podporována napříč všemi úrovněmi organizace.

Dalším aspektem je energetický management. Společnost implementovala systém podle ISO 50001:2019 zaměřený na hospodaření s energiemi. Energetický management zahrnuje systematické sledování a optimalizaci spotřeby energií ve výrobě i provozu budov. Snižování energetické náročnosti jde ruku v ruce s modernizací strojního vybavení a zaváděním úspornějších technologií, což je rovněž jeden z cílů průmyslového inženýrství - zvyšování efektivity zdrojů. Společnost v této oblasti deklaruje plnění všech legislativních požadavků a snaží se zlepšovat energetickou účinnost na všech úrovních organizace.

Společnost TOSHULIN, a.s. také intenzivně využívá digitalizace a automatizace ve svých procesech. Tyto prvky Průmyslu 4.0 pomáhají zvyšovat produktivitu a eliminovat chybovost. Např. využívání moderních CAD/CAM systémů v konstrukci, pokročilých ERP systémů (plánování podnikových zdrojů) pro řízení výroby a montáže a IT nástrojů pro podporu rozhodování, zefektivňuje tok informací a materiálu podnikem. Moderní výrobní zařízení s vysokým stupněm automatizace zase zrychlují samotné obráběcí procesy a zajišťují jejich stabilní kvalitu. Průmyslové inženýrství v podniku se tak projevuje i v této snaze o maximální racionalizaci a automatizaci výrobních toků.

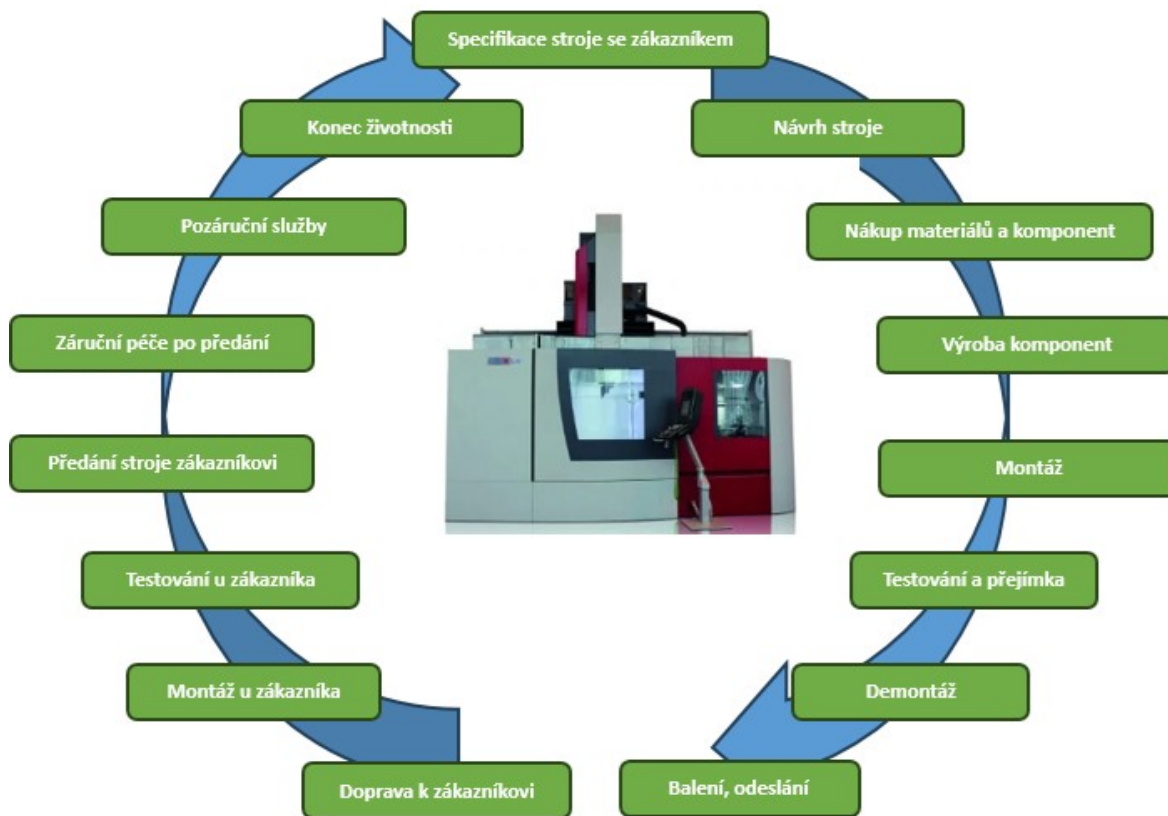
Významnou součástí PI je také organizace práce, což souvisí se stabilitou a kvalifikací personálu. Společnost se pyšní stabilním týmem zaměstnanců, jejichž odborné znalosti jsou neustále rozvíjeny. Investice do školení a zvyšování kvalifikace pracovníků zajišťují, že zaměstnanci ovládají moderní metody a technologie, a mohou tak aktivně přispívat ke zlepšování procesů. Zapojení zaměstnanců do zlepšovatelských aktivit podporuje identifikaci plýtvání a navrhování efektivnějších postupů na pracovišti.

Ačkoli má společnost v mnoha ohledech procesy na vysoké úrovni, interní analýzy (viz kapitola SWOT) poukazují také na oblasti pro zlepšení, např. nižší produktivitu některých firemních procesů či vysokou energetickou náročnost provozu. Průmyslové inženýrství

proto ve firmě sehrává roli i při identifikaci a řešení těchto slabších stránek. Společnost průběžně analyzuje své procesy, využívá projektové týmy pro zvyšování efektivity a zavádí inovace ve výrobních postupech. Díky spolupráci s externími odborníky (např. akademickou sférou) a zapojení moderních metod se daří postupně tyto slabiny eliminovat. Průmyslové inženýrství je tak nedílnou součástí filozofie řízení společnosti TOSHULIN, a.s., která směřuje k vyšší produktivitě, kvalitě a konkurenceschopnosti.

5.3 Činnosti podniku

Společnost TOSHULIN, a.s. se zabývá širokým spektrem činností pokrývajících celý životní cyklus svých strojírenských výrobků. Obrázek 9 tento cyklus podrobně mapuje.



Obrázek 9 Životní cyklus produktu

(TOSHULIN, a.s.)

Klíčové aktivity podniku lze rozdělit do několika oblastí:

Výzkum a vývoj (VaV): TOSHULIN, a.s. dlouhodobě spolupracuje s řadou výzkumných organizací na řešení náročných technických úkolů a inovací. Mezi partnery patří přední technické univerzity v ČR, jako je České vysoké učení technické v Praze, Vysoké učení technické v Brně či VŠB - Technická univerzita Ostrava. Z výzkumných institucí společnost spolupracovala např. se společností INTEMAC Solutions s.r.o. nebo s firmou VÚTS, a.s. z Liberce. Tyto projekty často probíhají formou víceletých společných výzkumných záměrů a zaměřují se na vývoj nových technologií obrábění či konstrukčních prvků strojů. Společnost se dokonce zapojila do řešitelského konsorcia v rámci jednoho z evropských výzkumných projektů, čímž získala přístup k mezinárodnímu know-how a technologiím. Interně probíhají vývojové aktivity převážně v technickém úseku. Každý větší vývojový projekt má sestaven specializovaný tým pracovníků (konstruktéři strojní, elektro a další odborníci) vedený projektovým manažerem. Průběh vývojových projektů je přesně definován interní směrnici, což zajišťuje systematický postup od návrhu až po zavedení inovace do výroby.

Výroba a montáž strojů: Výrobní činnosti tvoří jádro podnikání společnosti. Podnik disponuje vlastními moderními výrobními kapacitami v sídle společnosti v Hulíně, kde probíhá výroba komponentů, i finální montáž strojů. Díky investicím do nejmodernějších technologií a strojního vybavení je více než 70 % komponentů vyráběno přímo v podniku, což umožňuje přímou kontrolu nad kvalitou a termíny dodání. Zbývající části jsou zpravidla nakupovány od prověřených dodavatelů, přičemž společnost upřednostňuje materiály a komponenty z Evropské unie, aby byla zajištěna požadovaná úroveň kvality. Samotná montáž obráběcích strojů probíhá v montážní hale v Hulíně. Kapacita haly je dimenzována na současnou úroveň výroby, ale extrémně nerovnoměrné rozložení zakázek v čase může způsobit její plné vytížení (viz kapitola SWOT analýza). Výrobní procesy jsou detailně plánovány a řízeny tak, aby i vysoce přizpůsobené stroje na zakázku byly vyrobeny efektivně a v co nejkratších možných lhůtách při zachování požadované kvality.

Obchod a marketing: Společnost realizuje prodej svých strojů po celém světě. Hlavními zákazníky jsou firmy z nejnáročnějších odvětví strojírenství (blíže viz kapitola Analýza trhu a konkurence). Pro efektivní oslovení zahraničních klientů využívá společnost síť obchodních zástupců a partnerských organizací v různých zemích. Např. dceřiná společnost STOJIMPORT a.s. Praha zajišťuje obchodní aktivity na vybraných trzích a podílí se na získávání zakázek mimo Evropu (mimo jiné v Brazílii či Indii). K prezentaci výrobků potenciálním zákazníkům slouží také předváděcí akce přímo v prostorách společnosti, účast

na mezinárodních veletrzích a výstavách a profesionálně zpracované marketingové materiály. Díky kombinaci přímého prodeje a partnerské sítě má společnost velmi široký geografický záběr a dokáže pružně reagovat na poptávku v různých částech světa.

Servis a podpora zákazníků: Nedílnou součástí činností podniku je poskytování poprodejních služeb. Tým specialistů TOSHULIN, a.s. ve spolupráci se zahraničními zastoupeními zajišťuje servis strojů po celém světě. K tomu patří dodávky náhradních dílů, provádění generálních oprav starších strojů a rychlá technická podpora v případě neočekávaných odstávek. Společnost nabízí také vzdálenou diagnostiku strojů a hotline podporu, což umožňuje řešit některé problémy okamžitě na dálku. K dostupným službám patří i odborná spolupráce technologů firmy při přípravě a optimalizaci obráběcích programů u zákazníka. Tento komplexní systém služeb zajišťuje, že zákazníci mají po celou dobu životnosti stroje oporu výrobce. Takový přístup výrazně zvyšuje důvěryhodnost společnosti a je jedním z důvodů, proč se TOSHULIN, a.s. řadí již desítky let k celosvětovým lídrům a inovátorům na trhu s vertikálními soustruhy.

5.4 Analýza trhu a konkurence

Výrobky společnosti TOSHULIN, a.s. patří mezi světovou špičku ve svém oboru a nacházejí uplatnění v nejnáročnějších odvětvích strojírenství. Díky robustní konstrukci, vysoké přesnosti a možnostem přizpůsobení jsou vertikální soustruhy TOSHULIN, a.s. využívány v různorodých průmyslových segmentech, např.:

Dopravní průmysl: Obrábění součástí pro kolejová a silniční vozidla či lodě. Např. výroba a opracování železničních kol, části lodních a železničních pohonů a převodových systémů.

Letecký a kosmický průmysl: Těžko obrobitelné díly proudových motorů, skříně a další části leteckých motorů, součásti používané ve vesmírných programech a satelitech. V těchto oborech jsou vysoká přesnost a spolehlivost strojů klíčové.

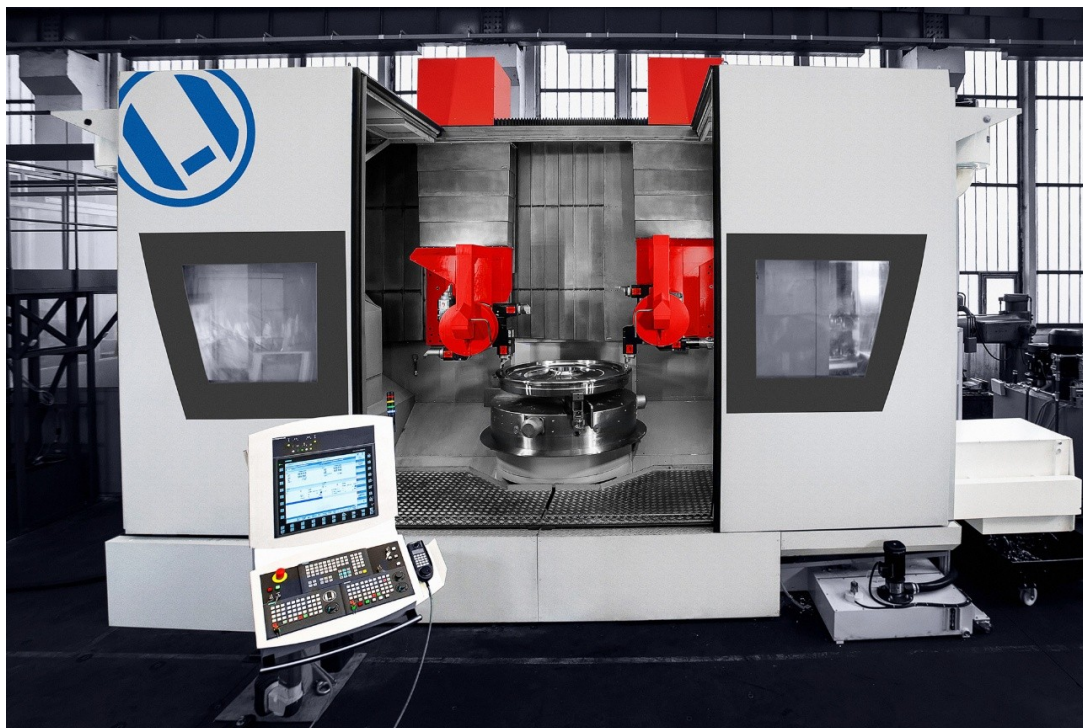
Energetika: Komponenty parních a plynových turbín (např. velká oběžná kola, lopatky), části energetických převodovek, skříně generátorů a elektromotorů. Tyto dílce bývají rozměrné a náročné na obrábění, což stroje TOSHULIN, a.s. zvládají.

Těžební a petrochemický průmysl: Speciální armatury, ventily a čerpadla pro ropný a plynárenský sektor, součásti vrtných zařízení a důlních strojů. Často jde o kusovou až malosériovou výrobu velkých dílů z odolných materiálů.

Všeobecné strojírenství: Různorodé aplikace od komponentů převodových systémů, přes části velkopřůměrových ložisek, díly průmyslových lisů, až po součásti diagnostických přístrojů pro zdravotnictví či dílce používané v obranném průmyslu.

