



VYSOKÁ ŠKOLA TECHNICKÁ A EKONOMICKÁ V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ÚSTAV TECHNICKO – TECHNOLOGICKÝ

KATEDRA STROJÍRENSTVÍ

Návrh a realizace metody pro ověření stability uložení lůžek pro automatizované zakládání kontaktů

Autor: Jakub Ján

Vedoucí práce: Ing. Martin Podařil, Ph.D.

Oponent: Ing. Milan Štekl

červen 2016



Motivace a důvody k řešení daného problému

- dlouholetá spolupráce s firmou RBCB (od r. 2008)
- praxe a brigáda po celou dobu studia
- praktický přínos pro firmu
- spolupráce s různými odděleními firmy



BOSCH



Cíl práce

- najít vhodnou metodu pro ověření stability uložení lůžek pro automatizované zakládání kontaktů a použít tuto metodu pro vyhodnocení stability uložení lůžek v sériovém procesu ve firmě Robert Bosch spol. s.r.o. v Českých Budějovicích
- předepsaná tolerance maximálního vychýlení lůžek v rámci vyhodnocení stability zařízení (schopnosti stroje) byla definována $\pm 0,03$ mm

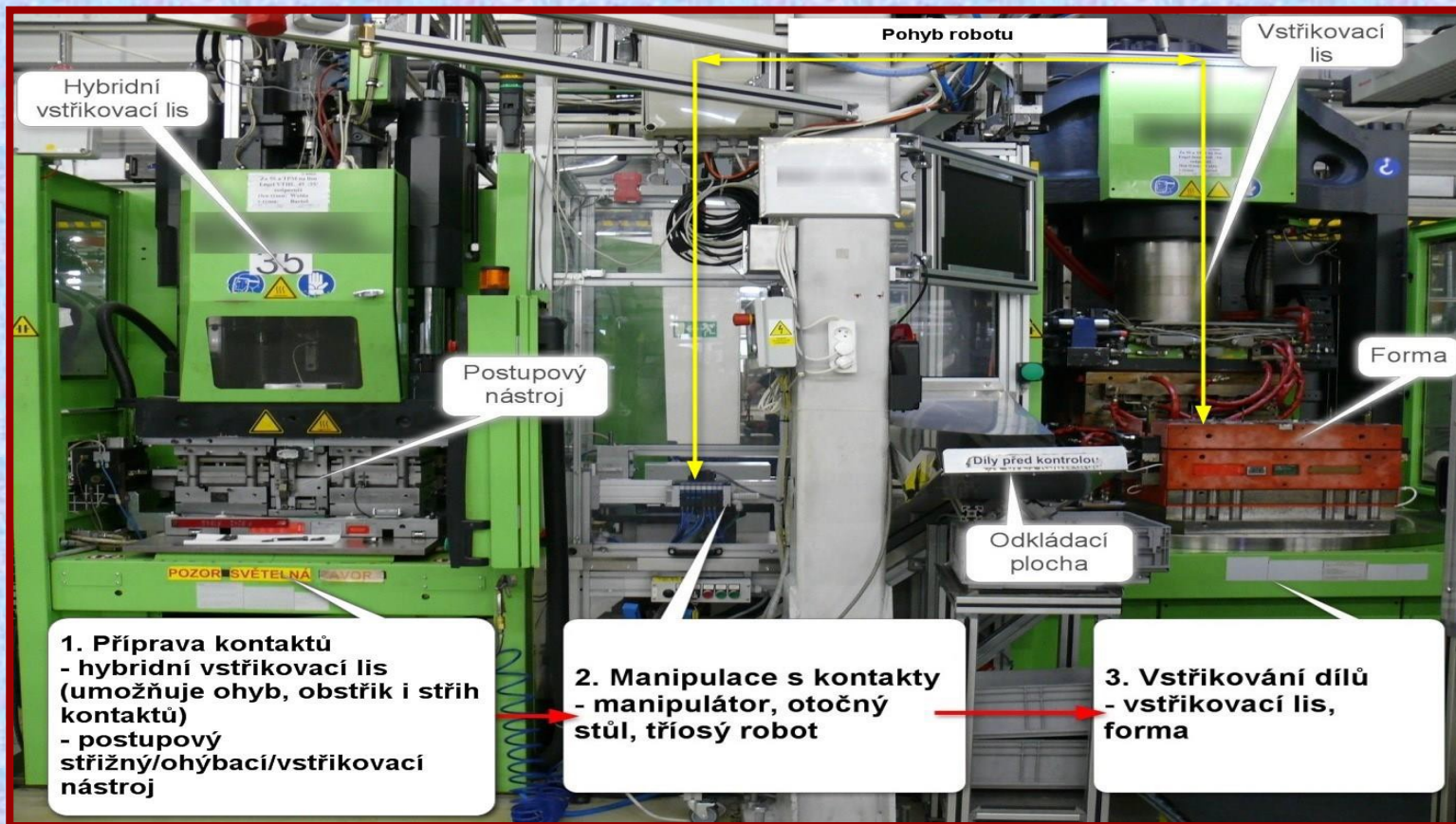


Výzkumný problém

- Návrh metody pro ověření stability uložení lůžek
- Realizace metody v praxi v sériovém procesu
- Ověření stability lůžek:
 - původních lůžek s rychloupínacím systémem
 - pokud **NOK**
 - lůžek po přestavbě
- Zlepšila přestavba stabilitu uložení?



1. Seznámení s problémem



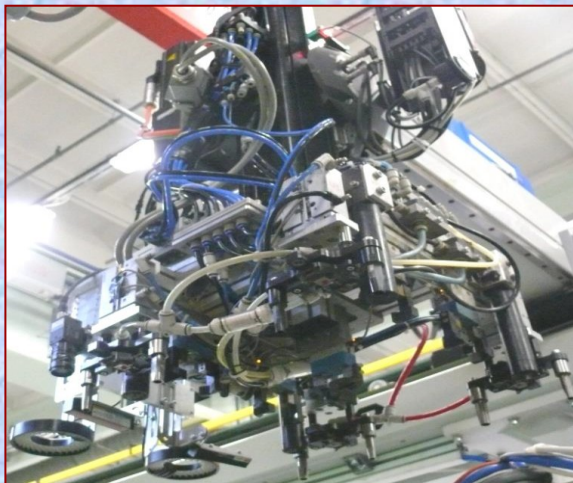
Otočný stůl, základací lůžka, manipulátor, tříosý robot

➤ 4 lůžka po obvodu otočného stolu (úhel mezi nimi 90°) > do nich kontakty

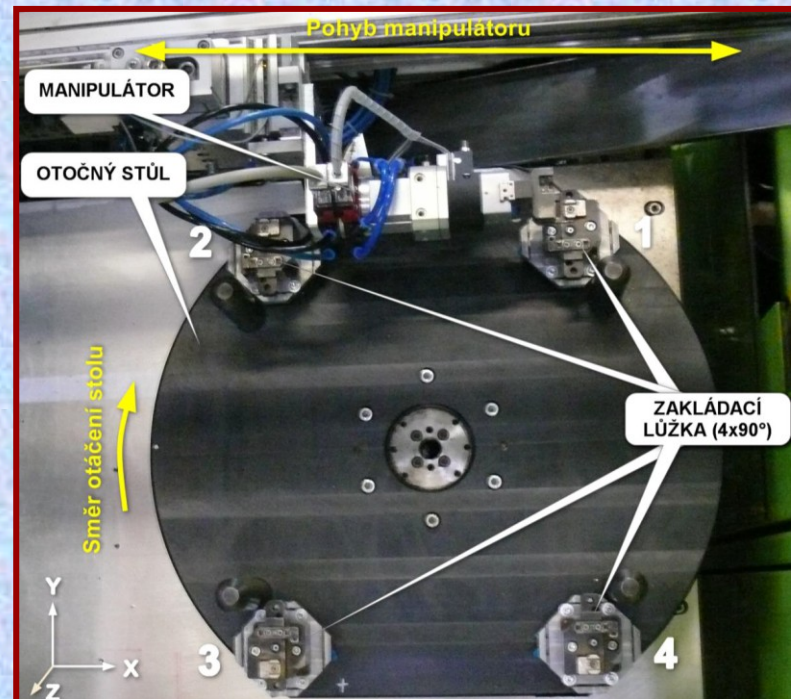
1. založení lůžek 1 a 2
2. otočení stolu o 180° (po směru hodinových ručiček)
3. založení lůžek 3 a 4



