

Hybridní výroba s robotem

Co je důležité vědět

Plastko 2026

Co řešíme

- 3D tisk pomocí robota
- Robotické obrábění
- Jak robot pracuje v praxi

Co si odnesete

- Kde má robot omezení
- Jak je řešíme
- Výhody řízení Siemens



Kinematické charakteristiky 6osých sériových robotů

Co je důležité vědět

- **Blížkost krajních poloh:** v okolí singularit a limitních poloh klesá plynulost, mění se citlivost řízení a roste nárok na interpolaci i zpětnou vazbu
- **Různá tuhost:** dynamika soustavy se mění podle konfigurace os, takže robot je v některých polohách tužší a jinde poddajnější
- **Změny v chování:** síly v procesu, tření, zatížení nástrojem i teplotní drift ovlivňují přesnost, stabilitu dráhy a opakovatelnost

Prakticky

- Vhodný pro velký pracovní prostor
- Dobře zvládá složité tvary
- Vyžaduje pečlivé nastavení pro přesnou práci

Klíčová omezení: co je důležité vědět

Tuhost a pružnost

- Robot není tak pevný jako obráběcí centrum.
- Při větší síle se může nepatrně ohýbat.
- Každý kloub je jinak pevný.

Poloha vs. vedení pohybu

- Robot umí opakovat stejný bod velmi dobře. 0.05 – 0.1mm
- Plynulá dráha ale může být méně přesná. 0.3 -0.8mm
- U citlivých procesů je důležitý **celý pohyb**, ne jen cílový bod.

Vůle a zpoždění

- V převodech může být malá vůle.
- Při změně směru vznikají drobné odchylky.
- Tyto chyby se hůř kompenzují bez přesnější zpětné vazby.

Teplo a vibrace

- Ohřev během provozu mění přesnost robota.
- Po delší práci se může trajektorie mírně posunout.
- Při vyšším zatížení se mohou objevit vibrace a chvění.

Dopad nástroje

Dlouhý nástroj zvětšuje i malé chyby robota. Na konci nástroje se pak odchylka projeví výrazněji.

Stabilita procesu

Nižší tuhost může způsobit rozkmitání nástroje nebo trysky. To zhoršuje kvalitu povrchu i přesnost výsledku.