Z výše uvedeného výčtu je patrné, že společnost TOSHULIN, a.s. obsluhuje velmi širokou zákaznickou základnu napříč průmyslovými odvětvími. Tato diverzifikace je výhodná, neboť poptávka po strojích přichází z různých segmentů. Pokles v jedné oblasti (např. dočasná redukce investic v ropném průmyslu), může být kompenzován růstem v oblasti jiné (např. železniční doprava nebo energetika).

V posledních letech zaznamenala společnost zvýšenou poptávku zejména ze sektoru výroby komponentů pro kolejová vozidla (železniční průmysl). Tento trend souvisí s modernizací a rozšiřováním železniční dopravy a lze očekávat, že poptávka z tohoto sektoru zůstane silná i v budoucnu. Pro společnost TOSHULIN, a.s. to představuje stabilní tržní příležitost, jelikož má potřebné know-how pro obrábění kol a dalších velkých dílů s požadovanou přesností. Stroj pro obrábění železničních kol je na obrázku 10.



Obrázek 10 Experturn 1400 S pro hrubování železničních kol

(TOSHULIN, a.s.)

5.4.1 Konkurence a konkurenční výhody

Ve srovnání s konkurenčními podniky si TOSHULIN, a.s. vede velmi dobře, zejména pokud jde o finanční ukazatele a rentabilitu. Vysoká kvalita produktů zajišťuje společnosti dobrou pověst a umožňuje dosahovat vyšší přidané hodnoty oproti některým konkurentům. Aby si tuto výhodu udržela i do budoucna, společnost neustále inovuje. Nejen své výrobky, ale i procesy. V rámci vývoje nových řešení společnost úzce spolupracuje se svými zákazníky, kteří poskytují cennou zpětnou vazbu z provozu strojů, i s akademickou sférou (univerzitami a výzkumníky). Zapojení externích znalostí a podnětů přispívá k urychlení vývoje. Výsledkem těchto synergií byla např. zkrácená doba výroby některých strojů a s tím spojené snížení nákladů, což zvýšilo konkurenceschopnost společnosti.

Co se týče konkurenčního prostředí, na českém trhu čelí TOSHULIN, a.s. několika dalším výrobcům vertikálních soustruhů. Hlavním domácím konkurentem je společnost TDZ Turn, s.r.o., která drží odhadem kolem 30 % českého trhu. K dalším významnějším konkurentům patří firmy OMOS, s.r.o. (cca 10 % trhu), CONDOR Machinery, spol. s r.o. (asi 3 %), LEMAKOR, s.r.o. (3 %) a ČKD Blansko-OS, a.s. (také okolo 3 %). Tyto údaje shrnuje tabulka 1, která popisuje přehled hlavních konkurentů v ČR s jejich tržními podíly. Z uvedených čísel je patrné, že TOSHULIN, a.s. a TDZ Turn společně dominují domácímu trhu vertikálních soustruhů (dohromady okolo 80 % podílu), zatímco ostatní výrobci mají podíly relativně malé. Tato skutečnost však neznamená, že by konkurence byla zanedbatelná. I menší konkurenti mohou v určitých tržních segmentech (např. speciální aplikace či cenově citliví zákazníci) vytvářet tlak.

Tabulka 1 Výčet nejvýznamnějších konkurentů z ČR

PŘEHLED HLAVNÍCH KONKURENTŮ V ČR	
SPOLEČNOST	PODÍL NA TRHU
TDZ Turn s.r.o.	30%
OMOS, s.r.o.	10%
CONDOR MACHINERY spol. s.r.o.	3%
LEMAKOR s.r.o.	3%
ČKD BLANSKO - OS, a.s.	3%

(zdroj: vlastní)

Na zahraničních trzích soutěží TOSHULIN, a.s. s řadou světových výrobců. Mezi významné zahraniční konkurenty v segmentu velkých vertikálních soustruhů patří např. italská společnost Pietro Carnaghi, dále německá skupina Dörries Scharmann (součást koncernu Starrag) či španělská firma BOST. Tyto společnosti působí globálně v oblasti těžkých obráběcích strojů a svou nabídkou jsou do určité míry srovnatelné. Na českém trhu však nejsou příliš aktivní, takže jejich přímý podíl v ČR je minimální. Domácí zákazníci dávají přednost osvědčeným tuzemským dodavatelům nebo ověřeným zahraničním značkám zastoupeným lokálně (v případě TOSHULIN, a.s. zajišťuje Strojimport a.s.). Konkurence na světovém trhu nicméně existuje a nutí firmu neustále vylepšovat své produkty a nabízené služby a interní procesy.

Hlavní konkurenční výhody společnosti TOSHULIN, a.s. lze shrnout následovně:

Optimální řešení na míru: Společnost staví svůj úspěch na schopnosti dodat zákazníkovi optimálně navržený stroj dle jeho požadavků. Tento individuální přístup (engineering-to-order) zaručuje, že zákazník získá řešení na klíč, které plně vyhovuje jeho výrobním potřebám, což konkurenční nabídky často neposkytují v takové míře.

Důraz na vysokou kvalitu: TOSHULIN, a.s. si zakládá na špičkové kvalitě svých strojů. Díky preciznímu zpracování a kvalitním komponentům zůstávají stroje funkční desítky let při zachování stejné úrovně přesnosti a výkonu. Tato dlouhá životnost a spolehlivost je v očích zákazníků velkou výhodou.

Technologická inovace: Společnost průběžně investuje do inovací. Vyvíjí nové modely strojů, zdokonaluje technické parametry (vyšší rychlosti, přesnosti, automatizace) a rozšiřuje možnosti strojů (např. přídavné frézovací hlavy). Díky tomu drží krok s nejnovějšími trendy a často udává směr ve svém segmentu. Zákazníci tak získávají moderní zařízení splňující aktuální i budoucí požadavky.

Servis a podpora: Dalším pilířem, kterým se TOSHULIN, a.s. odlišuje, je komplexní zákaznický servis. Od prvotního zaškolení, přes rychlé dodávky náhradních dílů, až po podporu při programování a dálkovou diagnostiku. Zákaznický servis zvyšuje hodnotu nabídky firmy. Zákazník ví, že se může na výrobce kdykoli obrátit a dostane kvalifikovanou pomoc, což není u všech konkurentů samozřejmostí.

Tradice a reference: V neposlední řadě hraje roli více než 70 letá tradice a množství referencí po celém světě. Společnost za dobu své existence nashromáždila bohaté zkušenosti a může se chlubit instalacemi svých strojů v mnoha prestižních podnicích. Tato reputace

buduje důvěru nových zákazníků, kteří při investici do drahého stroje raději volí osvědčenou značku.

Díky výše zmíněným konkurenčním výhodám a promyšlené strategii, kombinací kvalitního produktu, konkurenceschopné ceny, efektivní propagace a spolehlivé distribuce, se společnosti TOSHULIN, a.s. daří udržovat silnou pozici na trhu i v podmínkách ostré konkurence a měnící se ekonomické situace.

5.5 SWOT analýza podniku

SWOT analýza společnosti TOSHULIN, a.s. shrnuje vnitřní silné a slabé stránky podniku a konfrontuje je s vnějšími příležitostmi a hrozbami na trhu. V tabulce 2 jsou uvedeny hlavní body SWOT analýzy vycházející ze stávajících poznatků o společnosti.

Tabulka 2 SWOT analýza společnosti TOSHULIN, a.s.

SILNÉ STRÁNKY	SLABÉ STRÁNKY
Jedinečný produkt a řešení na míru	Komplexní organizační struktura
Technologické know-how a inovace	Vysoká energetická a provozní náročnost
Vysoká kvalita a spolehlivost	Limitovaná kapacita výrobní haly
Moderní výrobní vybavení a procesy	
Silná finanční stabilita	
Kvalifikovaný tým, poprodejní podpora a servis	
Certifikace ISO 9001:2015 a ČSN EN ISO 50001:2019	
PŘÍLEŽITOSTI	HROZBY
Vývoj nových produktů a technologií	Výkyvy ekonomiky a krizové situace
Průmysl 4.0 a digitalizace	Nestabilita trhu s energiemi
Automatizace a nové trhy	Nerovnoměrné vytížení kapacit v čase
Programy podpory a granty	Nedodržení kontraktu ze strany zákazníka
Zavedení systému energetického managementu (EnMS)	Zvýšení konkurenčního tlaku
	Rostoucí náklady a nedostatek zdrojů

(zdroj: vlastní)

5.5.1 Silné stránky

Společnost TOSHULIN, a.s. disponuje řadou klíčových konkurenčních výhod, které jí umožňují udržet si stabilní a respektované postavení na trhu. K nejvýraznějším patří schopnost nabízet jedinečné produkty plně přizpůsobené individuálním požadavkům zákazníků. Díky dlouholetému vývoji, vlastním konstrukčním týmům a orientaci na inovace společnost pravidelně zavádí nové technologie a modernizuje své portfolio v souladu s principy Průmyslu 4.0.

Značnou předností je vysoká kvalita a spolehlivost strojů, podpořená certifikovaným systémem řízení kvality dle ISO 9001. Společnost zároveň těží z moderního výrobního zázemí, efektivních procesů a propracované IT infrastruktury, která umožňuje kontrolu nad kvalitou i flexibilitu dodávek. Silná finanční stabilita společnosti zajišťuje kontinuitu rozvoje a investic, i v období tržních výkyvů.

TOSHULIN, a.s. staví také na kvalitní poprodejní podpoře a rychlém servisu, který zvyšuje spokojenost zákazníků a posiluje dlouhodobé vztahy. Významným interním faktorem úspěchu je stabilní a kvalifikovaný tým zaměstnanců, kteří jsou loajální, odborně zdatní a aktivně se podílejí na zlepšování procesů napříč celou organizací.

5.5.2 Slabé stránky

I přes výrazné konkurenční výhody se společnost TOSHULIN, a.s. potýká s některými interními slabinami, které mohou ovlivnit její provozní efektivitu. Mezi hlavní slabé stránky patří komplexní organizační struktura, která může vést ke ztížené komunikaci mezi odděleními, delší reakční době při rozhodování a snížení produktivity některých procesů.

Dalším problémem je vysoká energetická a provozní náročnost výroby, což se vzhledem k aktuálním cenám energií promítá do rostoucích nákladů. Starší výrobní budovy a zařízení vyžadují údržbu a modernizaci, což zatěžuje rozpočet a snižuje provozní efektivitu.

Společnost je rovněž omezena svou prostorovou kapacitou. V případě extrémní poptávky po strojích, s podobným termínem dodání k zákazníkovi, může dojít k přetížení montážních prostor, což ohrožuje dodací lhůty a může vést ke zpoždění zakázek. Pro řešení této slabiny je nutné zvážit kapacitní rezervy, rozložení výroby nebo možnosti externí spolupráce v případě potřeby.

5.5.3 Příležitosti

TOSHULIN, a.s. má před sebou řadu příležitostí, které může využít ke svému dalšímu růstu a posílení konkurenceschopnosti. Významnou příležitostí je pokračující trend digitalizace a automatizace ve výrobě. Zákazníci stále častěji požadují komplexní, inteligentní a víceosá obráběcí centra, která lze snadno integrovat do digitalizovaných výrobních systémů. TOSHULIN, a.s. má potenciál na tento vývoj reagovat nabídkou inovativních řešení včetně digitálního dvojčete stroje, vzdálené diagnostiky a automatizace výrobních operací.

Další příležitost se skrývá v rostoucím zájmu o energetickou efektivitu a udržitelnou výrobu. Zavedení systému řízení hospodaření s energiemi podle normy ISO 50001 umožňuje společnosti identifikovat oblasti s vysokou spotřebou a přijímat úsporná opatření, která snižují provozní náklady a zlepšují environmentální profil podniku. Investice do ekologicky šetrných technologií mohou zároveň zlepšit image společnosti v očích zahraničních partnerů i institucí poskytujících veřejné zakázky.

Společnost může těžit také z možnosti expanze na nové nebo rozvíjející se trhy. Zejména v zemích Latinské Ameriky, Asie nebo Afriky, kde dochází k modernizaci průmyslu a poptávce po výkonných obráběcích strojích. Díky bohatým zkušenostem a referencím z náročných projektů může TOSHULIN, a.s. nabídnout své produkty jako spolehlivou a kvalitní alternativu k lokálním výrobcům.

Neméně významné jsou možnosti zapojení do národních i evropských dotačních programů na podporu výzkumu, vývoje a inovací, které mohou snížit finanční rizika spojená s vývojem nových produktů či technologií.

5.5.4 Hrozby

Navzdory silné pozici na trhu čelí TOSHULIN, a.s. i celé řadě externích hrozeb, které mohou ovlivnit stabilitu podniku. Jednou z nejvýznamnějších je ekonomická nejistota a výkyvy v globální poptávce, které mají přímý dopad na investiční rozhodování zákazníků. V období recese nebo krize často dochází k odkládání plánovaných investic do rozšíření výroby podniků a s tím související potřeba nákupu nových strojů, což negativně ovlivňuje objem zakázek.

Riziko představují také prudce rostoucí ceny energií a surovin, které navyšují výrobní náklady a mohou ztenčit ziskové marže, pokud je např. není možné plně promítnout do ceny finálního výrobku. Významnou hrozbou je rovněž silná konkurence. Nejen od zavedených

zahraničních firem, ale také od nových výrobců, nabízejících levnější stroje, často s podporou dotačních programů.

Společnost TOSHULIN, a.s. čelí i hrozbě spojené s nedostatkem kvalifikované pracovní síly, která je pro high-tech výrobu klíčová. Dlouhodobý nedostatek odborníků v oblasti strojírenství, automatizace nebo konstrukce může zpomalit vývoj nových produktů a ovlivnit provozní výkonnost.

Dále může docházet k nerovnoměrnému vytížení výroby, které zvyšuje nároky na flexibilitu řízení kapacit. V případě hromadného přílivu zakázek může být společnost přetížena, v opačném případě zase čelit nevyužití výrobní kapacity. Obě situace představují riziko pro hospodářský výsledek i pro vztahy se zákazníky.

5.5.5 Vyhodnocení SWOT analýzy

TOSHULIN, a.s. vykazuje řadu silných stránek, zejména v oblasti technického know-how, kvality a schopnosti pružně reagovat na potřeby zákazníků. Tyto interní přednosti jsou dobrým výchozím bodem pro využití mnoha příležitostí, které trh nabízí. Např. rostoucí poptávky po automatizovaných řešeních či možnosti expanze na nové trhy s podporou dotačních programů. Zároveň si je však společnost vědoma svých slabin, jako jsou některé neefektivní procesy nebo vysoké provozní náklady a aktivně pracuje na jejich eliminaci. Vnější hrozby, především nejistoty globálního trhu a konkurence, budou i nadále vyžadovat strategickou ostražitost. Společnost bude muset udržovat inovativní tempo a vysoký standard služeb, aby obstála i v případě zhoršení tržních podmínek. Celkově provedená analýza naznačuje, že společnost TOSHULIN, a.s. má dobré předpoklady k tomu, aby díky svým silným stránkám a připravenosti využít příležitosti, dále posilovala svou pozici na trhu, a současně aby vhodnými opatřeními minimalizovala dopady potenciálních hrozeb a překonala vlastní slabé stránky.