zkladací lůžko



tříosý robot



otočný stůl se základacími lůžky



Analýza problému

- v oblasti manipulace s kontakty

Pevná lůžka

OK

Zavedení automatizace u dalších projektů

Výměnná lůžka

NOK

- výkyv lůžek
- nestabilní uložení

- špatné odebrání kontaktů robotem
- pád kontaktů při manipulaci

deformace kontaktů

vznik prostožů

zastavování výrobního procesu

- ekonomické ztráty
- vznik zmetků
- vyšší spotřeba materiálu
- obtížné obnovení chodu stroje
- nutná přítomnost seřizovače

2. Návrh metody pro ověření stability uložení lůžek

➤ pomocí analýzy způsobilosti stroje

- index C_m, C_{mK} = poměr předepsané a skutečné přesnosti

$$C_m, C_{mK} \geq 1,67$$

- **předepsaná přesnost:** tolerance výchylky lůžek $\pm 0,03$ mm
- **skutečná přesnost:**

➤ měření výchylky lůžek



- zjistíme nepřímo měřením vzdálenosti lůžek od pevného bodu
- změřit alespoň 50 hodnot



3. Měřicí zařízení a zařízení pro sběr dat

Měřicí zařízení – bezkontaktní:

- laserový měřicí systém Keyence LK-G5000 S

Sběr dat:

- Rekordér „Blackbox“
- záznam napěťového signálu v čase v aplikaci OSCIMOD

➤ Analogový výstup jednotky propojen s analogovým vstupem rekordéru

+ signál z relé brzdy otočného stolu (k identifikaci signálů)



