

# Možnosti plánování a simulace obrábění průmyslovým robotem v programu Siemens NX

Tomáš Kratěna\*, Petr Vavruška

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav výrobních strojů a zařízení, Horská 3, 128 00 Praha 2, Česká republika

## Abstrakt

Článek je zaměřen na aktuální možnosti technologické přípravy výroby v případě obrábění s využitím průmyslových robotů. Vzhledem k potřebě efektivně realizovat jednotlivé operace tří i víceosého obrábění jsou představeny současné možnosti modulu pro robotické obrábění v CAM software Siemens NX. Na příkladu robota KUKA je ukázán způsob nastavení modelu pro vizualizaci celého procesu, jeho doplnění o potřebnou vřetenovou jednotku a vhodné umístění do pracovního prostoru. Dále jsou ukázány doplňkové funkce, které řeší nejednoznačné a singulární polohy rotačních os robota při obrábění. Závěrem je představena návaznost na postprocesor pro řídicí systém Sinumerik 840D pro generování konkrétních NC programů.

*Klíčová slova:* Průmyslové roboty, třískové obrábění, Siemens NX, simulace obrábění, postprocesor

## 1. Úvod do využití průmyslových robotů pro obrábění

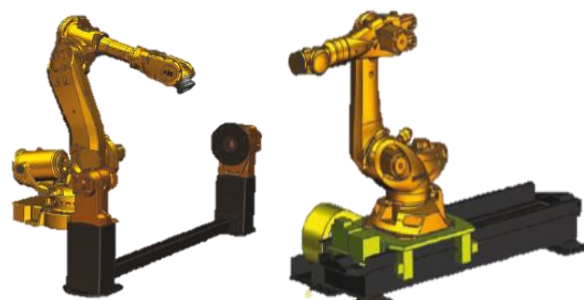
V současné době, kdy se zvyšuje přesnost polohování a opakovatelnost pohybů u průmyslových robotů, přichází trend využívat tyto roboty pro jiné aplikace, než je manipulace s objekty nebo svařování. Jedno z těchto využití může být vybavení robota vřetenovou jednotkou a jeho použití pro třískové obrábění. Robot pak může provádět různé komplexní operace jako leštění, broušení, dokončovací operace u složitých ploch, vrtání a jiné, uvedeno v lit. [1].

Toto však přináší požadavek na složité programování robota a implementaci funkcí jinak používaných u obráběcích strojů. Řešením pro tyto případy je vybavit robota řídicím systémem schopným odbavovat NC programy, které lze generovat pomocí CAM softwaru za použití postprocesoru.

### 1.1. Modul Siemens NX pro robotické obrábění

Siemens NX CAM je software, který technologovi umožňuje nastavovat a plánovat dráhy nástroje pro operace obrábění. Toto je doplněno o další nutné funkce upřesňující pohyby robota při obrábění. Tyto funkce budou podrobněji popsány dále.

Pro jednotlivé způsoby využití robota, lze v prostředí tohoto softwaru volit mezi různými konfiguracemi, jako jsou například robot na přídatném lineárním vedení, nebo robot s přídatnou rotační osou otáčející obrobkem (viz Obr. 1). Tyto přídatné osy je možné zahrnout do nastavení obrábění u dané operace a vygenerovat příslušný NC program. Velkým přínosem je pak možnost vizualizace všech pohybů robota a jeho periferií a tím předcházení kolizním a nežádoucím stavům, viz. lit. [1].



Obr. 1. Modely robotů s přídatnými osami [1]

## 2. Implementace a nastavení vlastního modelu robota

Při řešení dané konfigurace pracoviště s robotem, potřebuje uživatel pro korektní vizualizaci obrábění konkrétní model robota. V této kapitole bude představena možnost implementovat vlastní 3D model robota a vřetenové jednotky, dále jejich nastavení pro vizualizaci. Zde se jedná o robota KUKA KR 60 HA, jehož 3D model je volně ke stažení z internetových stránek výrobce <https://www.kuka.com/>.