6 ANALYTICKÁ ČÁST

Obráběcí stroje představují technicky sofistikovaná zařízení, jejichž přesnost a spolehlivost jsou klíčové pro dosažení požadované kvality obrábění. Pro zajištění, že tyto stroje splňují předepsané geometrické a rozměrové tolerance, je nezbytné, v procesu montáže, jejich testování prostřednictvím geometrických zkoušek. Tyto zkoušky mají za cíl ověřit, zda jsou funkční části stroje schopné zajistit požadovanou pracovní přesnost budoucího obráběného dílce zákazníka. Pro standardizaci těchto měření a postupů existují mezinárodní normy, především z řad ČSN ISO 230 a ČSN ISO 10791, které spadají do klasifikační třídy 20 03 tedy zaměřené na přesnost obráběcích strojů. Konkrétně norma ČSN ISO 230-1 stanovuje rámec pro měření geometrické přesnosti, která se soustředí na ověření rozměrových a tvarových parametrů i vzájemné polohy jednotlivých částí stroje, jako jsou rovinnost ploch, kolmost přímk, souosost, protínání os nebo rovnoběžnost (Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014).

V prostředí výrobního závodu společnosti TOSHULIN, a.s., je jednou z těchto geometrických zkoušek, ověřování přesnosti v ose C pomocí tzv. zkušební dílce NASa. Název NASa má zkušební dílec historicky uchycený odvozením od normy NAS 979. Jedná se o americkou normu pro zkoušení obráběcích center. Tento specifický testovací obrobek slouží jako nástroj pro ověření součinnosti os X a C během obrábění u nově vyráběných strojů. Zkušební operace zahrnuje kombinaci soustružení a frézování, po níž následuje měření vybraných geometrických charakteristik. Testování na NASa dílci poskytuje ucelený obraz o funkčnosti stroje při praktickém obrábění. Současný postup využití tohoto zkušební dílce však naráží na určitá omezení spojená s jeho opakovaným použitím, nároky na přesnost a nákladností přepracování dílce pro další testy.

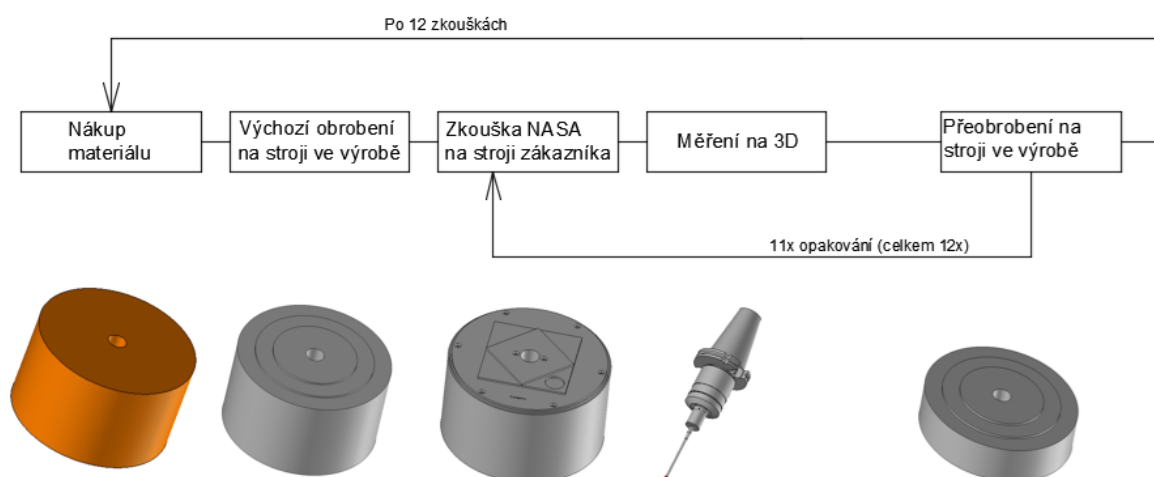
Cílem této práce je analyzovat a optimalizovat způsob využití zkušební dílce při ověřování přesnosti osy C u nových obráběcích strojů. Test probíhá na dílci ze šedé litiny materiálové třídy 42 2425 s pevností v tahu 220 až 260 MPa, přičemž maximální hmotnost dílce činí 2000 kg. Zvláštní pozornost je věnována racionalizaci využití zkušební dílce z pohledu životnosti a omezení nutnosti mezikroků v rámci výrobního procesu.

6.1 Původní postup obrábění zkušební dílce

V dosavadní praxi se zkušební kus obrábí vždy na stejné výkresové rozměry pro každou jednotlivou zkoušku. To znamená, že před každou zkouškou je dílec obroben na identický tvar a rozměry, předepsané výkresem. Po provedení geometrické zkoušky, tj. po obrobení

dílce a přeměření na 3D stroji, však nelze tentýž obrobek bez úprav použít pro další zkoušku. Dílčí geometrické prvky vytvořené při zkoušce např. vyvrtaný otvor, frézovaná kapsa, čelní plocha totiž zůstávají na obrobku, a pro opakování zkoušky by již nebylo možné znovu naměřit stejný stav. Proto se po každé zkoušce musí zkušební kus znovu připravit. Konkrétně nechat přesoustružit na základní rozměry (výchozí tvar) na obráběcím stroji ve výrobě. Tím se povrch zkušebního kusu obrobí od předchozí zkoušky na výchozí tvar tak, že se odstraní obrobená vrstva materiálu a kus je opět připraven pro další test v původních výchozích rozměrech.

Tento postup však výrazně omezuje počet zkoušek, které je možné na jednom fyzickém kusu provést. Zkušební dílec má totiž celkovou použitelnou výšku 300 mm a při každém opětovném přesoustružení ve výrobě se zkrátí (ubere se materiál) o 25 mm. Jak popisuje obrázek 11, jednoduchým výpočtem vychází, že pro současný postup je dvanáct možných zkoušek na jednom kusu. Po dvanácti cyklech již nezbývá dostatečná výška obrobku pro další přesoustružení a zkušební kus se musí nahradit novým. Důsledkem je zvýšená spotřeba zkušebních kusů a také vyšší časové nároky, protože po každé zkoušce je třeba dílec z měřicího střediska nechat převézt do výrobního úseku, upnout na soustruh a obrobít na výchozí povrch, což zvyšuje nutnost manipulace a čerpá kapacity ve výrobním úseku společnosti.



Obrázek 11 Schéma původního průběhu zkoušky

(zdroj: vlastní)

6.2 Princip zkoušky a hlavní omezení

Zkušební kus NASA má konstrukci navrženou tak, aby se jeho obrobením prověřila geometrická přesnost obráběcího stroje, kterou popisuje protokol přesnosti (viz příloha P II). Na válcovém tělese velkého průměru jsou obrobeny různé prvky, jako např. soustružený válcový průměr pro kontrolu kruhovitosti i sousosti, soustružená čelní plocha pro kontrolu rovinnosti a kolmosti vůči ose, frézovaná kruhová kapsa o definovaném průměru pro ověření přesnosti polohování a kruhové interpolace při frézování, frézované čtvercové plochy pro ověření kolmosti a rovinnosti obrobených ploch a přesnosti stroje při polohování ve více osách a vyvrtaný/vystružený otvor pro test sousosti vřetena a kvality vyvrtávání. Po obrobení těchto prvků se provádí měření na 3D měřicím stroji, na kterém se následně provede měření automatickým programem a provede se vyhodnocení a porovnání s nominálními hodnotami, aby se zjistily případné odchylky.

Hlavní omezení u současného postupu zkoušky je, že se po každém testu musí provádět obrábění v provozu výroby na stejný výchozí tvar obrobku. To znamená, že nelze testovat různé velikosti geometrických prvků v rámci jednoho kusu. Každý test je v podstatě stejný opakovaný proces, což sice zaručovalo konzistenci pro porovnání naměřených výstupů, ale neumožňovalo z jednoho kusu provést více variací testu. Kromě omezené životnosti kusu to představovalo také plýtvání časem, protože po každém testu následovalo zdlouhavé uvedení kusu do původního stavu místo toho, aby se plynule pokračovalo v dalším testování.

Identifikované problémové oblasti tedy zahrnují:

Nízkou využitelnost zkušebního kusu - pouze 12 zkoušek na kus z důvodu postupného ubírání materiálu při obnovování výchozího povrchu.

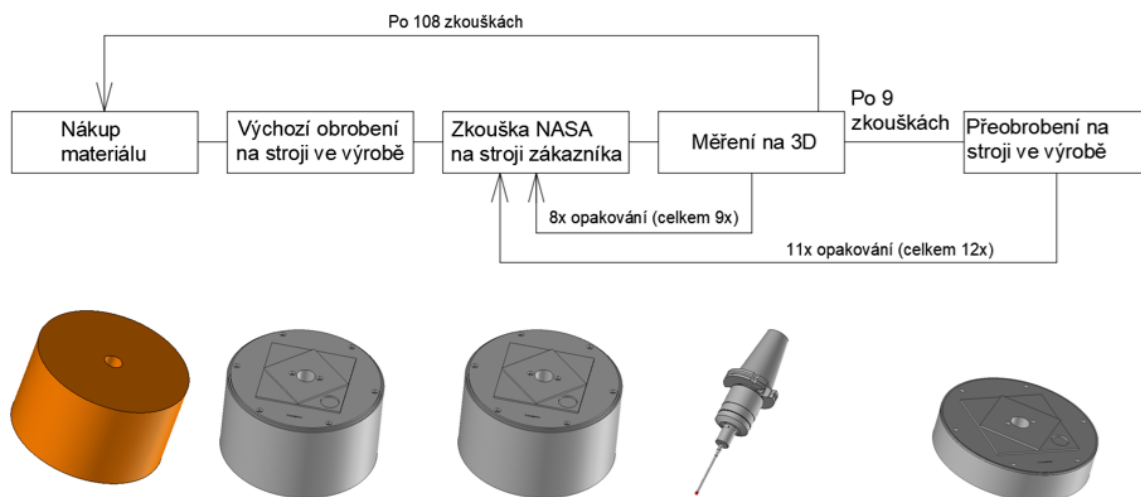
Vysoké časové ztráty - nutnost dodání zkušebního kusu NASA z měřicího střediska do výrobního úseku, čekání na volnou kapacitu stroje a obrábění kusu ve výrobě.

Tyto nedostatky byly výchozím bodem pro návrh zlepšení.

6.3 Metoda PDCA jako rámec pro zlepšení

Pro systematickou identifikaci problémů a návrh nápravných opatření byl použit cyklus PDCA, tedy metoda neustálého zlepšování. V první fázi **Plan** (Plánuj) proběhla důkladná analýza současného stavu zkoušky, jak bylo popsáno výše a stanovení cílů zlepšení. Bylo naplánováno vytvořit novou metodiku zkoušky s více stupni (kroky) obrábění a opakovaným využitím téhož kusu, jak popisuje schéma na obrázku 12, aby se prodloužila jeho životnost

a zefektivnil proces. Již v této fázi plánování vznikl koncept několika na sebe navazujících inkrementálních zkoušek. To znamená, že jednotlivé obrobené prvky zkušebního kusu by se mezi testy postupně zvětšovaly či zmenšovaly o nastavený přírůstek (např. 1 mm). Po provedení několika takových kroků by se teprve následně kus vrátil na stroj do výroby k opětovnému přesoustružení na základní stav. Tím by se zásadně omezila frekvence obnovování kusu a zvýšil by se počet zkoušek, které lze na jednom obrobku udělat.



Obrázek 12 Schéma návrhu nového průběhu zkoušky

(zdroj: vlastní)

V rámci fáze Plan byly stanoveny i předběžné parametry a omezení nového procesu, např. kolik kroků lze realizovat, než bude nutné kus přesoustružit ve výrobním úseku. To závisí na možnostech nástrojů a měřidel. Jaké změny NC programů a technologických postupů budou nutné, a jak zajistit spolehlivé měření po každém kroku.

Ve fázi **Do** (Dělej) se přistoupilo k realizaci navržených změn. Byl popsán nový průběh zkoušky, na jehož základě byly navrženy konkrétní hodnoty rozměrových změn pro každý krok (tyto hodnoty tvoří tabulku kroků zkoušek - viz projektová část) a byly vybrány vhodné nástroje. Oddělení zákaznické technologie vytvořilo parametrický NC program schopný vygenerovat jednotlivé kroky zkoušky s proměnnými rozměry. Následně proběhla příprava pilotního testování a zajištění fyzického zkušebního kusu, jeho předběžné obrobení na výchozí rozměry ve výrobě a instalace do stroje určeného pro test. Poté proběhlo praktické odzkoušení nové metody zkoušky za dohledu odborných pracovníků (technologové, pracovníci jakosti a montáž apod.), aby se ověřilo, že postup funguje v praxi.

Ve fázi **Check** (Kontroluj) byly vyhodnoceny výsledky pilotního zkoušení. Bylo provedeno měření obrobeného zkušebního kusu po jednotlivých krocích na 3D měřicím zařízení Wenzel LH 108 a zkontrolováno, zda jsou dodrženy tolerance a požadavky geometrické zkoušky při použití nové metody. Dále došlo k porovnání časových a finančních ukazatelů, zejména doby trvání zkoušky a nákladů na jeden test, oproti původnímu postupu. Z předběžných výpočtů vyplynulo, že navrhovaná metoda by měla přinést výrazné časové i finanční úspory a významně prodloužit životnost testovacího kusu. Pokud by výsledky nebyly uspokojivé, nebo by úspory nebyly tak výrazné, v této fázi by se návrh buď upravil, nebo případně zamítl. Kontrolní fáze tedy sloužila k objektivnímu posouzení přínosů i rizik zaváděné změny.

Poslední fáze **Act** (Jednej) nastává na základě pozitivních výsledků z fáze Check. V tomto případě, kdy se potvrdily očekávané přínosy, bylo přistoupeno k implementaci nové metody do praxe, která zahrnuje několik kroků:

- **oficiální rozhodnutí vedení** a přijetí navrhované metody do standardního procesu geometrických zkoušek,
- **aktualizaci a dokončení potřebné dokumentace** a vytvoření návodu pro provádění zkoušky. Ten byl připraven již během testování a po ověření se doplní o praktické zkušenosti,
- **úprava výkresové dokumentace zkušebního kusu** včetně technologických postupů výroby, pro fázi obrábění kusu ve výrobním úseku,
- **úprava protokolů pro hodnocení geometrie strojů** tak, aby reflektovaly novou zkušební metodiku,
- **proškolení odpovědných pracovníků o zavedených změnách**, aby byla nová metoda správně aplikována při každé zkoušce.

