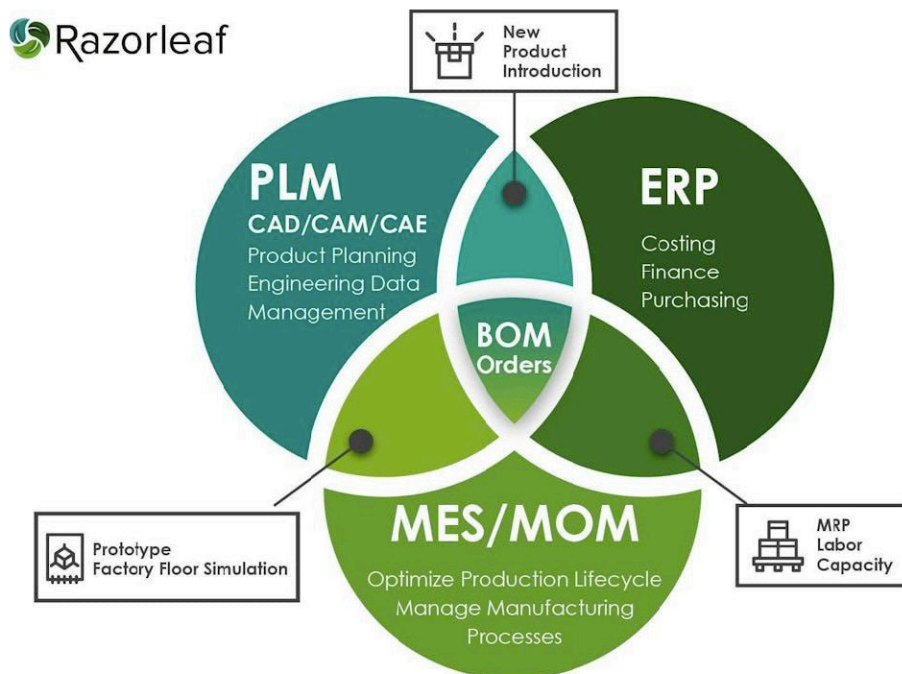


1.0 Příklad 1 – Zadání – Firemní systémy ERP, MES, PLM

Popište a srovnajte vlastnosti firemních systémů na sběr dat a řízení provozu MES, ERP a PLM.



Obr. 1.1 Firemní systémy.

1.1 Příklad 1 – Vypracování

1.1.1 Příklad 1 – Teorie (Úvod)

Výrobní technologie prošly v posledních desetiletích obrovskou transformací. Zatímco dříve bylo řízení výroby závislé na papírové dokumentaci, zkušenostech zaměstnanců a jednoduchých informačních systémech, dnes se stále více prosazují pokročilé digitální systémy. Tyto systémy nejen zvyšují efektivitu a kvalitu výroby, ale také umožňují firmám lépe reagovat na změny na trhu, optimalizovat náklady a snižovat prostoje.

Dá se konstatovat, že tyto systémy umožňují pružně řídit všechny aspekty chodu firmy a například umožňují mnohem větší komplexitu plánování, které by tradičními způsoby nebylo možné. Vývoj produktů se zkracuje, je více dynamický (podléhá více změnám, rychlejšímu vývoji), proto je i nutné efektivně plánovat a řídit související procesy v reálném čase.

Mezi klíčové podnikové systémy patří:

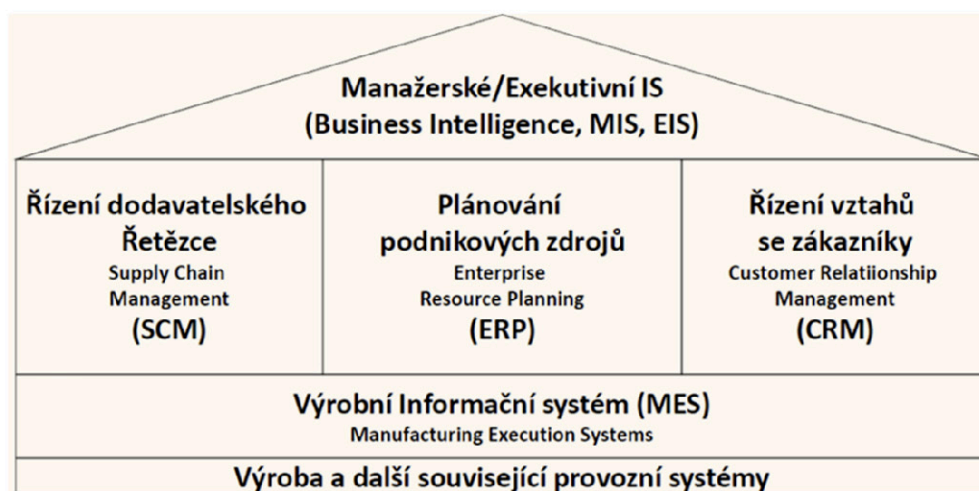
- MES (Manufacturing Execution System) – systémy pro řízení výroby v reálném čase
- ERP (Enterprise Resource Planning) – podnikové informační systémy pro řízení financí, zásob, logistiky a dalších procesů
- PLM (Product Lifecycle Management) – systémy pro správu životního cyklu produktů od návrhu až po likvidaci

Systém	Hlavní zaměření	Klíčové funkce	Použití ve výrobě
MES	Řízení výroby v reálném čase.	Sběr dat z výroby, sledování strojů a operací, řízení kvality, optimalizace procesů.	Přímá kontrola nad výrobními procesy, komunikace s PLC, SCADA, roboty.
ERP	Plánování podnikových zdrojů.	Správa financí, účetnictví, lidských zdrojů, dodavatelského řetězce.	Strategické rozhodování, řízení skladů, částečně i plánování výroby.
PLM	Správa životního cyklu produktu.	změnové řízení, správa CAD dat a výkresů, jednotlivých revizí a iterací, změnová řízení.	Správa technické dokumentace, vývoj produktů, sledování změn.

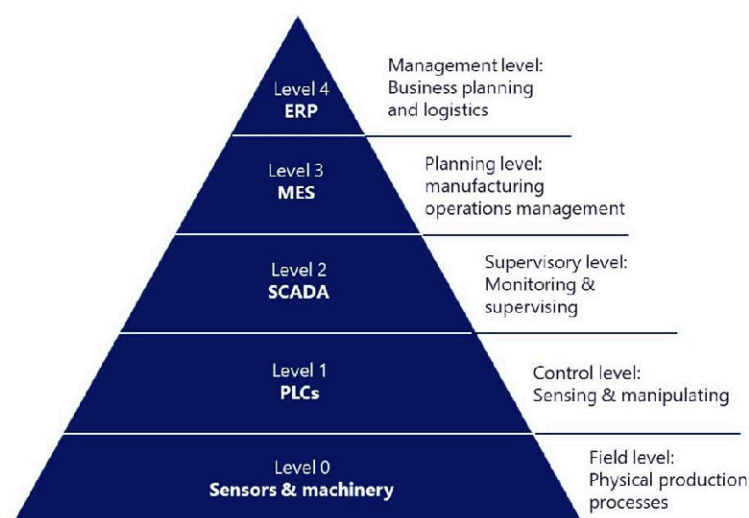
K dispozici jsou následující schémata s podobným obsahem:



Obr. 1.2 Firemní systémy - schéma 1.



Obr. 1.3 Firemní systémy – schéma 2.



Obr. 1.4 Firemní systémy – schéma 3.

1.1.2 Příklad 1 – Teorie (ERP)

Podnikové systémy ERP (Enterprise Resource Planning) slouží k integraci a automatizaci klíčových procesů ve firmách. Díky nim mohou organizace efektivně řídit finance, výrobu, zásoby, lidské zdroje nebo prodej. ERP systémy umožňují centralizovat data a propojit jednotlivá oddělení tak, aby se informace sdílely v reálném čase a procesy byly plynulejší a efektivnější.