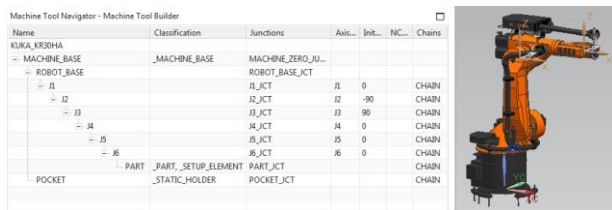
### 2.1. Nastavení kinematického modelu robota

Pro použití požadovaného robota v simulaci je nutné nejprve nastavit kinematický model v souboru 3D modelu robota (viz Obr. 2). Dále je třeba zkopírovat soubory pro řízení robota v simulaci ze složky „robots“ od některého z defaultních modelů robotů dostupných v Siemens NX, který odpovídá kinematickým provedením žádanému robotu, popřípadě připojit složku s postprocesorem. Následně, po zkopírování souborů do knihovny strojů v Siemens NX, je nutné se na jednotlivé soubory odkázat nejprve v datovém souboru ve složce s modelem robota a potom i v hlavní databázi v Siemens NX. Při správném nastavení kinematiky a správných odkazech,

\* Kontakt na autora: tomas.kratena@fs.cvut.cz

je pak možné simulační model robota nahrát do nastavení dílce v CAMu.

Pokud chce uživatel používat určité prostředí jako například oplocení pracovního prostoru, může jeho 3D model také nahrát do sestavy a tedy sledovat a měnit umístění robota, popřípadě dílce, vůči ostatním komponentům pro získání optimálního a odpovídajícího řešení.

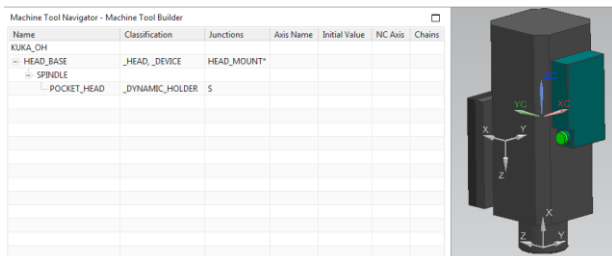


Obr. 2. Nastavený kinematický model robota KUKA KR 60 HA

## 2.2. Nastavení kinematického modelu vřetenové jednotky

Nastavení kinematického modelu vřetenové jednotky probíhá obdobně jako nastavení modelu robota. Správně nastavený model (viz Obr. 3) je pak třeba uložit do daného adresáře v Siemens NX a opět se na něj odkázat v příslušné databázi. Model je poté nutno vložit do sestavy, a tak bude sloužit jako koncový efektor robota.

Takto nastavená sestava pak slouží jako nástroj pro plánování drah, odhalování kolizních stavů a výběru vhodných konfigurací robota pro dané operace.



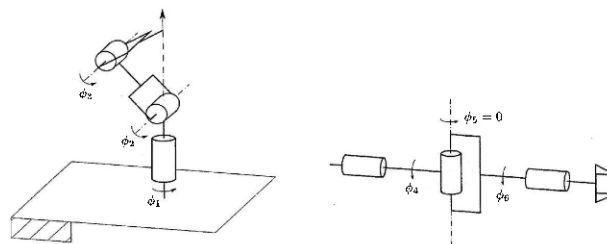
Obr. 3. Nastavený kinematický model vřetenové jednotky

## 3. Používání vlastního modelu robota pro verifikaci obrábění v Siemens NX

Při správném postupu vytvoření a vložení jednotlivých komponent do prostředí Siemens NX, lze plně využívat modulu pro robotické obrábění. Hlavním úkolem tohoto modulu je rozšířit nastavení běžně dostupných strategií v CAMu o doplňující informace, neboli pravidla, řešící nejednoznačné či nevhodné pozice robota při obrábění a promítnout toto nastavení do NC programu vygenerovaného postprocesorem.