Posledním krokem cyklu Act je zajištění trvalého dodržování a případně drobných úprav procesu na základě zpětné vazby. Tím se cyklicky opět přechází do fáze Plan při hledání dalších možností zlepšení.

7 SHRUTÍ ANALYTICKÉ ČÁSTI

Analýza současného stavu odhalila zásadní rezervy v procesu geometrické zkoušky osy C se zkušebním kusem NASA. Využitím PDCA cyklu byl systematicky navržen projekt, který by měl tyto rezervy eliminovat, a to inovací postupu obrábění testovacího kusu. Následující projektová část detailně rozpracovává navrhované řešení, jednotlivé kroky implementace a očekávané přínosy.

Klíčovým zjištěním je, že stávající proces nevyužívá plně potenciál testovacího obrobku. Test je jednotvárný, vždy se stejnými rozměry. Tato skutečnost vedla k návrhu, aby se jeden zkušební kus využil pro více po sobě jdoucích inkrementálních zkoušek bez nutnosti pokaždé obnovovat výchozí stav. Analýza zároveň stanovila, jaké limitující faktory je třeba zohlednit. Kromě fyzických rozměrů kusu (výška) je to i rozsah nastavení nástrojů a měřidel. Např. použitý vyvrtávací nástroj umožňuje průměr otvoru jen v určitém rozmezí a podobně i měřicí přípravky mají své limity. Tyto faktory definují maximální počet inkrementálních kroků, které lze provést.

Z analytické části vyplynulo, že optimalizací postupu lze dosáhnout výrazného prodloužení životnosti testovacího dílce a zlepšení plynulosti zkoušek. Jako vhodný postup řešení byl zvolen PDCA cyklus, který zajistil systematický přístup. Od plánování změn přes jejich odzkoušení a kontrolu výsledků až po zavedení do praxe.

8 PROJEKTOVÁ ČÁST

Na základě provedené analýzy byl navržen nový způsob provádění geometrické zkoušky se zkušebním kusem NASA, který podstatně zvyšuje počet zkoušek proveditelných na jednom fyzickém kusu. Podstatou návrhu je zavedení několika stupňů (kroků) obrábění v rámci jedné zkoušky, přičemž v každém kroku se geometrie obrobku nepatrně změní. Konkrétně jednotlivé charakteristické prvky zkušebního kusu budou v každém kroku postupně zvětšovány nebo zmenšovány o předem definovaný přírůstek. Po provedení určitého počtu těchto dílčích zkoušek se teprve přistoupí k obnově kusu na výchozí stav přesoustružením na základě výkresové dokumentace a celý cyklus může pokračovat znovu.

8.1 Cíle projektu

Hlavním cílem projektu je tedy výrazně prodloužit využitelnost jednoho testovacího kusu. Z původních maximálně dvanácti zkoušek na jednom zkušebním kusu, se v teoretické rovině uvažuje až nad devíti postupnými zkouškami, mezi jeho dvěma obnovami. Při celkové výšce 300 mm a ubírání 25 mm při každé obnově lze tak provést až 12 cyklů po 9 zkouškách, což představuje 108 zkoušek na jeden fyzický kus (viz obrázek 12). Jednalo by se tak o devítinásobné zlepšení oproti původnímu stavu. Tento ambiciózní cíl slibuje zásadní časové a finanční úspory, neboť jedna série 108 testů by dříve vyžadovala devět samostatných zkušebních kusů a mnohonásobné využití kapacity stroje ve výrobním úseku, který se používá k obnově výchozího stavu zkušební dílce. Tím, že výrobní stroj bude pro potřeby montážního úseku zatěžován méně často, dojde i k zefektivnění výrobního toku na tomto oddělení společnosti.

Neméně důležitým cílem je zajistit, aby navrhované změny neohrožily přesnost a objektivitu zkoušky. Nová metodika musí být nastavena tak, aby výsledky měření zůstaly spolehlivé a srovnatelné s původní metodou. Projekt klade důraz na kalibraci, kontrolu nástrojů a měřidel při každém kroku a celkově na to, aby přechod na vícekrokovou zkoušku neměl negativní vliv na kvalitu získaných dat.

Z výše uvedených cílů lze vyvodit i hlavní kritéria úspěchu projektu:

- zvýšení počtu zkušební obrábění na jednom NASA kusu minimálně o 50%,
- prokazatelné časové a nákladové úspory oproti původnímu stavu,
- zachování či zlepšení přesnosti vyhodnocení geometrie stroje.

Projekt tak přispěje k principům štíhlé výroby eliminací plýtvání časem a materiálem do oblasti kontroly kvality a k nižší spotřebě materiálu, protože bude méně vyrobených testovacích kusů pro stejný počet zkoušek.

8.2 Plán implementace

Realizace projektu byla rozdělena do několika fází a úkolů, které logicky navazují. Tabulka 3 shrnuje hlavní kroky implementace a spolupráci mezi jednotlivými odděleními společnosti.

Tabulka 3 Plán implementace projektu

	ČINNOSTI	PROVEDE
1.	Tvorba parametrického programu	TPV
2.	Návrh obráběných rozměrů jednotlivých kroků zkoušky, určení počtu zkoušek, definice výchozího stavu	TPV + MT
3.	Specifikace nástrojů	TPV + MT
4.	Příprava podkladů pro provedení testovacího obrábění	TPV
5.	Příprava zkušebnímu kusu pro test	ZT
6.	Praktický test obrobení na stroji	ZT + MT + OŘJ
7.	Úprava programu měření a měření na 3D	OŘJ
8.	Výpočet nového času pro přesoustružení ve výrobním úseku	TPV
9.	Vyhodnocení finančních a časových úspor	Plánování výroby
10.	Rozhodnutí o přijetí nebo zamítnutí metody	OŘJ + MT
11.	Vypracování návodu k provedení zkoušky	TPV + MT
12.	Úprava výkresové dokumentace	TÚ
13.	Úprava technologického postupu pro přesoustružení	MT
14.	Úprava protokolů geometrie strojů	OŘJ + TÚ
15.	Zaškolení šéfmontérů a seznámení s novou metodou	ZT + MT
16.	Prezentace projektu	MT

(zdroj: vlastní)

Příprava programů a parametrů: vytvoření parametrického NC programu pro obrábění zkušebnímu kusu s podporou více variant rozměrů (kroků). Tento úkol byl svěřen technologické přípravě výroby (TPV). Dále proběhl návrh konkrétních rozměrů pro každý

krok zkoušky, stanovení optimálního počtu kroků a definice výchozího stavu kusu. Tento krok byl naplánován pro TPV ve spolupráci s technologií montáže. Současně byla specifikována potřebná nástrojová sestava pro všechny typy redukci rozhraní pro upínání nástroje do stroje (ISO, HSK, Capto), aby bylo možné test provést na různých strojích. Následně byly připraveny podklady pro testovací obrábění, mezi které patří instrukce k upnutí, seznam parametrů programu, kontrolní seznam měření apod.

Zajištění testovacího stroje a kusu, příprava fyzického kusu pro test: to znamená obrobit surový polotovár na výchozí rozměry, dle tabulky výchozích rozměrů, na stroji ve výrobě. Tento krok může být proveden v okamžiku, kdy bude k dispozici vhodný stroj pro samotné testování metody.

Provedení praktického testu obrábění: upnutí připraveného zkušební kusu přímo na vybraném stroji, který je vybaven C osou. Této zkoušky se zúčastní pracovníci oddělení řízení jakosti (OŘJ) a oddělení montážní a zákaznické technologie, aby bylo zajištěno správné provedení a sledování výsledku.

Měření a vyhodnocení testu: po obrobení zkušební kusu metodou víceetapové zkoušky se provede důkladné měření geometrických parametrů na oddělení metrologie. Nejprve je potřeba upravit stávající měřicí program pro souřadnicový měřicí stroj tak, aby dokázal automatizovaně změřit všechny nové prvky na zkušebním kusu a vyhodnotit je. Následně proběhne samotné měření na 3D měřicím zařízení Wenzel LH 108 a analýza výsledků, které bude zajišťovat OŘJ.

Výpočet nového času obrábění: jednak času potřebného k obrobení surového kusu do výchozího stavu, a jednak času potřebného k přesoustružení (obnově) po devíti zkouškách. Tyto časy pak slouží pro předběžné vyčíslení úspor.

Vyhodnocení a rozhodnutí: oddělení plánování výroby následně provede vyhodnocení časových a finančních úspor na základě informací, např. kolik polotovarů na zkušební kus a kolik hodin strojového času se ušetří apod. Pokud jsou úspory potvrzeny a současně měření prokáže, že kvalita zkoušky zůstává zachována, přistoupí se k rozhodnutí o přijetí či zamítnutí nové metody. V případě souhlasu s implementací bude následovat finální fáze.

Implementace do praxe: po schválení je potřeba novou metodiku formálně zavést. Nejprve dojde k sepsání finálního návodu pro provádění geometrické zkoušky touto metodou. Vychází se z podkladů připravených v úvodních fázích, které se aktualizují dle reálných zkušeností z testu. Dále konstrukční oddělení provede úpravu výkresové dokumentace

zkušebního kusu, jako je zakótování nových prvků, poznámky k možností vícenásobného použití atd. Technologové zase upraví interní technologický postup pro fázi obnovy kusu po devíti zkouškách tak, aby odpovídal novým požadavkům. Např. jiné množství odebraného materiálu, nový časový normativ apod. OŘJ ve spolupráci s konstrukcí aktualizuje protokoly geometrie strojů, které se používají při předávání strojů zákazníkovi, aby zohledňovaly, že zkouška může mít více kroků (viz příloha Protokoly zkoušky přesnosti osy C).

zaškolení pracovníků: zejména mistři montáže, pracovníci kontroly a šéfmontéři, kteří zkoušku provádějí, budou obeznámeni s novým postupem a jeho výhodami.

prezentace výsledků projektu: jde o poslední naplánovaný bod, který bude prezentován vedení firmy, aby se zviditelnily přínosy a podpořilo se využití podobných zlepšovatelských přístupů i v dalších oblastech.

Celý plán implementace je tedy poměrně komplexní, zahrnuje přípravu technickou (programy, nástroje), organizační (zajištění strojů, jednotlivých zaměstnanců), provedení testů, vyhodnocení a následné změny dokumentace a procesů. Důležité je, že plán obsahuje i kontrolní milníky, kde se ověřuje smysluplnost, zejména vyhodnocení úspor a kvality po pilotním testu, před plným zavedením.

8.3 Návrh časového harmonogramu projektu

Pro úspěšné řízení projektu byl vypracován orientační časový harmonogram s rozdělením do etap, který je vizualizován pomocí Ganttova diagramu v tabulce 4.

Tabulka 4 Časový harmonogram projektu v měsících

FÁZE	AKTIVITA	MĚSÍCE						
		1	2	3	4	5	6	7
I.	Analýza současného stavu							
	Dokumentace stávajícího postupu							
	Návrh úprav a nového řešení							
II.	Příprava zkušebního kusu							
	Testovací obrábění							
	Měření a analýza výsledků							
III.	Vyhodnocení a výpočet úspor							
	Rozhodnutí o implementaci							
IV.	Úprava dokumentace							
	Školení personálu							
	Zavedení metody do provozu							

(zdroj: vlastní)

Harmonogram reflektuje výše popsany plán implementace a zajišťuje, že jednotlivé fáze na sebe plynule navazují:

Fáze I – Plánování a příprava (měsíc 1–3): V této etapě proběhla analýza a plánování, které bylo již realizováno v analytické části projektu a především přípravné práce. Tvorba parametrického programu, návrh kroků zkoušky, výběr nástrojů a sepsání podkladů. Tyto úkoly byly v rámci projektu splněny poměrně rychle, díky tomu, že se na nich začalo pracovat už v průběhu analytické fáze. Dokumentace k testu (pracovní instrukce) byla připravena pro pilotní ověření.

Fáze II – Zajištění zdrojů a test (měsíc 3–5): Během této doby se počítalo se zajištěním potřebného obráběcího stroje pro test (musel být vybaven C-osou). Paralelně byl připraven zkušební kus obrobením na výchozí rozměry. Jakmile byl stroj dostupný, proběhlo samotné testovací obrábění dle nové metodiky. Tato fáze zahrnovala i bezprostřední měření obrobku po testu. Časové rozvržení této fáze záviselo na dostupnosti stroje. Bylo plánováno s určitými rezervami, aby se test mohl uskutečnit v co nejbližším termínu, ale současně neohrozil termíny přejímek na montážním úseku.

Fáze III – Vyhodnocení a rozhodnutí (měsíc 5–6): Ihned po provedení testu proběhla fáze vyhodnocení. V této fázi se zpracovaly výsledky měření zkušebního kusu a spočítaly se dosažené úspory. Na konci této fáze proběhlo rozhodnutí vedení o implementaci. Pokud by výsledky nebyly jednoznačné, harmonogram počítal s možností prodloužení této fáze (např. opakování testu či doplnění dat), nicméně primární plán uvažoval s tím, že jedna dobře připravená pilotní zkouška bude postačující.

Fáze IV – Implementace do provozu (měsíc 6–7): Po schválení projektu bylo naplánováno dokončení dokumentace (návody, výkresy, postupy). Následovalo školení personálu, které bylo zvládnuto v krátkém čase formou workshopů na dílně (také v měsíci 6). Oficiální zavedení nové metody zkoušky do provozu bylo plánováno od začátku měsíce 7. V tomto období už byly všechny nové postupy připraveny a ověřeny, takže v praxi, při další ostré geometrické zkoušce, se již postupovalo podle inovované metodiky. Zároveň v měsíci 7 proběhla prezentace projektu vedení a vyhodnocení projektu jako celku.