LK-H052

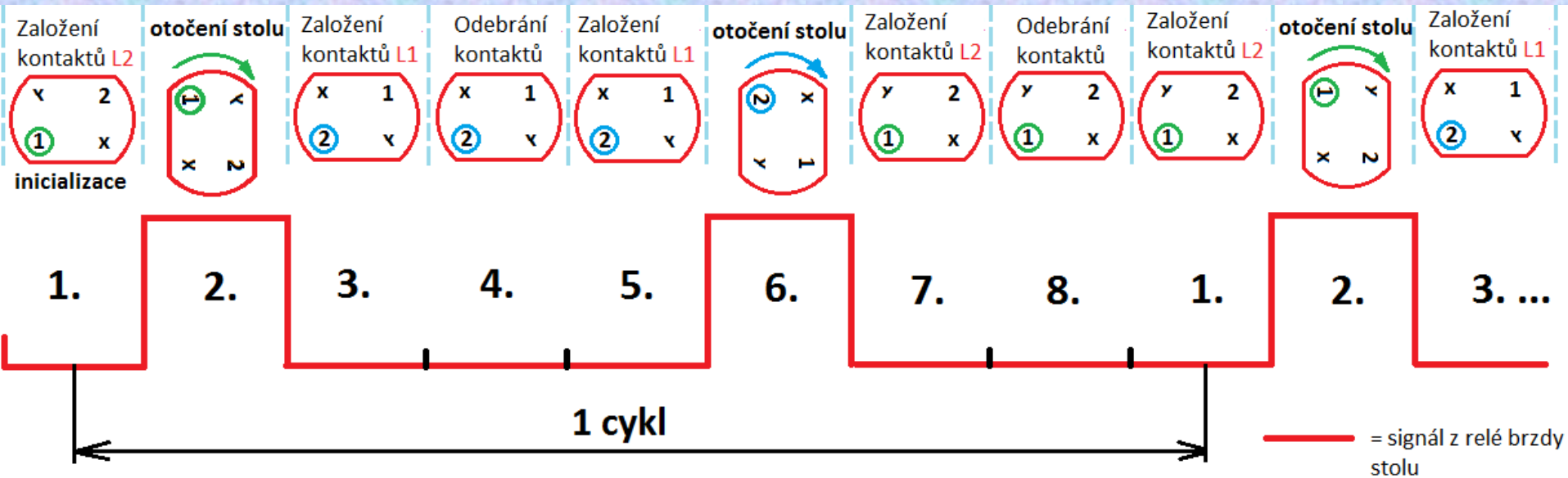


LK-G5001P



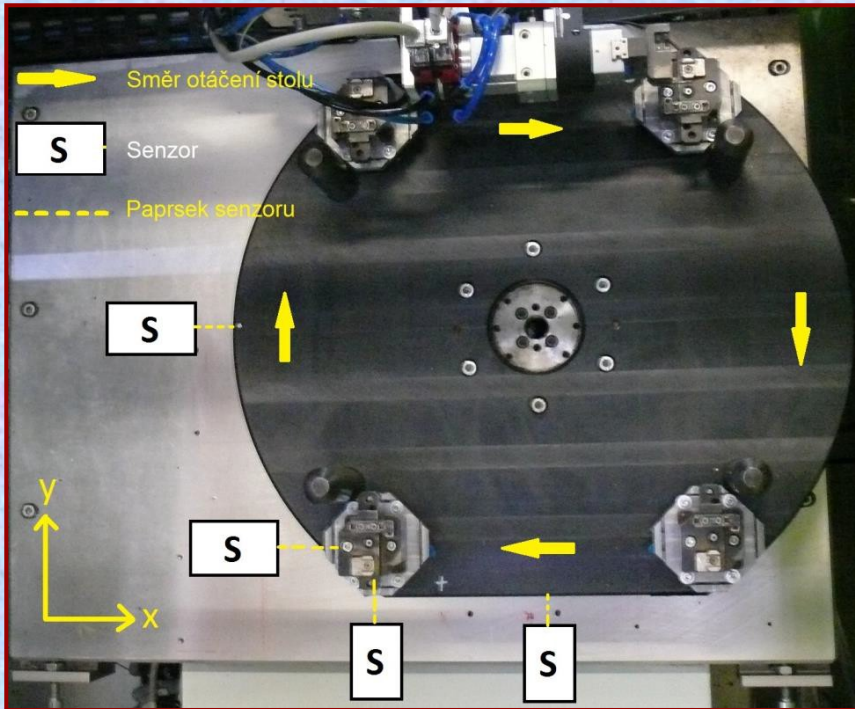
Rekordér

4. Analýza cyklu

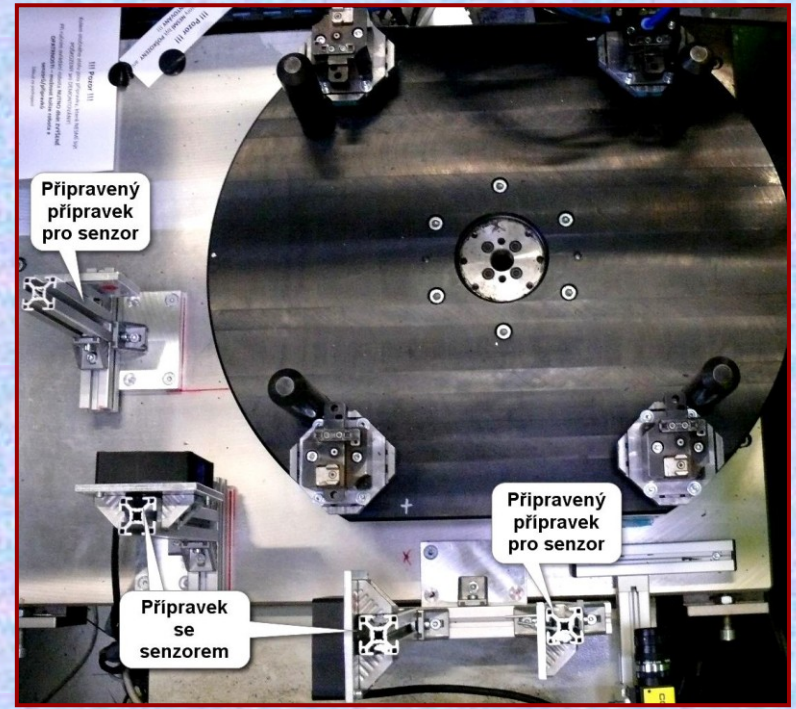


5. Aplikace měřicích zařízení

- Výroba přípravků (tuhost, jednoduchost, cena, polohovatelnost, snadná montáž)