Jednou z hlavních předností ERP systémů je jejich modularita – skládají se z různých modulů, které se přizpůsobují potřebám podniku. Mezi nejdůležitější patří:

- finance a účetnictví: Správa rozpočtů, výkaznictví a finančních transakcí
- HR (řízení lidských zdrojů): Nábor zaměstnanců, správa mezd a školení
- výroba: Plánování výroby, řízení kvality a sledování výroby
- SCM (řízení zásob a dodavatelského řetězce): Sledování zásob, nákup materiálů a řízení logistiky
- CRM (Customer Relationship Management): Správa vztahů se zákazníky

Měření výkonnosti v ERP systémech

Aby podnik mohl správně řídit své procesy, využívá ERP systém různé metriky, které pomáhají sledovat efektivitu výroby, kvalitu produktů nebo spolehlivost dodavatelů. Mezi nejdůležitější ukazatele patří:



Obr. 1.5 Nejčastěji používané ERP systémy.

1.1.3 Příklad 1 – Teorie (MES)

MES (Manufacturing Execution System) je softwarový systém, který slouží k monitorování, řízení a dokumentaci výrobních procesů. Jeho hlavním úkolem je zajistit, aby přeměna surovin na hotové výrobky probíhala co nejefektivněji, s minimálním odpadem a maximální kvalitou.

Díky sběru dat v reálném čase poskytuje MES podniku detailní přehled o aktuálním stavu výroby – od výkonu strojů přes využití pracovní síly až po kvalitu výstupů. To umožňuje rychle reagovat na odchylky, optimalizovat procesy a zvyšovat efektivitu.

MES funguje jako spojovací článek mezi strategickým plánováním (zajišťovaným ERP systémy) a operativním řízením výroby (prováděným SCADA systémy nebo řídicími jednotkami strojů). Díky tomu pomáhá přenášet výrobní plány do praxe a současně zpětně poskytuje managementu data pro další optimalizaci.

Sledování výroby

Každý krok výrobního procesu, od příjmu materiálu až po dokončení hotových výrobků, je pečlivě dokumentován. Díky tomu je zajištěna úplná sledovatelnost produktů (tzv. „product genealogy“), což umožňuje zpětně dohledat původ materiálů i provedené operace.

Řízení zdrojů

MES monitoruje a alokuje dostupné výrobní zdroje, včetně strojů, materiálů a pracovní síly. Pomáhá optimalizovat jejich využití a zároveň umožňuje efektivní plánování údržby, čímž se minimalizují neplánované výpadky.

Řízení kvality

Systém sleduje odchylky v kvalitě výroby a zajišťuje implementaci kontrolních mechanismů. Pomáhá firmám dodržovat přísné normy a legislativní požadavky, což vede k vyšší kvalitě produktů a menšímu množství neshodných výrobků.

Plánování a rozvrhování

MES umožňuje detailní plánování výrobních operací na základě dostupných zdrojů. Pokud dojde ke změnám poptávky nebo neočekávaným událostem, systém dynamicky upraví plán výroby tak, aby minimalizoval dopady na provoz.

Data v reálném čase

Systém shromažďuje informace přímo z výrobních zařízení, senzorů i operátorů. Díky tomu mají vedoucí pracovníci vždy aktuální přehled o stavu výroby a mohou rychle reagovat na vzniklé situace.

Analýza výkonu

MES měří klíčové ukazatele výkonnosti, jako je například OEE (Overall Equipment Effectiveness), tedy celková efektivita zařízení. Identifikace úzkých míst a návrhy na zlepšení umožňují průběžně optimalizovat výrobu a zvyšovat její efektivitu.



Obr. 1.6 Klíčové vlastnosti MES systému.