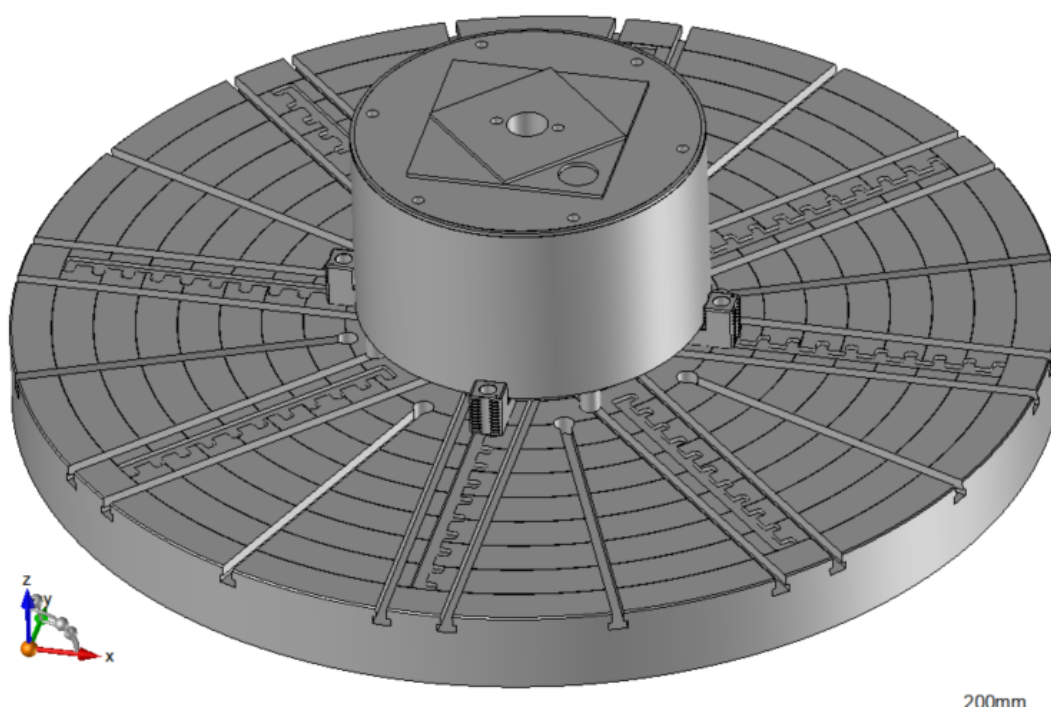
Celkově byl harmonogram nastaven tak, aby přibližně šest až sedm měsíců od zahájení, mohl být projekt plně realizován a nová metoda ukotvena v běžné praxi. Tento časový rámec je přiměřený rozsahu změn. Zahrnuje čas na technické úpravy, testování i administrativní změny. Důležitá je jistá flexibilita. Některé milníky (zejména dostupnost vhodného stroje)

mohly termín posunout. Projekt kvůli těmto možným rizikům počítal s průběžným sledováním a v případě nutnosti úpravou harmonogramu, což je součást agilního přístupu metody PDCA, kde jde o to, reagovat na skutečnost a přizpůsobit plán.

8.4 Způsob upínání zkušební dílce

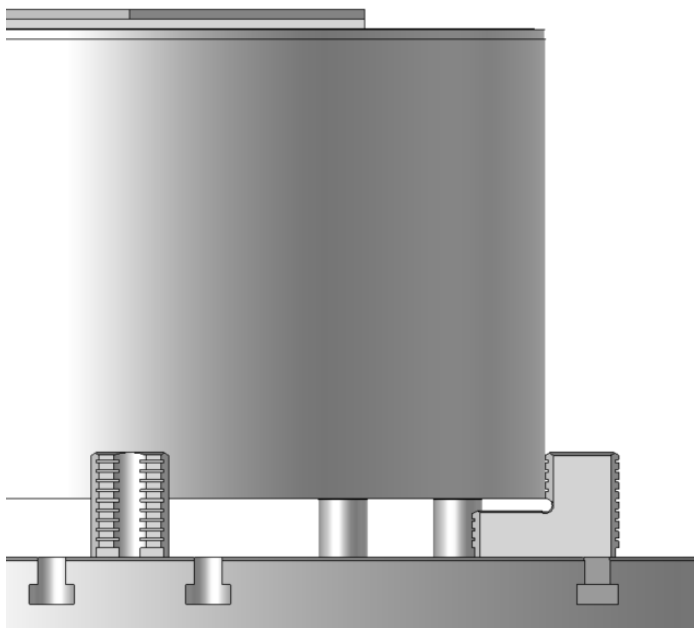
Správné upnutí zkušebního kusu na stroji je klíčové pro úspěšné provedení zkoušky, zejména z hlediska dosažení potřebné přesnosti měření. Vzhledem k rozměrům a tvaru NASa dílce a potřebě obrábět z čelní strany i po obvodu, byl zvolen následující způsob upnutí.

Obrázky 13 a 14 ukazují, že zkušební kus se upíná naležato na upínací desku. Pod dílec se umísťují 4 opěrné prvky, neboli podpěry o výšce cca 55 až 70 mm. Tyto podpěry slouží jako podložky mezi upínací plochou stroje a spodní základnou testovacího kusu. Před umístěním dílce jsou vrchní plochy podpěr soustruženy do roviny z důvodu zajištění rovnoběžnosti s obrobenými plochami po předchozí zkoušce a stability kusu během obrábění.



Obrázek 13 Vizualizace upnutí zkušební dílce

(zdroj: vlastní)



Obrázek 14 Detail upnutí dílce na podpěry

(zdroj: vlastní)

Poté, co je dílec položen na podpěry, zajistí se proti posunutí a nadzvednutí pomocí upínacích čelistí (obrázek 15). Použijí se čtyři standardní čelisti (rovnoměrně rozmístěné po 90°) nebo případně svěráky na povrchu upínací desky stroje.



Obrázek 15 Čelisti na upínací desce stroje

(zdroj: vlastní)

Důležitým parametrem při upnutí je obvodové házení upnutého kusu. Protože test zahrnuje obrábění velmi přesných rovin, je třeba ověřit, že zkušební kus neleží nakřivo. Po upnutí na podpěry se proto pomocí číselníkového úchylkoměru kontroluje rovinnost dosednutí a obvodové házení, jak ukazuje obrázek 16. Maximální povolené obvodové házení je 0,02 mm. Pokud házení překračuje tuto hodnotu, je nutné upnutí upravit tak, aby byl kus co nejrovněji usazen. Tento postup zajišťuje, že při následném obrábění bude již vytvořená čelní plocha skutečně kolmá k ose otáčení stroje. V případě větší odchylky by mohlo docházet k nerovnoměrné hloubce třísky během obrábění, což je nežádoucí.



Obrázek 16 Kontrola obvodového a rovinného házení

(zdroj: vlastní)

Upnutí zkušebního kusu NASA tedy vyžaduje jistou přípravu a pečlivost při ustavení, ale nevyžaduje zvlášť komplikovaný přípravek. Postačí standardní vybavení (podpěrné válečky, čelisti), avšak je kladen důraz na precizní seřízení. Celkově nový způsob upnutí umožňuje rychlou výměnu a opakované použití téhož kusu. Před každou novou zkouškou se doporučuje přesoustružit dosedací plochy podpěr a poté opět upnout kus stejným způsobem. Tím se zajistí konzistentní podmínky pro všechny zkoušky v sérii.

8.5 Nástrojové vybavení

Implementace nové metodiky zkoušky klade specifické požadavky na nástrojové vybavení. Byl sestaven seznam nástrojů, které jsou pro obrábění zkušebního kusu NASA potřeba, včetně jejich specifikací a použití:

Soustružnický nůž (T1_NASA) libovolného typu PCLNL nebo DCLNL velikosti 12, 16 či 19 mm (podle možností stroje), osazený břitovou destičkou pro dokončovací soustružení. Tento nástroj slouží k soustružení referenčního průměru a čelní plochy zkušebního kusu.

V podstatě se s ním obrábí vnější válcový průměr a čelní plocha do požadovaných hodnot. Jde o základní operace pro zajištění přesných referencí pro další měření. Soustružnický nůž, který je na obrázku 17, je ve stroji typicky upnut do běžného soustružnického držáku.



Obrázek 17 Soustružnický nůž používaný během zkoušky

(zdroj: vlastní)

Frézovací nástroj (R1_NASA) je označení pro monolitní dokončovací frézu průměru 20 mm určenou pro dokončovací frézování (obrázek 18). Tato fréza se používá při zkoušce pro frézování kruhové kapsy, frézování čtvercových ploch (velkého a malého čtverce) na čelní straně obrobku a frézování malé kruhové kapsy, sloužící jako označení čísla právě provedené zkoušky. Jde o dokončovací operace, fréza je tedy použita především na dočištění tvaru a dosažení přesného rozměru a kvality povrchu.



Obrázek 18 Frézovací nástroj používaný během zkoušky

(zdroj: vlastní)

Vyvrťovací hlava (R2_NASA) je klíčovým nástrojem pro možnost opakovaných zkoušek, neboť umožňuje měnit průměr vyvrťovaného otvoru v určitém rozsahu (obrázek 19). Jedná se o speciální vyvrťovací hlavu (vyvrťovací tyč) s rozsahem nastavitelného průměru 25 až 33 mm. Používá se k vyvrťování (vystružování) otvoru v testovacím kusu NASA. Otvor je v tabulce kroků označen průměrem H a hloubkou I. Díky tomuto nastavitelnému nástroji lze v každém kroku zkoušky obrábět otvor o definovanou hodnotu větší. Např. postupně od průměru 24 (výchozí) přes 25, 26, ... až do 33 mm. Tím se simuluje vrtání různých průměrů a zároveň se jedním nástrojem pokryje více kroků. Jelikož různé obráběcí stroje mohou mít různé upínací rozhraní nástrojů, jako jsou HSK63, HSK100, ISO50, BT50, popř. specifické jako Kennametal KM63 apod., je k dispozici sada adaptérů (redukčních nástavců), které umožňují upnutí této vyvrťovací hlavy s upínacím rozhraním Capto C6 do různých dalších rozhraní. Např. pro stroj s vřetenem HSK63 se použije redukce z C6 na HSK63, pro ISO50 zase redukce z C6 na ISO50 atd. Tím je zajištěna univerzálnost nástroje. Pro stroje vybavené systémem Kennametal KM bylo nutno zvolit alternativní vyvrťovací hlavu, protože neexistuje přímá redukce z C6 na KM. Byl vybrán konkrétní typ KM50-FBHO-1670

s příslušnými noži a redukcemi. Prakticky to znamená, že i pro speciální případy je řešení. Důležité je, že rozsah 25 až 33 mm zůstává zachován.



Obrázek 19 Vyvrtávací hlava HSK63 používaná během zkoušky

(zdroj: vlastní)

Kromě výše uvedených hlavních nástrojů se v procesu uplatňují i další nástroje. Např. vrták pro předvrtání otvoru, aby měla vyvrtávací hlava méně materiálu k odebrání. Dále hrubovací nástroje pro hrubování velkého průměru či frézovaných čtverců. Nicméně, u zkušebního kusu se počítá s tím, že je předpřipraven na jiném stroji, tzn. je dodán předobrobený, protože polotovar má už tvary blízké finálním, jen s malými přídávky.

Souhrnně lze říci, že nástrojové vybavení pro obrobení zkušebního kusu NASa zahrnuje soustružnický nůž, frézu a vyvrtávací hlavu. Tyto nástroje pokrývají všechny operace v testu. Od soustružení, přes frézování i vyvrtávání. Důraz je kladen na jejich správné nastavení (délkové korekce a poloměrové korekce v NC programu) a na možnost adaptace na různé stroje (zejména u vyvrtávacího nástroje). Všechny nástroje jsou dostupné ve firmě a byly ověřeny z hlediska funkce. Výhodou je, že nová podoba zkoušky nevyžaduje speciální

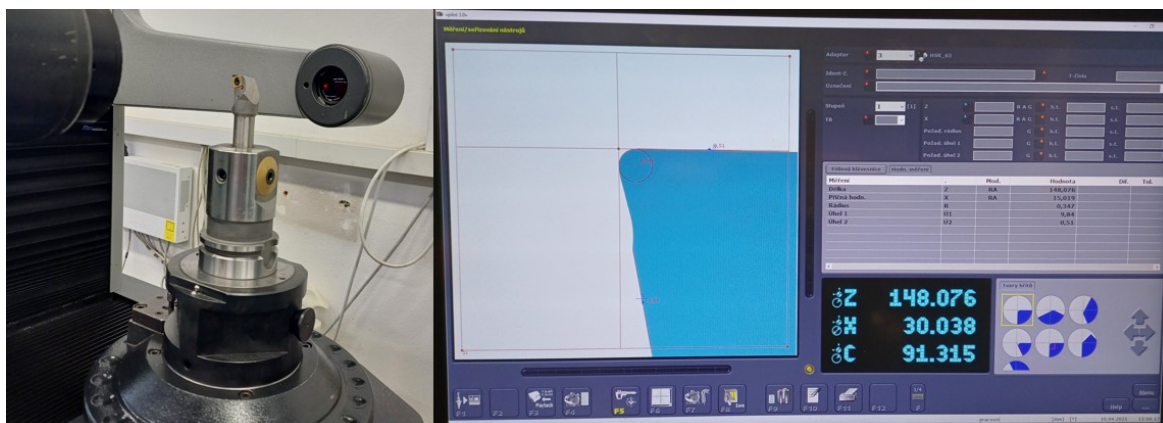
nástroje. Postačí standardní fréza a vyvrtávací tyč s větším rozsahem, které společnost vlastní či má snadno k dispozici.

8.6 Návrh nového postupu pro obrábění zkušební dílce

Nový postup geometrické zkoušky přesnosti stroje se skládá z definovaných kroků obrábění a kontrol, které umožňují provést na jednom zkušebním kusu sérii devíti dílčích zkoušek. Níže je popsán průběh jedné takové série zkoušek od počátku (výchozí stav kusu) až po jeho obnovu:

Příprava stroje a obrobku před zkouškou: Než začne samotné obrábění, je nutné zkontrolovat a případně seřídit geometrii stroje. Využívá se k tomu kalibrační trn. Ten se upne do smykadla a kontroluje se např. sousost a kolmost os. Jedná se o běžnou proceduru při geometrických zkouškách, aby se eliminoval vliv špatného seřízení stroje. Po ověření geometrie stroje se upne připravený zkušební kus způsobem popsaným v předchozí kapitole (podpěry a čelisti, kontrola házení).

Nastavení souřadného systému a nástrojů: S obrobkem upnutým na stroji je dalším krokem definovat potřebné nulové body a korekce nástrojů. Nejprve se obvykle provádí nastavení nulového bodu obrobku. Poté se nastaví nástrojové korekce. Soustružnický nůž T1_NASA se nastaví na správnou délku v ose Z a v ose X. Podobně se nastaví korekce pro vyvrtávací hlavu R2_NASA. Délková osa Z, obvykle na čelo dílce a pro osu X tj. poloměr nástroje. U vyvrtávací hlavy se navíc musí nastavit požadovaný průměr. Tento krok je proveden ještě ve výdejně nástrojů, dle čísla zkoušky, která bude provedena, na speciálním zařízení ZOLLER, jak ukazuje obrázek 20. Fréza R1_NASA se rovněž seřídí. Délková korekce v ose Z na čelo obrobku a korekce poloměru v ose X. V programu se počítá s tím, že obsluha zadá vstupní parametry, což jsou právě počáteční hodnoty rozměrů obrobku a aktuální korekce nástrojů. K dispozici je popis parametrů a způsobu nastavení programu (interní návod), který zajišťuje, že obsluha nezapomene na žádný důležitý krok před spuštěním automatického programu.