Jednou z hlavních nežádoucích poloh průmyslového robota je takzvaná singulární poloha (viz Obr. 4), v takové poloze koncového efektoru jsou výrazně ovlivněny jeho kinematické vlastnosti. Z úlohy inverzní kinematiky totiž vyplývá, že v tomto případě existuje nulová rychlost kloubových souřadnic, pro kterou se koncový efektor vůbec nepohybuje a zároveň platí, že pro jeho malé rychlosti v okolí těchto poloh je zapotřebí

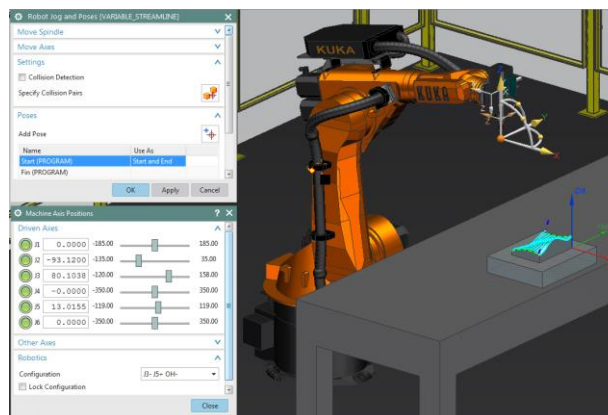
velkých rychlostí kloubových os, uvedeno v lit. [2]. Prostřednictvím Siemens NX je možné tyto polohy při simulaci obrábění odhalit a upozornit na ně. Dále jsou v tomto softwaru implementovány možnosti, jak takovým polohám při nastavení dané strategie vyvarovat.



Obr. 4. Singulární poloha polohovací a zápětní části robota [2]

## 3.1. Uživatelem definovatelné pozice robota

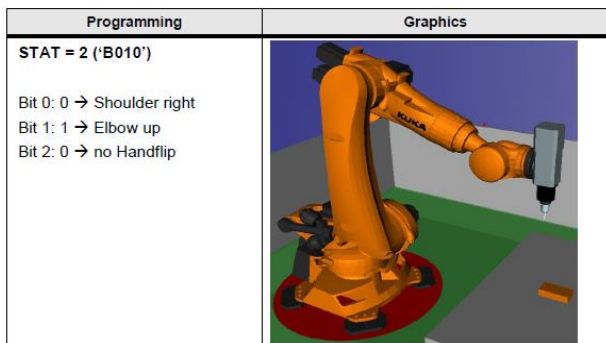
Pro určení žádaných pozic robota mezi jednotlivými operacemi, nebo před začátkem a po skončení sekvence operací, je možné využít jednoho ze zmiňovaných pravidel. Pro zjednodušení definice požadované polohy funguje v Siemens NX okno umožňující natáčení jednotlivých kloubů robota, nebo posouvání koncového bodu efektoru (to je vidět na Obr. 5). Toto rozšíření může pomoci vyvarovat se dosažení singulární polohy při přejezdu mezi operacemi, nebo může sloužit například pro nastavení robota do pozice pro výměnu nástroje po skončení obrábění.



Obr. 5. Možnosti nastavení robota do žádané polohy

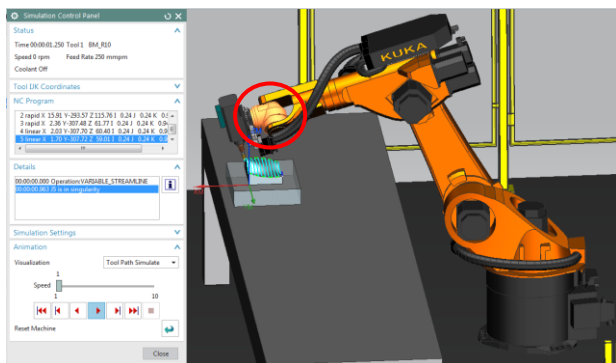
## 3.2. Nastavení konfigurace robota při obrábění

Dalším důležitým rozšiřujícím pravidlem je určení zvolené konfigurace robota pro danou operaci. Robot totiž může dosahovat požadovaných koncových poloh nástroje pomocí více konfigurací jeho rotačních os. Řídicí systém Sinumerik 840D RMR například umožňuje čtyři různé konfigurace, podle lit. [3]. Uživatel tak má možnost zvolit nejvhodnější konfiguraci (např. Obr. 6) vzhledem k pracovnímu prostoru a pozici obrobku.