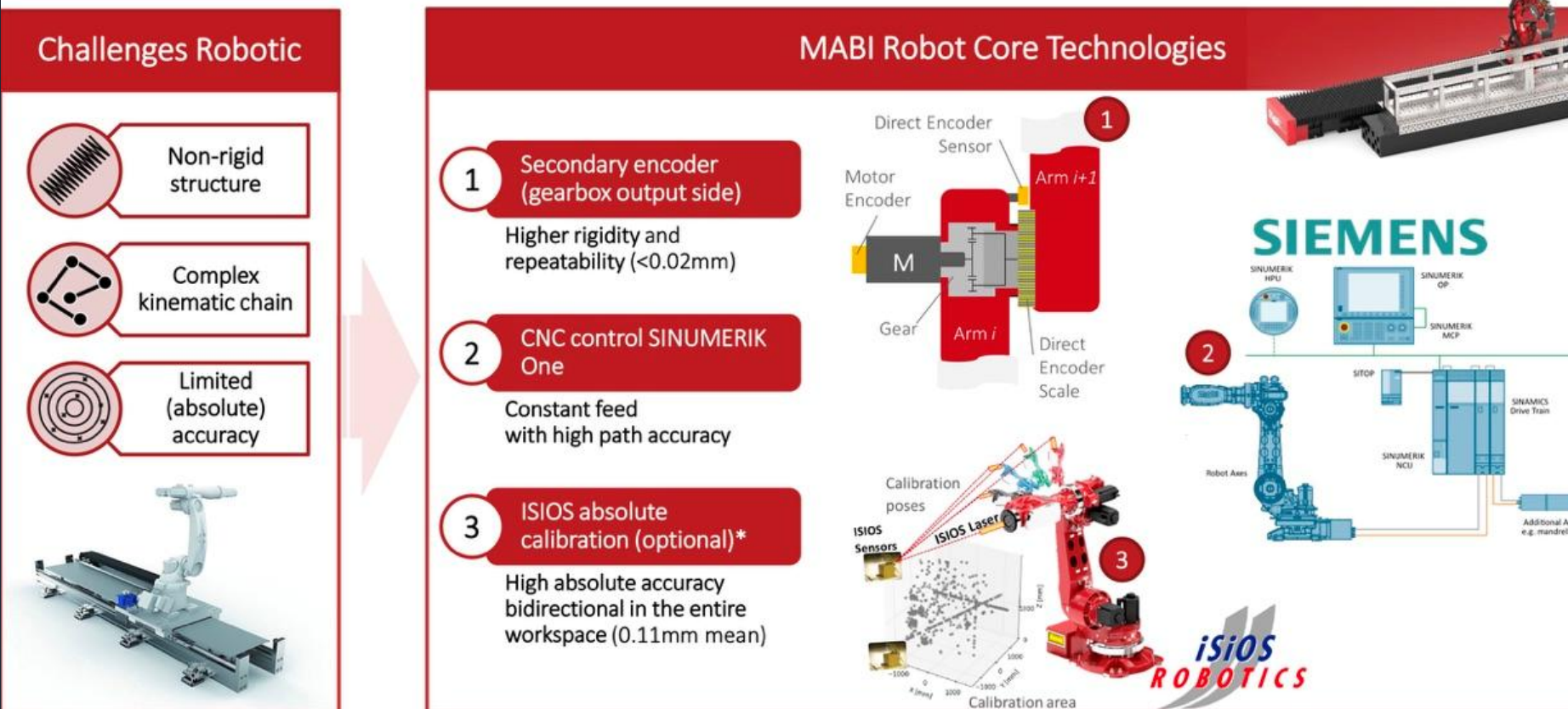
MABI: Přesný robot s přímým odměřováním

MABI je speciálně navržený robot pro přesné aplikace. Má integrované senzory přímo na kloubech, které měří skutečnou polohu bez chyb.

- Sekundární enkodéry: Měří skutečný pohyb každého kloubu nezávisle
- **CNC řízení SINUMERIK:** Robot se programuje a řídí jako CNC stroj
- Vysoká opakovatelnost **na dráze:** Dosahuje přesnosti $\pm 0,1$ mm a lepší
- Kompenzace vůlí: Systém automaticky vyrovnává vůle v převodech

Klíčové technologie:

Key technologies of the MABI precision robot



- Přímé měření eliminuje chyby z vůlí a deformací
- Funguje s běžným CNC softwarem a programy
- Ideální pro hybridní výrobu a přesné obrábění
- Nevyžaduje externí měřicí systémy (laser tracker)

SINUMERIK Direct Control: Řízení robotů na bázi CNC

Robot v prostředí, které CNC už běžně umí

SINUMERIK Direct Control přináší do robotiky funkce, které jsou v CNC světě naprostý standard. Výsledek je praktičtější provoz, méně ručního zásahu a stabilnější kvalita.

- **Koordinované řízení os RA1–RA6:** Všechny rotační osy ramene pracují synchronně v rámci jednoho kinematického modelu.
- **Lineární interpolace, kruhové pohyby a spline trajektorie:** Pohybové dráhy lze vést plynule podle požadované geometrie a kvality povrchu.
- **Řízení posuvu F a otáček S:** Parametry **F (mm/min)** a **S (ot/min)** se nastavují stejně přehledně jako u klasického CNC procesu.
- **Zpětná vazba ze senzorů:** Enkodéry, snímače sil a teplotní senzory poskytují průběžná data pro korekce a stabilizaci chování robota.

Praktické výhody v reálném čase

- **Feed Override:** Změna posuvu za chodu, bez zastavení a bez úpravy programu.
- **Spindle Override:** Okamžité doladění otáček podle kvality povrchu nebo vibrací.
- **Bez zásahu do kódu:** Obsluha reaguje na podmínky v reálném čase.
- **Stabilní kvalita:** Jemné doladění procesu bez složitých změn v programu.
- **Vyšší efektivita:** Méně prostojů a rychlejší reakce na změny materiálu i podmínek.
- Safety integrovaná v jednom systému pro celý stroj

Kalibrace a optimalizace robota: ROCCO a ISIOS

CC ROCCO: Dynamická kompenzace (HOW)

CC ROCCO zlepšuje pohyb po dráze – jde o to, **JAK** se robot dostane do požadovaného bodu.

Funkce:

- Pose based torque feedforward: Udržuje robota blíže k příkazované dráze při vyšších rychlostech
- Pose based Nodding Compensation: Snižuje kmitání při změně směru pohybu
- Process force compensation: Kompenzace procesních sil během obrábění nebo manipulace
- Pose based acceleration and jerk limits: Robot se pohybuje rychleji v "snadných" polohách a pomaleji v "těžkých" polohách

Výsledek: Plynulejší trajektorie, stabilnější pohyb, lepší kvalita povrchu.