Obrázek 20 Nastavení požadovaného průměru u vyvrtávací hlavy ve výdejné nástrojů

(zdroj: vlastní)

Průběh obrábění jednoho kroku zkoušky: Byla vytvořena tabulka kroků zkoušek (tabulka 5), která přesně definuje všechny rozměry zkušebního kusu, pro dosažení až devíti geometrických zkoušek.

Tabulka 5 Tabulka kroků zkoušek

Krok obrábění	Soustružený $\varnothing$ (A)	Hloubka $\varnothing$ (B)	Hloubka čelo (C)	$\varnothing$ čelo (D)	Velký čtverec (E)	Malý čtverec (F)	$\varnothing$ frézované kapsy (+/- 0,02 mm) (G)	$\varnothing$ vystruženého otvoru (H)	Hloubka vystruženého otvoru (I)
Výchozí rozměr	848	15	0	0	482	340,826	91	24	24,5
1	847	15,5	0,5	817	480	339,412	92	25	20
2	846	16	1	816	478	337,998	93	26	19,5
3	845	16,5	1,5	815	476	336,583	94	27	19
4	844	17	2	814	474	335,169	95	28	18,5
5	843	17,5	2,5	813	472	333,755	96	29	18
6	842	18	3	812	470	332,341	97	30	17,5
7	841	18,5	3,5	811	468	330,926	98	31	17
8	840	19	4	810	466	329,512	99	32	16,5
9	839	19,5	4,5	809	464	328,098	100	33	16

(zdroj: vlastní)

Po všech přípravách se spustí NC program pro první krok zkoušky. Program automaticky provede sekvenci operací v pevném pořadí, aby byly výsledky konzistentní. Pořadí operací je následující:

Frézování kruhové kapsy (hrubování): Fréza R1_NASA vyfrézuje na čelní ploše kruhovou kapsu o průměru přibližně 100 mm (průměr je definován v tabulce kroků zkoušek jako G), avšak s rezervou (např. průměr 99,5 mm). Tedy ne na finální rozměr, ale nechá přídavek cca 0,5 mm. Frézování probíhá do pevně dané hloubky 10 mm a program po první drážce zastaví a vyzve k proměření průměru kapsy. Obsluha zkontroluje skutečný vyfrézovaný průměr, a pokud se liší od požadované hodnoty, provede úpravu korekce poloměru nástroje (např. když je průměr menší o 0,1 mm, zmenší se korekce o 0,05 mm). Tím se kompenzují případné nepřesnosti nastavení frézy. Poté program pokračuje.

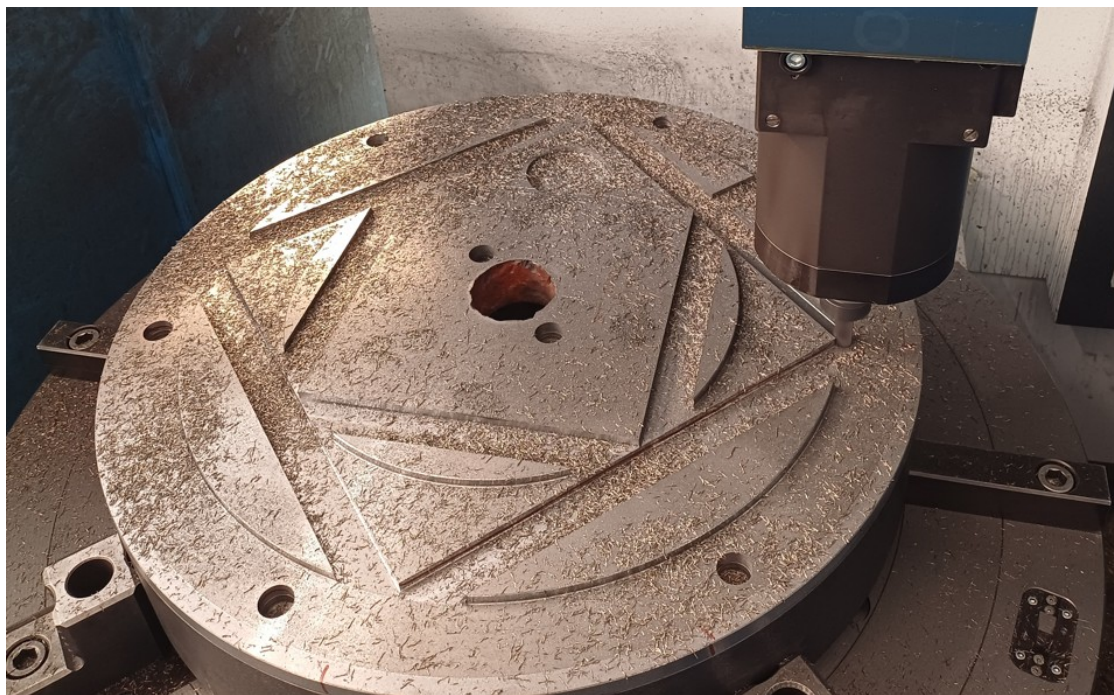
Frézování kruhové kapsy (dokončení): Fréza odebere zbylý materiál na stěně kapsy a dotvoří ji na finální průměr 100 mm (tolerance H7). Po dokončení programu se doporučuje opět průměr raději přeměřit, aby byla jistota, že je v toleranci (obrázek 21). Stejným nástrojem se vyfrézuje i kapsa průměru 20 mm, která na zkušební dílci označuje aktuální počet provedených zkoušek



Obrázek 21 Přeměření kruhové kapsy po frézování

(zdroj: vlastní)

Frézování velkého a malého čtverce: Stejnou frézou jsou na čelní ploše zkušebního kusu obrobny dvě pravoúhlé plošky - velký a malý čtverec (obrázek 22). Tyto čtverce mají definované rozměry (E a F v tabulce kroků zkoušek). Dochází k postupnému odebrání materiálu a čtverce se zmenšují každou další zkouškou. Frézování těchto tvarů provede program automaticky po dokončení kruhové kapsy.



Obrázek 22 Frézování malého a velkého čtverce

(zdroj: vlastní)

Vyvrtávání otvoru: Následně se do smykadla upne vyvrtávací tyč R2_NASA. Používá se k vyvrtání (přesněji vystružení) otvoru o určitém průměru na čele obrobku. Průměr je definován v tabulce kroků zkoušek jako H a hloubka I. V kroku 1 je průměr 25 mm a hloubka 20 mm. Program nyní vystružuje předvrtané díry na přesný průměr. Vyvrtávací hlava odebere minimální přídavek a zajistí válcovitost otvoru.

Soustružení čela a průměru pro 3D měření: Poslední operací jednoho kroku zkoušky je soustružení. Soustružnický nůž T1_NASA přesoustruží čelní plochu a vnější průměr obrobku (obrázek 23). Tím se vytvoří rovná plocha a průměr. Pro měření na souřadnicovém stroji slouží jako referenční plocha a kružnice pro vyhodnocení sousostí a dalších veličin. V tabulce kroků se tyto hodnoty označují A (soustružený průměr) a C (čelní úběr) případně D (průměr čela, což je průměr, do kterého se čelo soustruží). Pro každý krok jsou v programu

definovány příslušné parametry a nůž odřízne tenkou vrstvu materiálu z čela a obvodu, aby vznikly definované rozměry pro daný krok.



Obrázek 23 Soustružení čela a průměru na zkušebním dílci pro 3D měření

(zdroj: vlastní)

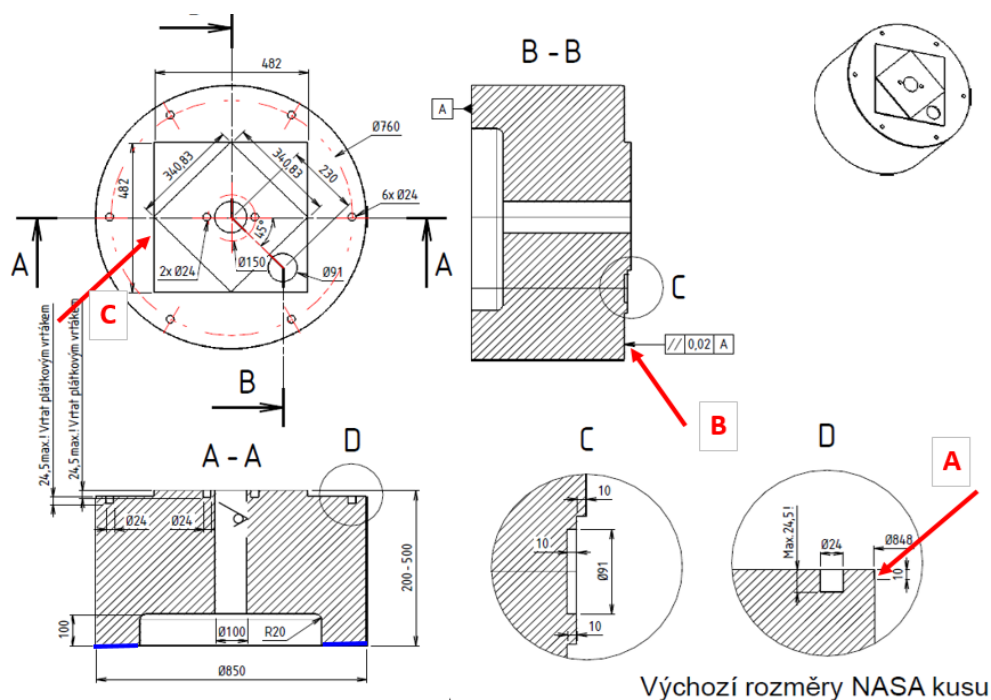
Měření a vyhodnocení po každém cyklu: Po dokončení výše popsanych operací je první krok zkoušky hotov. Nyní je zkušební kus přemístěn na měřicí středisko. Zkušební kus NASA se ustaví na 3D měřicí stroj Wenzel LH 108, jak ukazuje obrázek 24.



Obrázek 24 Měření zkušební díle NASa na měřicím stroji

(zdroj: vlastní)

Pro souřadný systém měřicího stroje se nejprve ručně nasnímá osoustružená kružnice na průměru (A), referenční plocha na čele (B) a přímka většího čtverce (C), jak vyobrazuje obrázek 25. Následně se provede měření automatickým programem a provede se vyhodnocení. Nově se nevyhodnocuje rozměr vrtaných otvorů a jejich opracování, protože nemají vliv na přesnost stroje. V příloze této diplomové práce je původní a nový protokol přesnosti zkoušky C. Tyto změny jsou v původním protokolu označeny červeným rámečkem. Získané hodnoty z 3D měřicího stroje se zapíší do nového protokolu zkoušky přesnosti osy C, který je součástí zákaznického dokumentu, o všech zkouškách geometrické a pracovní přesnosti stroje.



Obrázek 25 Referenční plochy pro souřadný systém měření na 3D stroji

(zdroj: vlastní)

Následující kroky 2 až 9: Provede se změna parametrů NC programu pro další zkoušky (kroky). Parametry definují mírně odlišné rozměry. Pro druhé obrábění na zkušebním kusu program použije o 1 mm menší hodnotu pro soustružený průměr A, o 0,5 mm větší hloubku čelní plochy C, o 1 mm větší průměr otvoru H atd. Rozměry jsou vždy definovány podle tabulky kroků zkoušek. Parametr určující číslo zkoušky zadává obsluha ručně do řídicího programu přes ovládací panel stroje. Program si pak sám načte sadu hodnot pro daný krok. Operace se poté spustí znovu v plné sekvenci. Od frézování kapsy a čtverců, přes vyvrtání otvoru až po přetočení čela a průměru.

Každý krok je možné považovat za samostatnou geometrickou zkoušku stroje. Stroj při něm obrobí všechny definované tvary a ty jsou pak měřeny. Pokud stroj funguje dle požadavků, rozdíly mezi kroky by měly odpovídat zadaným změnám a neměly by se objevovat neočekávané odchylky. V opačném případě zkouška objeví nutnost přerovnění geometrie stroje nebo jeho další kompenzaci.

8.7 Obnova zkušební dílce

Poté, co je dokončen poslední cyklus zkoušky, dosáhne se mezí nastavených pro nástroje i obrobek. Zkušební kus má nyní na sobě všechny prvky v nejzazším rozměru. Zkušební kus

NASa se po deváté zkoušce přesune zpět na stroj ve výrobě (soustruh) k obnovení výchozího stavu. Obnova spočívá v přesoustružení čelní plochy a vnějšího průměru, frézování čtverců a frézované kapsy s přídavkem. Odebraného materiálu je opět 25 mm z celkové výšky, čímž se odstraní všechny stopy po kapsách, otvorech a čtvercích z předchozích kroků. Zkušební kus se tímto způsobem dostane na stejné rozměry, jako měl na začátku cyklu (viz výchozí rozměry v tabulce 5). Po obnově je kus opět připraven k dalším devíti krokům zkoušek.

Pro opakování cyklu se zkušební kus znovu upne na stroj zákazníka stejným způsobem a celý proces se opakuje. Takto lze provést až dvanáct cyklů. V praxi to znamená až 108 jednotlivých zkoušek na jednom zkušebním kusu NASa. Možnosti testování jsou tedy násobně větší, než dříve. Před ukončením životnosti zkušebního kusu, dá oddělení technologie montáží požadavek na nákup nového polotovaru a pokračuje se stejnou metodou.

Celý nový postup je zdokumentován formou pracovního postupu (návodu) v interním dokumentu, který obsahuje i tabulku kroků zkoušek se všemi hodnotami rozměrů pro výchozí stav a kroky 1 až 9. Jde o zásadní změnu. Místo jedné zkoušky a obnovy na výchozí hodnoty nyní proběhne až devět zkoušek v řadě. S tím souvisí větší nároky na důslednost obsluhy a přesnost. NC program tyto věci značně usnadňuje, protože minimalizuje lidskou chybu při zadávání změn. Obsluha nastaví v řídicím systému stroje jen číslo zkoušky a program sám použije odpovídající posuvy a korekce. Původní výkres zkušebního kusu musel být revidován, aby zahrnoval nové prvky a stupňovité změny. Tyto výkresy s označením 1000 90462 E10 jsou součástí přílohy diplomové práce.

8.8 Porovnání původního a navrhovaného řešení

Původní řešení umožňovalo využít jeden zkušební kus na maximálně 12 zkoušek, zatímco navrhované řešení toto číslo zvyšuje až na 108. Jde o výrazný nárůst efektivity z hlediska využití materiálu. Životnost testovacího kusu se tak významně prodlužuje, což bylo hlavním cílem projektu.