Zde je seznam dostupných MES systémů. V mnohých případech jsou ve firmách implementovány custom systémy, které vytvářelo např. IT oddělení firmy nebo jiná IT firma na zakázku dle potřeb dané firmy:

- Act-In
- Camstar Manufacturing
- iTac.MES.Suite
- Eyelit Manufacturing
- Apriso Flex Net
- MES Pharis
- Act-in MES
- MES Hydra
- Siemens Opcenter Execution
- AVEVA MES (dříve Wonderware MES)
- Rockwell Automation Factory Talk Production Centre
- SAP Digital Manufacturing Cloud (SAP DMC)
- GE Digital Proficy MES
- Dassault Systèmes DELMIA Apriso
- Honeywell Manufacturing Excellence
- Schneider Electric Eco Struxure Manufacturing Operations

2.0 Příklad 2 – Zadání – OEE (Overall equipment effectiveness)

Základním parametrem popisující efektivnost výrobní společnosti je OEE (Overall equipment effectiveness). Na základě vstupních hodnot spočítejte OEE pro výrobní pracoviště, které pracuje v třísměnném provozu.

Vstupní hodnoty:

- disponibilní čas pracoviště za den: 22 hod 50 min
- naměřená doba běhu pracoviště: 16 hod 4 min 29 s
- počet vyrobených kusů: 2000
- počet shodných kusů: 1970
- předepsaná délka cyklu: 28,3 s



Obr. 2.1 Výpočet OEE.

2.1 Příklad 2 – Vypracování

2.1.1 Příklad 2 – Teorie

Pro výpočet parametru OEE platí vztah:

$$OEE = DOSTUPNOST \cdot VÝKON \cdot KVALITA$$

Kde jednotlivé parametry se spočítají dle vztahů:

$$DOSTUPNOST = \frac{SKUTEČNÝ \text{ ČAS VÝROBY}}{PLÁNOVANÝ \text{ ČAS VÝROBY}}$$

$$VÝKON = \frac{POČET \text{ VYROBENÝCH KUSŮ} \cdot PŘEDEPSANÁ \text{ DÉLKA CYKLU}}{NAMĚŘENÁ \text{ DOBA BĚHU PRACOVISTĚ}}$$

$$KVALITA = \frac{POČET \text{ SHODNÝCH KUSŮ}}{CELKOVÝ \text{ POČET KUSŮ}}$$

2.1.2 Příklad 2 – Výpočet

Za použití vstupních hodnot:

- disponibilní čas pracoviště za den: 22 hod 50 min
- naměřená doba běhu pracoviště: 16 hod 4 min 29 s
- počet vyrobených kusů: 2000
- počet shodných kusů: 1970
- předepsaná délka cyklu: 28,3 s

$$DOSTUPNOST = \frac{SKUTEČNÝ \text{ ČAS VÝROBY}}{PLÁNOVANÝ \text{ ČAS VÝROBY}}$$

$$DOSTUPNOST =$$

$$VÝKON = \frac{POČET \text{ VYROBENÝCH KUSŮ} \cdot PŘEDEPSANÁ \text{ DÉLKA CYKLU}}{NAMĚŘENÁ \text{ DOBA BĚHU PRACOVISTĚ}}$$

$$VÝKON =$$

$$KVALITA = \frac{POČET \text{ SHODNÝCH KUSŮ}}{CELKOVÝ \text{ POČET KUSŮ}}$$

$$KVALITA =$$

$$OEE = DOSTUPNOST \cdot VÝKON \cdot KVALITA$$

$$OEE =$$

2.1.3 Příklad 2 – Závěr

OEE na úrovni 67,8 % je poměrně dobré, ale stále je zde prostor pro zlepšení, zejména v oblasti dostupnosti. Uvádí se, že špičkové společnosti po úspěšné realizaci TPM dosahují OEE na úrovni 85 %. Většina výrobních společností však dosahuje OEE na úrovni asi 60 %.

3.0 Příklad 3 – Zadání – Metrologie

Uvedte parametry měřené a vyhodnocované v rámci strojírenské výroby a měřicí nástroje a stroje, které se pro měření využívají.