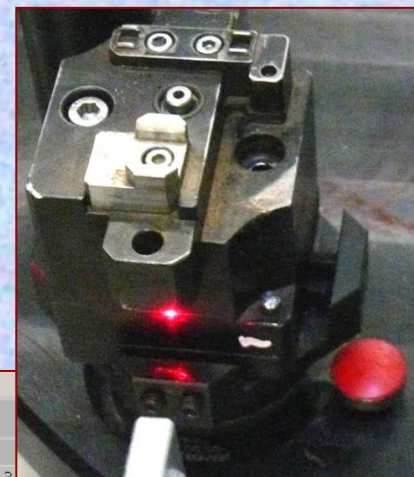
VIZE



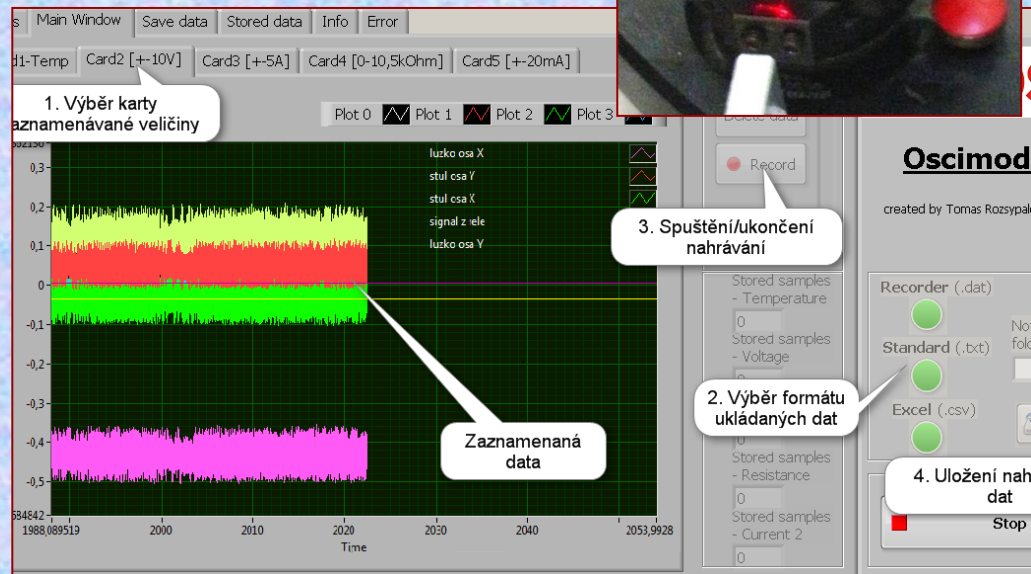
REALITA



6. Měření v sériovém procesu – původní lůžka



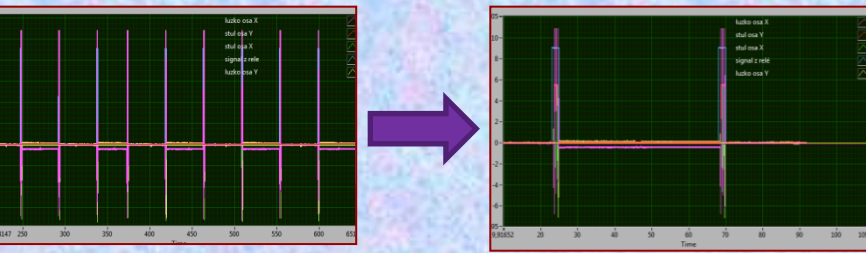
- snímána 2 problematická lůžka s rychloupínacím systémem
- v 1 okamžik snímáno 1 lůžko > otočení stolu > střídání pozic
- směr paprsku do osy lůžka ve 2 na sebe kolmých osách
- snímáno 50 cyklů v kuse
 - signály analyzovat a rozdělit