V původním postupu byla po každé jednotlivé zkoušce nutná spolupráce s výrobním úsekem společnosti, kvůli nutnosti obnovení zkušebního kusu na výchozí tvar. V novém postupu lze devět zkoušek provést za sebou na devíti nových strojích, které jsou ve své konfiguraci vybavené C-osou a náhonem rotačních nástrojů. Teprve poté následuje nezbytná obnova kusu. S tím souvisí podstatné snížení zatížení stroje ve výrobním úseku.

Snížení počtu potřebných testovacích kusů a omezení strojního času na jejich obnovu se pozitivně promítá do nákladů. Orientační propočet ukázal výrazné finanční úspory, což bylo i formálně vyhodnocováno v rámci projektu, jak popisuje tabulka 6. Kromě materiálu je tu i pracovní čas. Méně časté obnovy zkušební kusu znamenají menší vytížení výrobních strojů a tím možnost využití kapacit např. pro potřeby kooperací.

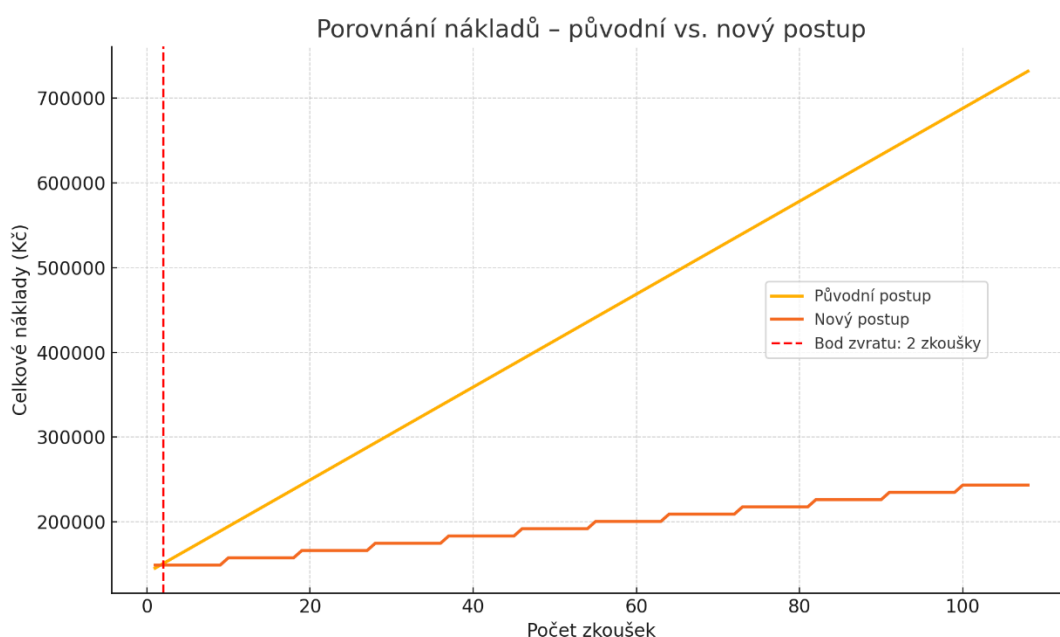
Tabulka 6 Porovnání nákladů

Původní postup:	
Proměnlivé vstupní údaje:	
Počet zkoušek na 1 fyzický kus	12
Počet možných přesoustružení kusu na karuselu ve výrobě ($300/25 = 12 - 1$ výchozí)	11
Náklady na přesoustružení NASa ve výrobě (příprava pro další zkoušku 4 h práce)	5 480 Kč
Kalkulace:	
Nákup surového kusu + obrobení do výchozího stavu	145 375 Kč
Přesoustružení kusu na karuselu ve výrobě - 11x na 1 fyzický kus	60 280 Kč
Teoretické náklady na 1 zkoušku při staré metodě	17 138 Kč
Porovnání nákladů při 108 zkouškách	
Stará metoda	1 850 895 Kč
Nový postup:	
Proměnlivé vstupní údaje:	
Počet zkoušek na 1 fyzický kus ($12 \cdot 9$)	108
Počet možných přesoustružení kusu na karuselu ve výrobě ($300/25 = 12 - 1$ výchozí)	11
Náklady na přesoustružení NASa ve výrobě (příprava pro další zkoušku 6,25 h práce)	8 563 Kč
Kalkulace:	
Nákup surového kusu + obrobení do výchozího stavu (+ 2,75 hod více práce)	149 143 Kč
Přesoustružení kusu na karuselu ve výrobě - 11x na 1 fyzický kus	94 188 Kč
Teoretické náklady na 1 zkoušku při nové metodě	2 253 Kč
Porovnání nákladů při 108 zkouškách	
Nová metoda	243 330 Kč
Předpokládané úspory:	
Úspora na 1 zkoušku	14 885 Kč
Úspora v %	86,9
Úspora v Kč při 108 zkouškách - tzn. na jednom kusu při nové metodě (pouze pro celistvost)	1 607 565 Kč

(zdroj: vlastní)

Navrhované řešení je technologicky složitější, protože vyžaduje sofistikovanější NC program, pečlivé vedení záznamů o krocích jednotlivých zkoušek a složitější je i příprava pro upnutí zkušebního kusu na stroj. Nicméně tato vyšší počáteční náročnost byla ošetřena přípravou podrobného návodu a školením personálu. Po zaškolení by samotné provedení zkoušky nemělo být výrazně komplikovanější, než původní, protože mnoho věcí obstará automatizace v NC programu. Riziko chyb obsluhy, např. zadání špatného kroku existuje, ale lze jej minimalizovat uživatelským rozhraním programu a jeho výzvou pro označení aktuálního kroku na obrazovce.

Původní a nové řešení se liší zásadně v přístupu. Původní bylo jednoduché, ale neefektivní. Nové je sofistikovanější, ale mnohem efektivnější. Nová metoda umožňuje provést více zkoušek s menším úsilím a menšími zdroji, což je princip průmyslového inženýrství a neustálého zlepšování. Na obrázku 26 je grafické znázornění, které porovnává náklady původního a nového postupu. Zároveň zobrazuje bod zvratu, který nastává v podstatě již při druhé zkoušce u nové metody. Od tohoto okamžiku je nová metoda výrazně výhodnější, než původní. Rozdíl v kumulovaných nákladech se s rostoucím počtem zkoušek dále zvyšuje. Předběžné kalkulace ukazují, že přínosy výrazně převyšují náklady na zavedení změny. V následující kapitole jsou tyto přínosy popsány podrobněji.



Obrázek 26 Grafické znázornění porovnání nákladů

(zdroj: vlastní)

9 VYHODNOCENÍ PROJEKTU

Projekt prokázal zlepšení plynulosti v montážním procesu obráběcích strojů. Finanční přínosy plynou zejména z úspory materiálu a času. Jeden zkušební kus nyní vydrží na mnohonásobně více testů, takže náklady na materiál se rozloží do většího počtu zkoušek. Jde o více, než osminásobné snížení podílu. Další výraznou položkou je úspora strojového času ve výrobním úseku. Nákladově se jedná o desítky hodin práce stroje a obsluhy ušetřené na každých 108 testů. Přepočteno na jednotku, náklad času na jednu zkoušku klesá o desítky procent. Oddělení plánování výroby, které provádělo vyhodnocení, došlo k závěru, že projekt přinese významnou redukci přímých nákladů spojených s geometrickými zkouškami strojů za materiál, energie a mzdy. Také nepřímé náklady, jako je logistika přepravy a manipulace se zkušebním dílcem se snižují. Zlepšuje se i bezpečnost práce, která s manipulací souvisí.

Vyhodnocení projektu ukázalo, že nová metodika plnohodnotně nahradila původní zkoušku, aniž by utrpěla kvalita výsledků. Provedená měření potvrdila, že stroj lze stejně dobře vyhodnotit jako při jednotlivých testech.

Projekt splnil stanovené cíle. Podařilo se vytvořit metodiku vícefázové zkoušky, která přinesla časové i finanční úspory a prodloužení životnosti kusu nad očekávanou úroveň. Implementace proběhla hladce díky důkladnému použití metody PDCA. Všechny kroky byly promyšleny a otestovány, takže při zavádění do ostrého provozu nedošlo k zásadním problémům. Celkový přínos projektu je tedy velmi pozitivní a jeho efekt se projeví při každé další geometrické zkoušce.

Projekt rovněž prokázal, že metoda PDCA je vhodným nástrojem. Plánování bylo přesné, testování ověřilo hypotézy, kontrola výsledků ukázala jasné přínosy a následné zavedení šlo podle plánu. Tento strukturovaný postup minimalizoval riziko neúspěchu a zajistil, že žádný aspekt, technický ani organizační, nebyl opomenut.

ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývala racionalizací zkušebního dílce pro zkoušku geometrické přesnosti v procesu montáže obráběcího stroje pomocí zkušebního kusu NASa. Na základě analýzy původního stavu byla identifikována zásadní omezení stávající metodiky. Především nízký počet zkoušek na jeden kus a s tím spojené časové a nákladové ztráty. Aplikací principů průmyslového inženýrství a cyklu PDCA se podařilo navrhnout a realizovat inovativní řešení, které tyto nedostatky odstraňuje.

Navržený vícefázový postup zkoušky umožňuje provést až devět geometrických zkoušek v jedné sérii na jednom obrobku, což prodloužilo životnost zkušebního kusu. Vylepšení se promítlo do výrazných úspor času a nákladů, jak bylo vyhodnoceno v projektové části.

Z pohledu praxe je zavedení tohoto racionalizovaného procesu významné. Společnost TOSHULIN, a.s. nyní disponuje modernizovanou metodikou geometrické zkoušky. Doporučení vyplývající z projektu zahrnují zejména důsledné dodržování nastaveného postupu a pravidelnou kalibraci nástrojů a měřidel, aby bylo zajištěno, že vícefázová zkouška probíhá za správných podmínek. Dále se doporučuje udržovat aktuální dokumentaci a školit nové pracovníky na tuto metodu, aby se znalosti přenesly i do budoucna.

Celkově lze konstatovat, že projekt splnil stanovené cíle a přinesl hmatatelné přínosy. Jde o názorný příklad uplatnění průmyslového inženýrství v oblasti výrobního podniku. Díky strukturovanému přístupu a zapojení metody PDCA se podařilo inovovat zavedený proces tak, aby byl hospodárnější a účinnější. Tento přístup lze doporučit i pro jiné oblasti výroby, kde se periodicky opakují nějaké zkoušky či procesy. V případě zkušebního kusu NASa se takovou změnu podařilo úspěšně navrhnout a implementovat, což přispěje ke zlepšení na montážním úseku podniku.

Práce na tomto projektu a zpracování této diplomové práce pro mě znamenala především cennou osobní zkušenost. Jedním z největších přínosů byla možnost podílet se na organizaci spolupráce mezi jednotlivými odděleními firmy, což mi umožnilo lépe porozumět specifickým procesům a pracovním postupům, které jsou pro každé oddělení charakteristické. Díky tomu jsem si významně rozšířil své povědomí o fungování podniku jako celku. Zároveň jsem si prohloubil znalosti v oblasti řízení projektů a praktického využití metod průmyslového inženýrství, které považuji za důležitý základ pro své další profesní směřování.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BARTHELMES, Hans, 2013. *Handbuch Industrial Engineering: vom Markt zum Produkt*. München: Hanser. ISBN 978-3-446-42780-8.

BRAU, Sebastian J., [2016]. *Lean manufacturing 4.0: the technological evolution of lean : practical guide on the correct use of technology in lean projects Kanban, 5S, TPM, Kaizen, VSM, 6Sigma, SMED OEE, Hoshin Kanri, Gemba, JIT, TPS, PDCA...* Boca Raton: American Lean SD. ISBN 978-15-393-2294-8.

PASCAL, Denis, 2015. *Lean Production Simplified*. Routledge, CRC Press. ISBN 978-14-987-0887-6.

DOLEŽAL, Jan, 2016. *Projektový management: komplexně, prakticky a podle světových standardů*. Expert. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-5620-2.

DUPAL, Andrej, 2018. *Logistika*. Economics. Bratislava: Sprint 2. ISBN 978-80-89710-44-7.

DUPAL, Andrej, 2019. *Manažment výroby*. Edícia Economics. Bratislava: Sprint 2. ISBN 978-80-89710-50-8.

FLÍDR, Jiří, 2023. *Propojení výroby a informačních systémů v praxi*. Expert. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-2459-6.

CHROMJAKOVÁ, Felicita, 2013. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti stíhlým řízením procesů*. Žilina: Georg. ISBN 978-80-8154-058-5.

JAKUBÍKOVÁ, Dagmar a JANEČEK, Petr, 2023. *Strategický marketing: strategie a trendy*. 3. přepracované a rozšířené vydání. Expert. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-3722-0.

JANÍČEK, Přemysl, 2007. *Systémové pojetí vybraných oborů pro techniky: hledání souvislostí : učební texty*. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 978-80-7204-554-9.

JANÍČEK, Přemysl a MAREK, Jiří, 2013. *Expertní inženýrství v systémovém pojetí*. Expert. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4127-7.

JUROVÁ, Marie, 2016. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Expert. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-5717-9.

KOŠTURIÁK, Ján a FROLÍK, Zbyněk, 2006. *Štíhlý a inovativní podnik*. Management studium. Praha: Alfa Publishing. ISBN 80-86851-38-9.

KOŠTURIÁK, Ján a CHAL, Ján, 2008. *Inovace: vaše konkurenční výhoda!*. Brno: Computer Press. ISBN 978-80-2511-929-7.

KOTLER, Philip a KELLER, Kevin Lane, 2016. *Marketing management*. 15. Boston: Pearson. ISBN 978-80-271-2459-6.

KŘIVÁNEK, Mirko, 2019. *Dynamické vedení a řízení projektů: systémovým myšlením k úspěšným projektům*. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-0408-6.

MAREK, Jiří a BLECHA, Petr, 2014. *Konstrukce CNC obráběcích strojů III*. 3. vyd. MM speciál. Praha: MM publishing. ISBN 978-80-260678-0-1.

MAREK, Jiří, 2023. *Stavba a provoz CNC obráběcích strojů Průvodce digitální verzí*. Praha: MM. ISBN 978-80-907452-3-0.

MAŠÍN, Ivan a VYTLAČIL, Milan, 2000. *Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství. ISBN 80-902235-6-7.

MAŠÍN, Ivan a VYTLAČIL, Milan, 2000. *TPM: management a praktické zavádění*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství. ISBN 80-902235-5-9.

NENADÁL, Jaroslav, 2005. *Moderní systémy řízení jakosti: quality management*. 2. dopl. vyd. Praha: Management Press. ISBN 80-7261-071-6.