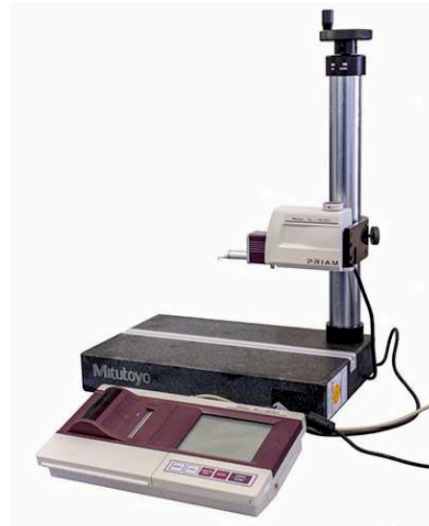
Obr. 3.1 Posuvné měřidlo.



Obr. 3.2 Mezní závitový trn „GO-NOGO“, kalibr.



Obr. 3.3 Souřadnicový měřicí stroj (CMM).

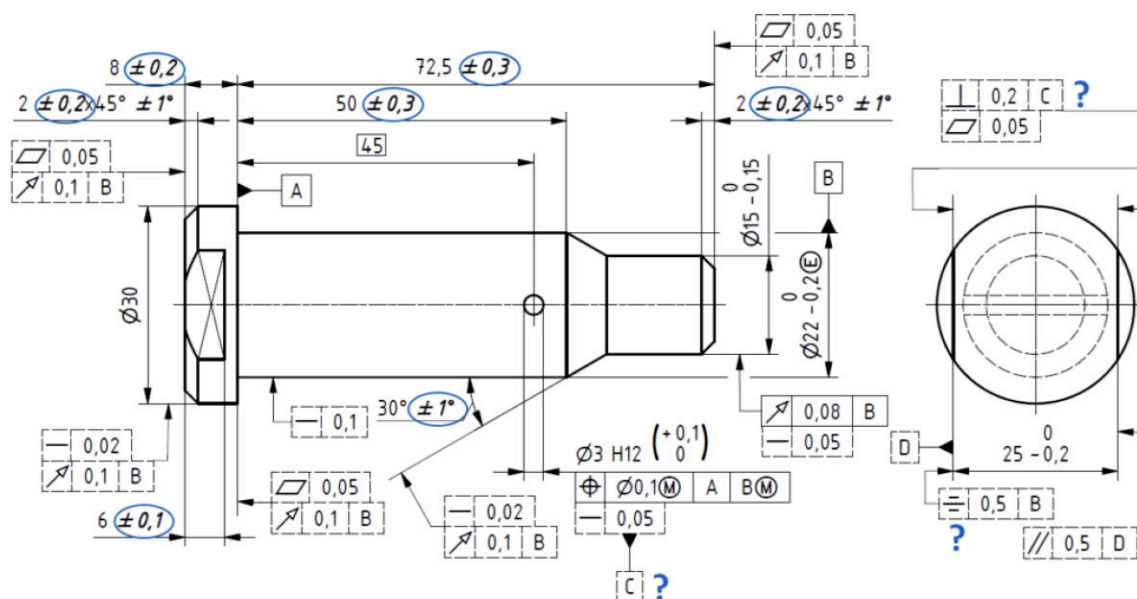


Obr. 3.4 Drsnoměr.

3.1 Příklad 3 – Vypracování

3.1.1 Příklad 3 – Typy měřených prvků

Ve strojírenství je přesné měření klíčové pro zajištění správné funkce, montáže a životnosti součástí. Každý prvek součásti musí splňovat určité rozměrové, tvarové a povrchové požadavky, které jsou definovány normami a výkresovou dokumentací. Tento přehled shrnuje nejdůležitější měřené parametry, jejich rozdělení a význam v praxi.



Obr. 3.5 Ukázkový výkres.

1. Délkové rozměry

Popis: Zahrnují základní rozměry součástí jako délka, šířka, výška, průměr, poloměr, tloušťka, hloubka a vzdálenosti mezi prvky.

Tolerování rozměrů:

- symetrické tolerance (např. $10 \pm 0,1$ mm)
- jednostranné tolerance (např. $10 +0,2/-0$ mm)
- ISO systém tolerancí a uložení (ISO 286-1): Označení jako H7, g6, D8, kde horní a dolní odchylka určují přesnost výroby a způsob lícování.