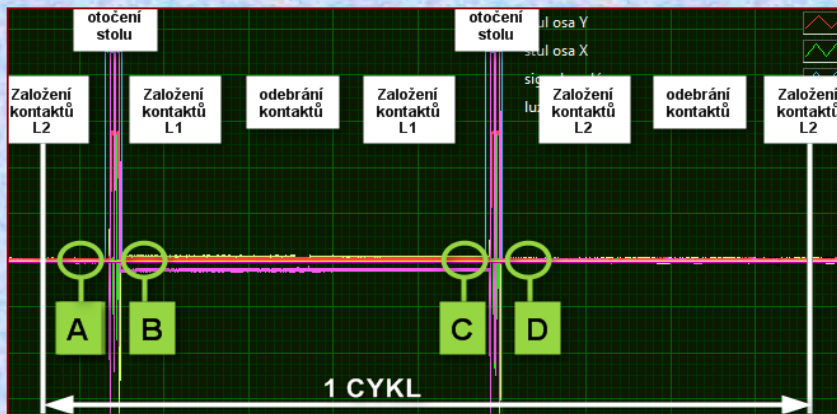


7. Analýza a příprava naměřených dat

- 50 cyklů rozděleno na jednotlivé cykly v programu Recorder



- z 1 cyklu vybrány 4 oblasti (A, B, C, D)



- ořez signálu v oblastech A, B, C, D
 - každá oblast velikost 200 ms
- export do MS Excel → získá 200 hodnot z každé oblasti → průměr + převod z [V] na [μm]

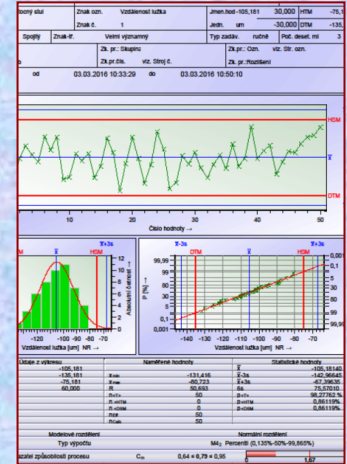
1 výsledná hodnota
= 1 vzdál. 1 lůžka v 1 ose v dané oblasti

!! takto připravit 50 hodnot z každé oblasti A,B,C,D a z každého senzoru!!



8. Vyhodnocení dat – původní lůžka

- ve statistickém SW qs-Stat – modul pro výpočet způsobilosti stroje
- do něj vždy zadáno:
 - 50 hodnot (= každá odpovídá 1 výchylce 1 lůžka v 1 bodě cyklu)
 - tolerance výchylky $\pm 0,03$ mm a jmenovitý rozměr
- protokol o způsobilosti stroje \rightarrow výpočet indexu C_m, C_{mk}
- pokud $C_m, C_{mk} \geq 1,67 \rightarrow$ splněny podmínky způsobilosti



Výsledky způsobilosti původních lůžek (s rychloupínacím systémem)

Oblasti vyhodnocení	A (snímáno lůžko 1)		B (snímáno lůžko 2)		C (snímáno lůžko 2)		D (snímáno lůžko 1)	
	Osa Y	Osa X	Osa Y	Osa X	Osa Y	Osa X	Osa Y	Osa X
Rozptyl hodnot [µm]	53,172	50,693	16,008	30,626	26,396	25,197	30,723	21,733
C_m/C_{mk}	0,89	0,79	2,29	1,2	1,4	1,55	1,23	2,02

• ani jedno lůžko není způsobilé (buď v x nebo v y)

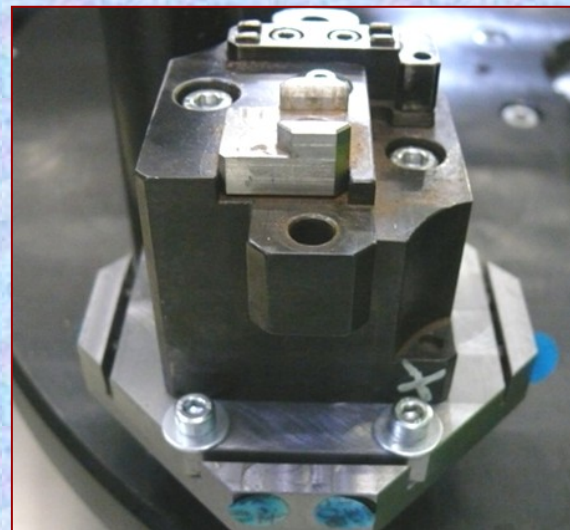
**Reklamacie dodavateli $\rightarrow \rightarrow \rightarrow$
 $\rightarrow \rightarrow$ přestavba lůžek**