NENADÁL, Jaroslav, 2008. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Praha: Management Press. ISBN 978-80-7261-186-7.

NENADÁL, Jaroslav; NOSKIEVIČOVÁ, Darja a PETŘÍKOVÁ, Růžena, 2007. *Moderní systémy řízení jakosti*. 2. doplněné vydání. Praha: Management Press. ISBN 978-80-7261-071-6.

PATERMANN, Jiří, 2022. *Lean dílenské řízení: je čas změnit vaši dílnu: začneme teď!*. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-3534-9.

PETŘÍKOVÁ, Růžena, 2008. *Jakost a lidský faktor*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava. ISBN 978-80-248-1735-4.

POLÁKOVÁ, Veronika a BOBÁK, Roman, 2013. *Priemyselné inžinierstvo ako faktor konkurencie schopnosti výrobných podnikov*. Žilina: Georg. ISBN 978-80-8154-051-6.

SALVENDY, Gavriel (ed.), 2001. *Handbook of industrial engineering: technology and operations management*. 3rd ed. New York: Wiley. ISBN 0-471-33057-4.

SOUČKOVÁ, Ingrid a JERZ, Vladimír, 2019. *Logistika v odbore*. Edícia vysokoškolských učebníc. V Bratislave: Slovenská technická univerzita v Bratislave. ISBN 978-80-227-4979-4.

SVOZILOVÁ, Alena, 2016. *Projektový management: systémový přístup k řízení projektů*. 3., aktualizované a rozšířené vydání. Expert. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-0075-0.

ŠTULPA, Miloslav, 2022. *Technologie obrábění: CNC soustružení, frézování, vrtání: pro praxi*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-2883-9.

TUČEK, David a BOBÁK, Roman, 2006. *Výrobní systémy*. Vyd. 2. upr. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 80-731-8381-1.

TUČEK, David; HRABAL, Martin a TRČKA, Lukáš, 2014. *Procesní řízení v praxi podniků a vysokých škol*. Praha: Wolters Kluwer. ISBN 978-80-7478-674-7.

ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ, 2014. *Zásady zkoušek obráběcích strojů - Část I: Geometrická přesnost strojů pracujících bez zatížení nebo za kvazistatických podmínek*. Třetí vydání. Praha.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Schéma systému řízení ve firmě TOSHULIN, a.s.	15
Obrázek 2 Schématická reprezentace hmotného realizačního procesu, jeho vstupů a výstupů	16
Obrázek 3 Příklad části reportingové mapy montážních procesů	18
Obrázek 4 Příklad struktury vyspělého ERP systému	20
Obrázek 5 Sídlo společnosti TOSHULIN, a.s.	35
Obrázek 6 Diagram vlastnické struktury společnosti TOSHULIN, a.s.	36
Obrázek 7 Svislá multifunkční obráběcí centra společnosti TOSHULIN, a.s.	37
Obrázek 8 Struktura společnosti TOSHULIN, a.s.	38
Obrázek 9 Životní cyklus produktu	40
Obrázek 10 Experturn 1400 S pro hrubování železničních kol	43
Obrázek 11 Schéma původního průběhu zkoušky	51
Obrázek 12 Schéma návrhu nového průběhu zkoušky	53
Obrázek 13 Vizualizace upnutí zkušební dílce	61
Obrázek 14 Detail upnutí dílce na podpěry	62
Obrázek 15 Čelisti na upínací desce stroje	62
Obrázek 16 Kontrola obvodového a rovinného házení	63
Obrázek 17 Soustružnický nůž používaný během zkoušky	64
Obrázek 18 Frézovací nástroj používaný během zkoušky	65
Obrázek 19 Vytvářecí hlava HSK63 používaná během zkoušky	66
Obrázek 20 Nastavení požadovaného průměru u vytvářecí hlavy ve výdejně nástrojů	68
Obrázek 21 Přeměření kruhové kapsy po frézování	69
Obrázek 22 Frézování malého a velkého čtverce	70
Obrázek 23 Soustružení čela a průměru na zkušebním dílci pro 3D měření	71
Obrázek 24 Měření zkušební dílce NASA na měřicím stroji	72
Obrázek 25 Referenční plochy pro souřadný systém měření na 3D stroji	73
Obrázek 26 Grafické znázornění porovnání nákladů	76

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Výčet nejvýznamnějších konkurentů z ČR.....	44
Tabulka 2 SWOT analýza společnosti TOSHULIN, a.s.	46
Tabulka 3 Plán implementace projektu	57
Tabulka 4 Časový harmonogram projektu v měsících	59
Tabulka 5 Tabulka kroků zkoušek.....	68
Tabulka 6 Porovnání nákladů	75

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

3D	Trojrozměrné (prostorové) zobrazení
5S	Označení pro pět základních pravidel štíhlé výroby
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (počítačem podporované konstruování)
CAM	<i>Computer Numerical Control</i> (počítačem podporovaná výroba)
CNC	<i>Computer Numerical Control</i> (číslicově řízený obráběcí stroj)
ČR	Česká republika
ČSN	Česká technická norma
DCLNL	Označení držáku soustružnického nástroje podle normy ISO
EnMS	<i>Energy Management Systém</i> (systém energetického managementu)
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> (podnikový informační systém)
HSK	<i>Hohl Shaft Kegel</i> (typ upínacího kuželu v obráběcím vřetenu)
IFS	<i>Industrial and Financial Systems</i> (typ podnikového informačního systému)
IoT	<i>Internet of Things</i> (internet věcí)
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (mezinárodní organizace pro normalizaci)
IT	Informační technologie
JIT	<i>Just in Time</i> (metoda řízení zásob a výroby)
kg	kilogram
mm	milimetr
MPa	megapascal
MT	Montážní technologie
NAS	<i>National Aerospace Standard</i> (americká norma pro zkoušení obráběcích center)
NASa	Zkušební dílec pro ověření geometrické přesnosti osy C
NC	<i>Numerical Control</i> (číslicově řízený)
OŘJ	Oddělení řízení jakosti

PCLNL	Označení držáku soustružnického nástroje podle normy ISO
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i> (cyklus neustálého zlepšování)
PI	Průmyslové inženýrství
SMART	Specifické, měřitelné, dosažitelné, relevantní, časově vymezené cíle
SWOT	Analýza silných a slabých stránek, příležitostí a hrozeb
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> (totálně produktivní údržba)
TPV	Technologie přípravy výroby
TOS	Tradiční značka českého strojírenství
TQM	Total Quality Management (komplexní řízení kvality)
TÚ	Technický úsek
VaV	Výzkum a vývoj
VSM	<i>Value Stream Mapping</i> (mapování toku hodnot)
VŠB	Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
ZT	Zákaznická technologie

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Původní protokol zkoušky přesnosti osy C

Příloha P II: Nový protokol zkoušky přesnosti osy C

Příloha P III: Výkres pro zkoušky na montážním úseku

Příloha P IV: Výkres pro přesoustružení ve výrobním úseku

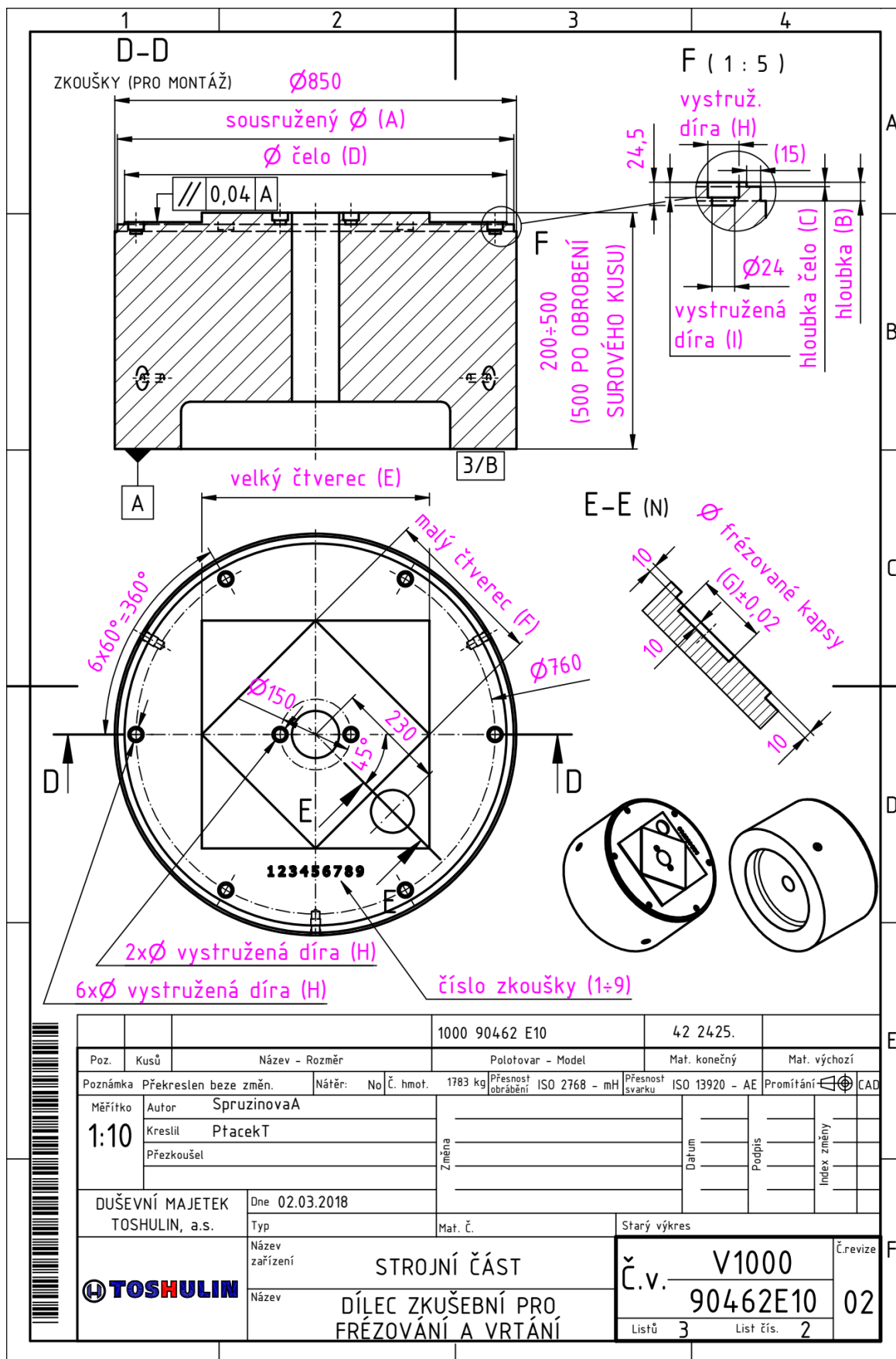
PŘÍLOHA P I: PŮVODNÍ PROTOKOL ZKOUŠKY PŘESNOSTI OSY C

C.	OPRACOVÁNÍ	PREDMET MERENÍ		HODNOTA	
				PŘÍPUSTNÁ	NAMĚŘENA
1.	Ctverec I.	Uchylka přímosti stran		0,03	
2.					
3.					
4.					
5.		Uchylka kolmosti stran	k základně A	0,03	
6.					
7.		Uchylka rovnoběžnosti stran	k základně A	0,03	
8.			k základně B		
9.	Ctverec II.	Uchylka přímosti stran		0,03	
10.					
11.					
12.					
13.		Uchylka kolmosti stran	k základně C	0,025	
14.					
15.		Uchylka rovnoběžnosti stran	k základně C	0,025	
16.			k základně D		
17.	Uhel 45°	Uchylka úhlu		± 0,01°	
18.	Otvor Ø 100	Uchylka průměru frézování dle programu		± 0,02	
19.		Uchylka osy otvoru od osy čtverce		± 0,02	
20.		Uchylka kruhovitosti otvoru		0,03	
21.	Otvor Ø 30 H7	Uchylka průměru otvorů	1 – 6	+ 0,021	
22.		Uchylka úhlů mezi otvory	1 – 2	± 14"	
23.			1 – 3		
24.			1 – 4		
25.			1 – 5		
26.			1 – 6		
27.		Uchylka roztečí mezi otvory	1 – 4	± 0,10	
28.			2 – 5		
29.			3 – 6		
30.		Otvor Ø 30 H7	Uchylka osy otvoru od osy čtverce základny A		± 0,05
31.	Uchylka osy otvoru od strany čtverce základny B			± 0,03	
Drsnost povrchu		Drsnost čtverců při frézování obvodem	Ctverec I.	Ra = 3,2	
			Ctverec II.		
		Drsnost povrchu otvorů Ø30 H7		Ra = 1,6	

PŘÍLOHA P II: NOVÝ PROTOKOL ZKOUŠKY PŘESNOSTI OSY C

C.	OPRACOVÁNÍ	PREDMET MERENÍ		HODNOTA	
				PŘÍPUSTNÁ	NAMĚŘENA
1.	Čtverec I.	Uchylka přímosti stran		0,03	
2.					
3.					
4.					
5.		Uchylka kolmosti stran	k základně A	0,03	
6.					
7.		Uchylka rovnoběžnosti stran	k základně A	0,03	
8.			k základně B		
9.	Čtverec II.	Uchylka přímosti stran		0,03	
10.					
11.					
12.					
13.		Uchylka kolmosti stran	k základně C	0,025	
14.					
15.		Uchylka rovnoběžnosti stran	k základně C	0,025	
16.			k základně D		
17.	Úhel 45°	Uchylka úhlu		± 0,01°	
18.	Frézovaný otvor Ø F	Uchylka průměru frézování dle programu		± 0,02	
19.		Uchylka osy otvoru od osy čtverce		± 0,02	
20.		Uchylka kruhovitosti otvoru		0,03	
21.	Vrtaný otvor Ø V	Uchylka úhlů mezi otvory	1 – 2	± 14"	
22.			1 – 3		
23.			1 – 4		
24.			1 – 5		
25.			1 – 6		
26.		Uchylka roztečí mezi otvory	1 – 4	± 0,10	
27.			2 – 5		
28.			3 – 6		
29.		Uchylka osy otvoru Ø V od osy čtverce základny A		± 0,05	
30.		Uchylka osy otvoru Ø V od strany čtverce základny B		± 0,03	
Drsnost povrchu		Drsnost čtverců při frézování obvodem	Čtverec X	Ra = 3,2	
			Čtverec V		
Datum:					
Podpis:					

PŘÍLOHA P III: VÝKRES PRO ZKOUŠKY NA MONTÁŽNÍM ÚSEKU



PŘÍLOHA P IV: VÝKRES PRO PŘESOUSTRUŽENÍ VE VÝROBNÍM ÚSEKU