2. Závity

- průměr závitu (vnější, vnitřní a střední průměr)
- stoupání (vzdálenost mezi sousedními závity v jednom závitovém profilu)
- počet chodů (počet samostatných závitových drah na válcové ploše, tj. jednochodý, vícechodý závit)
- směr závitu (pravý (standardní) nebo levý (označený „LH“))

3. Geometrické tolerance

Popis: Definují přípustné geometrické odchylky tvarů a poloh prvků vůči ideálnímu stavu, čímž zajišťují správnou funkci součástí.

Kategorie geometrických tolerancí:

Tolerance tvaru:

- přímost (odchylka skutečné přímky mezi dvěma rovnoběžnými přímkami ve vzdálenosti tolerance)
- rovinnost (odchylka skutečné plochy mezi dvěma rovnoběžnými rovinami ve vzdálenosti tolerance)
- kruhovitost (odchylka skutečného profilu mezi dvěma soustřednými kružnicemi s rozdílem průměrů rovným toleranci)
- válcovitost (odchylka skutečné válcové plochy mezi dvěma soustřednými válci s rozdílem průměrů rovným toleranci)

Tolerance směru:

- rovnoběžnost (odchylka skutečné plochy mezi dvěma rovnoběžnými rovinami ve vzdálenosti tolerance)
- kolmost (odchylka skutečné plochy mezi dvěma rovinami kolmými k základní rovině ve vzdálenosti tolerance)
- sklon (odchylka skutečné plochy mezi dvěma rovinami nakloněnými o stanovený úhel k základní rovině ve vzdálenosti tolerance)

Tolerance polohy:

- polohová tolerance (odchylka osy prvku (např. díry) od teoreticky přesné polohy uvnitř válce s průměrem rovným toleranci)
- souosost (odchylka osy prvku od společné osy s referenčním prvkem)
- souměrnost (odchylka střední roviny prvku od střední roviny referenčního prvku)

Tolerance házení:

- kruhové házení (odchylka každého bodu kružnice při rotaci mezi dvěma soustřednými kružnicemi s rozdílem průměrů rovným toleranci)
- celkové házení (odchylka každého bodu povrchu při rotaci mezi dvěma rovnoběžnými rovinami ve vzdálenosti tolerance)

Geometrické tolerance		Značka	Potřeba základny
Tvaru	Přímosti	—	NE
	Rovinnosti		NE
	Kruhovitosti		NE
	Válcovitosti		NE
	Tvaru profilu libovolné čáry		ANO/NE
	Tvaru profilu libovolné plochy		ANO/NE
Směru	Rovnoběžnosti	//	ANO
	Kolmosti		ANO
	Sklonu		ANO
Umístění	Polohy		ANO
	Soustřednosti a souososti		ANO
	Souměrnosti		ANO
Házení	Kruhového		ANO
	Celkového		ANO

Obr. 3.6 Značky geometrických tolerancí.

4. Textura povrchu/kvalita povrchu

Popis: Udává kvalitu opracování povrchu a je charakterizována parametry jako Ra (střední aritmetická odchylka profilu), Rz (maximální výška nerovností) a Rt (celková výška profilu).

Jednotky: Mikrometry (μm).

Normy: Řídí se podle ISO 4287.

5. Tvrdost povrchu

Popis: Měří odolnost materiálu proti vnikání tvrdšího tělesa.

Metody měření:

- Brinell (HB): Vtlačování kalené ocelové kuličky do materiálu.
- Rockwell (HRC): Vtlačování diamantového kužele pod definovaným zatížením.
- Vickers (HV): Vtlačování diamantové pyramidy, vhodné pro velmi tvrdé materiály.

3.1.2 Příklad 3 – Metody měření

Přesné měření je klíčové pro kontrolu kvality a dodržování výrobních tolerancí. Měřicí metody lze rozdělit na ruční a strojní. Ruční měření se využívá pro rychlé a operativní kontroly, zatímco strojní měření poskytuje detailní a automatizovaná data o geometrii součástí.