Měření v sériovém procesu – lůžka po reklamaci (přestavbě)

Důvod: ověřit stabilitu lůžek po konstrukční přestavbě

➤ měření stejnou metodou a zařízeními



Výsledky způsobilosti po reklamaci (přestavbě)

Oblasti vyhodnocení	A (snímáno lůžko 1)		B (snímáno lůžko 2)		C (snímáno lůžko 2)		D (snímáno lůžko 1)	
	Osa Y	Osa X	Osa Y	Osa X	Osa Y	Osa X	Osa Y	Osa X
Rozptyl hodnot [μm]	11,700	16,204	8,051	12,021	12,563	19,819	6,096	8,372
C_m/C_{mK}	3,92	2,46	4,55	3,54	2,84	1,84	6,21	4,31

➤ menší rozptyl hodnot → menší výkyv lůžek

➤ všechna lůžka splňují podmínky pro způsobilost → **zlepšení stability uložení lůžek**

Diskuze výsledků a závěr

Výsledky způsobilosti – celkové

Oblasti vyhodnocení	A (snímáno lůžko 1)		B (snímáno lůžko 2)		C (snímáno lůžko 2)		D (snímáno lůžko 1)	
Výsledky	Před rekl.	Po rekl.	Před rekl.	Po rekl.	Před rekl.	Po rekl.	Před rekl.	Po rekl.
Osa y								
Rozptyl hodnot [μm]	53,172	11,700	16,008	8,051	26,396	12,563	30,723	6,096
C_m/C_{mK}	0,89	3,92	2,29	4,55	1,4	2,84	1,23	6,21
Osa x								
Rozptyl hodnot [μm]	50,693	16,204	30,626	12,021	25,197	19,819	21,733	8,372
C_m/C_{mK}	0,79	2,46	1,2	3,54	1,55	1,84	2,02	4,31

Po reklamaci (přestavbě) všechna lůžka:

- splňují podmínky způsobilosti
- mají menší výkyv
- uložení lůžek je v sériovém procesu stabilní

- ✓ zlepšení výrobního procesu
- ✓ snížení počtu prostojů
- ✓ při manipulaci robot neztrácí kontakty
- ✓ nedochází k deformaci kontaktů
- ✓ minimalizován vznik zmetků