Praktické dopad:

CC ROCCO: Dynamická kompenzace → lepší kvalita dráhy, vyšší rychlosti bez ztráty stability

ISIOS: Statická kompenzace → vyšší přesnost v klidu, lepší opakovatelnost

Kombinace: Plynulá dráha (ROCCO) + přesná poloha (ISIOS) = optimální výroba

ISIOS: Statická kompenzace (WHERE)

ISIOS zlepšuje statickou přesnost – jde o to, **KDE** se robot zastaví v požadovaném bodě.

Funkce:

- Minimalizuje statickou chybu polohy robota, když je zastaven v požadovaném bodě
- TCP position gravity compensation: Kompenzace gravitačního vlivu na koncový bod nástroje
- Integration of parameters based on mounting scenarios: Integruje parametry podle způsobu montáže (kolejnice, otočné stoly atd.)

Výsledek: Vyšší přesnost v klidu, lepší opakovatelnost, stabilní poloha bez driftu.

NC osy v SINUMERIK: Řízení všech pohybů

Všechny osy jako NC osy

- V SINUMERIK Direct Control jsou rotační osy ramene **RA1, RA2, RA3, RA4, RA5 a RA6** řízeny jako standardní NC osy.
- Každá osa používá stejné principy jako CNC stroj: přesné polohování, definovaný **posuv F (mm/min)**, řízení **rychlosti pohybu** a přesnou interpolaci.
- Systém podporuje **lineární interpolaci, kruhové pohyby** i **spline trajektorie** pro hladký a přesný průběh dráhy.
- Řízení probíhá se **zpětnou vazbou** z enkodérů a s průběžnou **kompenzací** odchylek v reálném čase.

Rozšíření o další NC osy

- **Lineární osy:** Lze přidat vnější lineární osy (kolejnice, posuvný stůl) jako další NC osy pro lepší pozici robota během obrábění
- **Zvýšení tuhosti:** Vnější osy umožňují pracovat v stabilnějších polohách, což zvyšuje přesnost a kvalitu
- **Servo extruder:** Tryska 3D tisku je řízena jako NC osa – přesné řízení průtoku materiálu
- **Další periférie:** Otáčky vřetene, výkon laseru, tlak – všechno lze řídit jako NC osy
- **Synchronizace:** Všechny osy pracují koordinovaně v jednom programu bez dodatečné logiky

Výhoda pro operátory: Známé CNC prostředí

- CNC řízení je pro většinu operátorů ve výrobě přirozené prostředí. Znájí G-code, znají ovládání, znají postupy.
- Robotické panely jsou naopak u každého výrobce zcela jiné. Panely od ABB, KUKA, Fanuc – všechny mají jiné menu, jiné funkce, jiné logiky.
- Učení se novému robotickému panelu trvá dlouhou dobu. Operátor musí znovu začínat, i když má 20 let zkušeností s CNC.
- S SINUMERIK Direct Control se operátor vrací do známého prostředí. Nemusí se učit nový systém, nemusí si pamatovat jiné příkazy.
- Výsledek: Rychlejší nasazení, méně chyb, vyšší produktivita. Zkušený CNC operátor je hned produktivní i s robotem.

Editace G-code přímo u stroje: Bez návratu do CAM software

Tradiční přístup (pomalý)

Problém: Když chcete změnit posuv, otáčky nebo trajektorii, musíte:

- Vrátit se do CAM software
- Upravit program
- Znovu vygenerovat G-code
- Nahrát do stroje
- Testovat znovu

To trvá dlouho a blokuje výrobu

Praktické příklady:

- Posuv je příliš vysoký → zpomalíte přímo u panelu
- Nástroj se chvěje → upravíte otáčky za chodu
- Bez čekání na CAM, bez nových souborů, bez složitých procesů

Výhody:

- Méně prostojů
- Rychlejší optimalizace
- Obsluha má kontrolu bez závislosti na CAM specialitech

Nový přístup s SINUMERIK (rychlý)

- Editace přímo u stroje: Operátor může upravit G-code přímo v operatorském panelu
- Bez CAM software: Není potřeba vracet se do počítače
- Okamžité testování: Změny se hned vidí a testují
- Rychlé iterace: Během minut se optimalizuje proces místo hodin
- Jednoduché úpravy: Změna posuvu, otáček, kompenzací – vše bez programátora

Děkuji za pozornost

Jiří Samek, CEO

Mob: +420 733 133 220

Sinucraft s.r.o.