Ruční měření

Základní měřidla:

- posuvné měřidlo – univerzální nástroj pro měření délky, vnějších a vnitřních průměrů, hloubek
- mikrometr – vysoce přesné měřidlo pro měření vnějších a vnitřních rozměrů s přesností až na mikrometry
- pasometr – specializovaný mikrometr s pružinovým mechanismem pro rychlé kontrolní měření sériových výrobků
- úhloměr – slouží k měření úhlů mezi plochami nebo hranami, existují mechanické i digitální verze
- Go/No-Go kalibry (mezní kalibry) – používají se pro rychlou kontrolu, zda je součást v požadovaném rozměrovém rozmezí
- obkročné kalibry – Určené pro kontrolu průměrů válcových součástí, například hřídelí

Další ruční měřidla zahrnují dutinoměry, hloubkoměry, koncové měrky a sady závitových kalibrů.

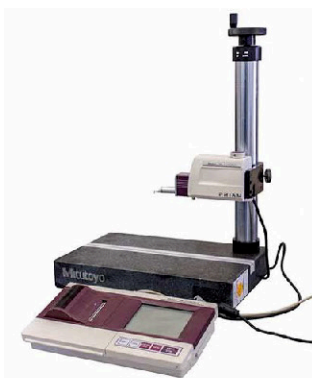
 <p>Obr. 3.7 Posuvné měřidlo.</p>	 <p>Obr. 3.8 Mezní závitový trn „GO-NOGO“, kalibr.</p>	 <p>Obr. 3.9 Mikrometr.</p>
 <p>Obr. 3.10 Obkročný kalibr.</p>	 <p>Obr. 3.11 Úhloměr.</p>	 <p>Obr. 3.12 Pasometr.</p>

Měřicí stroje

- souřadnicový měřicí stroj (CMM – Coordinate Measuring Machine) – automatizované zařízení, které měří 3D rozměry pomocí dotykových nebo bezdotykových sond, používá se pro kontrolu složitých tvarů
- kruhoměr (Roundness Tester) – měří kruhovitost, válcovitost a další odchylky od ideálních geometrických tvarů rotačních součástí
- drsnoměr (Roughness Tester) – slouží k měření kvality povrchu podle parametrů jako Ra, Rz nebo Rt
- optické měřicí systémy – bezdotyková metoda pro rychlé a přesné měření rozměrů a tvarů, často využívající laserové nebo kamerové senzory
- 3D skenery – používají se pro 3D digitalizaci součástí, vytváření CAD modelů a kontrolu odchylek od návrhu
- profilprojektory – optická zařízení pro přesné měření profilů součástí na základě zvětšeného obrazu
- spektrometry – analyzují chemické složení materiálů, což je důležité například pro kontrolu metalurgických vlastností
- RTG/CT – scanner



Obr. 3.13
Souřadnicový měřicí
stroj (CMM).



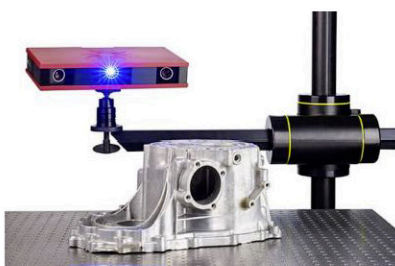
Obr. 3.14 Drsnoměr.



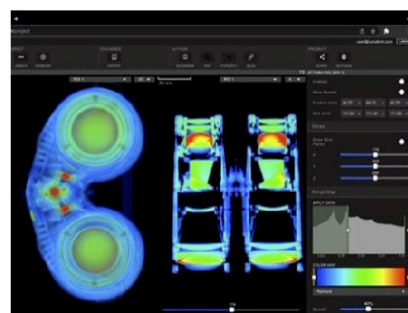
Obr. 3.15 Kruhoměr.



Obr. 3.16 Profilprojektor.