Cíl práce splněn → Metoda je vhodná a v praxi využitelná

Konstrukci doporučuji k dalším projektům



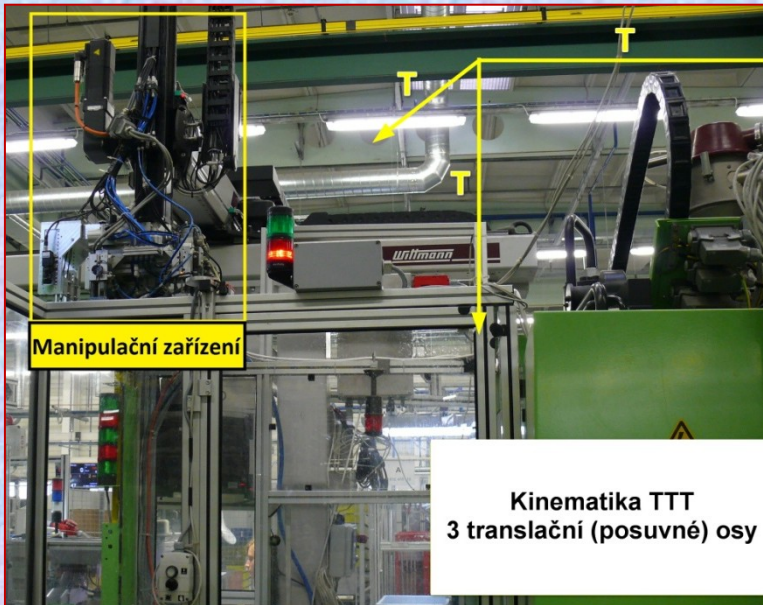
**DĚKUJI VÁM ZA
POZORNOST**

Otázky oponenta

1. Jakého typu kinematické konstrukce jsou v práci popsané manipulační zařízení?

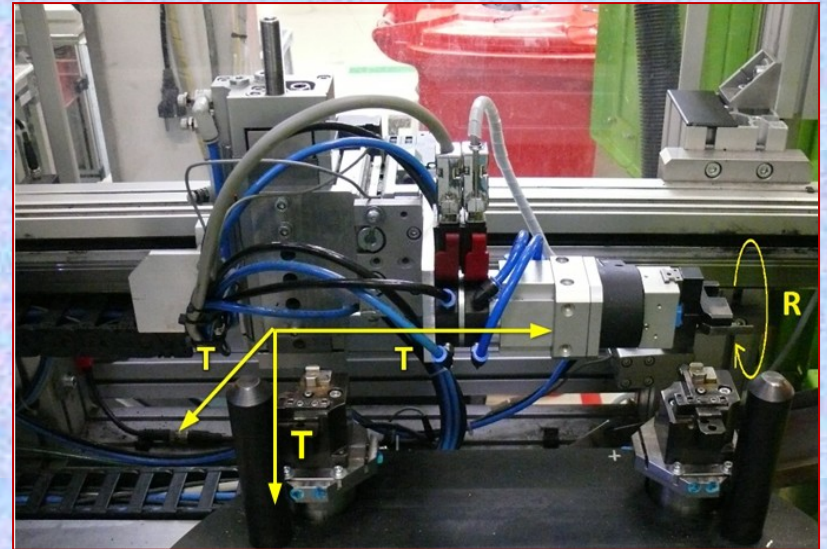
Třiosý robot:

- 3 Translační osy → kinematika TTT



Manipulátor:

- 3 Translační osy → kinematika TTT
- + otočné chapadlo

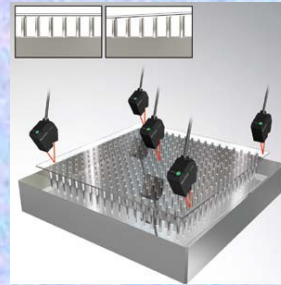
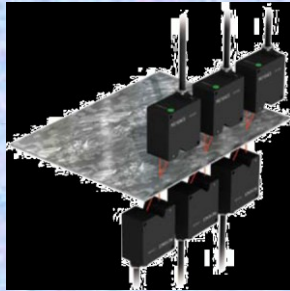




2. Máte představu, na co dalšího by Vámi použitá měřící metoda šla použít? Buď v automobilovém průmyslu nebo jinde.

Měření tloušťky:

- solární články
- skleněné tabule
- průhledné fólie
- lamely v kompresoru



Měření excentricity a vibrací:

- deformace brzdového kotouče
- vibrace mobilního telefonu
- měření vibrační výfuků
- házivost ozubeného kola



Měření vzdálenosti a pozice:

- výška hladiny kapalin
- pozice ramena HDD
- délka vysunutí pístu



3. Použil jste optoelektronické senzory s triangulací. V teoretické části je popsáno, že podmínkou správné funkce je použití povrchu s difúzním odrazem. Co znamená difúzní odraz?

Difúzní (rozptýlený) odraz

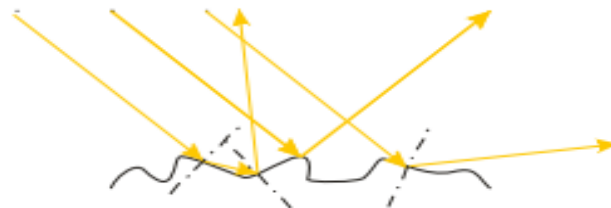
- rozklad elmg. záření do různých směrů
 - většina rozptýlena do směrů blízkých zrcadlovému odrazu
 - rozptýleno rovnoměrně do všech směrů (i zpět ke zdroji)

Pravidelný (zrcadlový) odraz



odrazová plocha je rovná \Rightarrow paprsky, které dopadají na plochu rovnoběžně, se rovnoběžně odrážejí

Rozptýlený (difúzní) odraz



odrazová plocha je hrbolatá \Rightarrow paprsky, které dopadají na plochu rovnoběžně, se odrážejí do různých směrů

- při dopadu na nerovné (drsne) rozhraní 2 prostředí
- při průchodu opticky nehomogenním prostředím