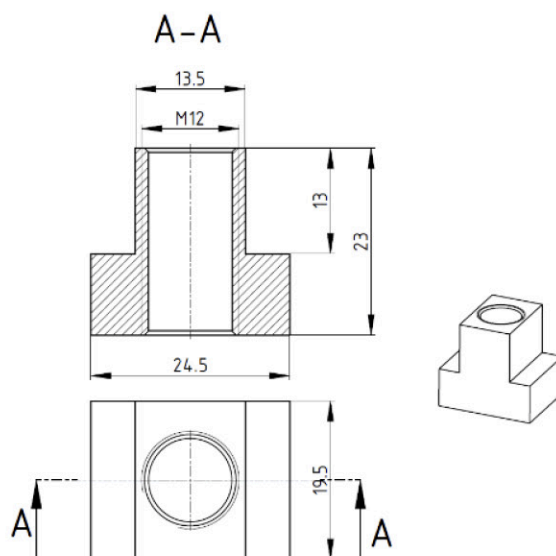
Obr. 3.17 3D skener.



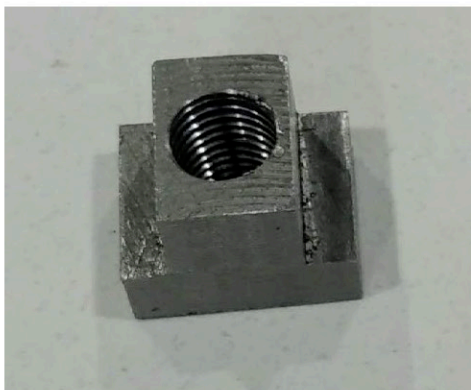
Obr. 3.18 Výstup z CT scanu.

4.0 Příklad 4 – Zadání – MES a životní cyklus součásti

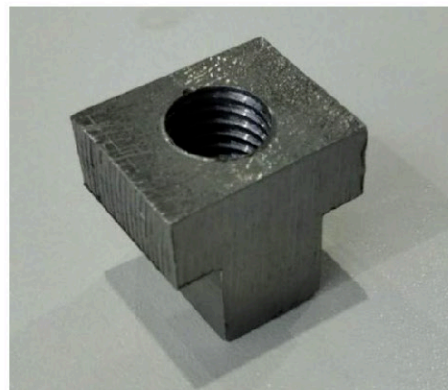
S využitím systému MES popište celý životní cyklus součásti „Upínací matice do T-drážky stolu obráběcího stroje“ – od objednávky zákazníka až po expedici (obr. 4.1 až obr. 4.5).



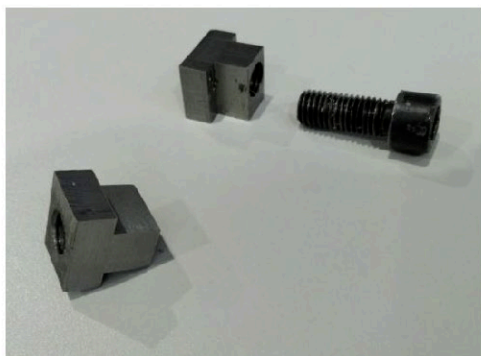
Obr. 4.1 Náčrt součásti.



Obr. 4.2 Řešená součást (pohled shora).



Obr. 4.3 Řešená součást (pohled zespodu).



Obr. 4.4 Ukázka funkční sestavy (rozloženo).



Obr. 4.5 Ukázka funkční sestavy ve funkci.

4.1 Příklad 4 - Vypracování

4.1.1 Zadaná součást – Sestavení procesu dle principu MES

Celý soubor zachycující kompletní proces lze rozdělit na tyto etapy:

1. Komunikace s potenciálním zákazníkem. Diskuze zainteresovaných stran.
2. Podepsání smlouvy – objednávky.
3. Zahájení TPV ve firmě:
 - a) zpracování harmonogramu výroby
 - b) objednání a dodávky polotovarů
 - c) vytipování obráběcích strojů
 - d) objednání a dodávka nářadí
 - e) proškolení obsluhujícího personálu
 - f) vydání TPV dokumentace
4. Ověřování výroby prototypu, sběr dat
5. Vyhodnocení a úpravy v TPV dokumentaci, sběr dat
6. Sériová výroba, sběr dat
7. Expedice k zákazníkovi
8. Zpětná vazba od zákazníka
9. Administrativní uzavření akce ve firemní databázi