Obr. 6. Jedna z možných konfigurací robota [3]

Po přiřazení pravidla k dané strategii, může být výsledek ověřen pomocí simulace obrábění a jeho nastavení se pak projeví ve vygenerovaném NC programu. Pokud při simulaci uživatel zjistí, že se robot dostal do kolize, nebo do singulární polohy, jak je vidět na Obr. 7, může jeho konfiguraci změnit a tím se tomuto nežádoucímu stavu vyhnout.



Obr. 7. Identifikace singulární polohy během obrábění

### 3.3. Nastavení orientace nástroje

Velmi nežádoucím jevem, který může při obrábění robotem nastat, je excesivní natáčení vřetenové jednotky. U víceosého obrábění se může vektor nástroje nevhodným způsobem otáčet a unášet tak koncový efektor robota. Tyto excesivní pohyby pak mohou způsobovat kolizi či mezní natočení některých kloubů. U operací kdy tento problém nastává, je tedy možné zvolit konstantní vektor natočení vřetenové jednotky a zamezit tak nežádoucím pohybům.

## 4. Vazba pravidel na postprocessor

Po nastavení všech pravidel je třeba u každé operace, nebo skupiny operací, u kterých byla nastavena, tato pravidla aplikovat. K tomu slouží ikona v prostředí programu. Po této aktualizaci operací je možné generovat NC programy pomocí postprocesoru. Postprocessor je samostatný program, který převádí informace o poloze nástroje v souřadném systému obrobku (CL data) a informace z jednotlivých pravidel na NC program, který je spustitelný řídicím systémem robota.

Podrobnější rozbor samotného postprocesoru a jeho konfigurace přesahuje rámec tohoto článku, je však nut-

né mít jistotu v tom, že používaný postprocessor je správně nastaven pro generování NC programů pro konkrétního robota. Defaultně je v Siemens NX dostupný například postprocessor pro řídicí systém Sinumerik 840D RMR, syntaxe NC programu vygenerovaná tímto postprocesorem je pro názornost ukázána na Obr. 8.

```
N14 T="T6MILLD20" D1 ; $TC_DP3[1,1]=132.95
N16 ORIMKS
N17 G1 PTP X1665.67 Y0 Z1377.405 A=0 B=0 C=0 STAT='B010' F2000
```

Obr. 8. Syntaxe NC programu pro robota s ř.s. Sinumerik [3]

## 5. Závěr

Z aktuálních možností software Siemens NX, je patrná variabilita použití pro komplexní programování průmyslových robotů. Je tak možné rozšířit oblast jejich použití, integrovat je do složitějších výrobních systémů, nebo je samotné využívat tam kde dříve fungovali pouze CNC stroje. Samotné programování a plánování strategií je však jen jedna z nutných součástí tohoto procesu, do kterého zásadně negativně promlouvá tuhost těchto kinematik.

Při pohledu pouze na možnosti softwaru by další postup vývoje mohl například spočívat v rozšiřování simulace obrábění s roboty, a to přidáním možnosti verifikovat výsledný NC kód. Tato možnost v aktuální verzi softwaru není. Nicméně při implementaci vlastního 3D modelu robota, vřetenové jednotky a pracoviště, vzniká i tak užitečný nástroj pro přípravu, verifikaci a simulaci obrábění s možností odladění kolizí.

## Poděkování

Rád bych poděkoval Výzkumnému centru pro strojírenskou výrobní techniku a technologii, konkrétně pak mému vedoucímu Ing. Petru Vavruškovi Ph.D., za příležitost, prostor a informace k vypracování tohoto článku.

## Seznam zkratk

CAM	Computer Aided Manufacturing / Počítačová podpora výroby
NC	Numerical Control / Numerické řízení
3D	Three-dimensional / Třídídimenzionální
RMR	Run MyRobot / Řídicí systém pro roboty
CL	Cutter Location / Poloha nástroje

## Literatura

- [1] SIEMENS. *NX CAM Robotics Programming*. [online]. [cit. 27. 3. 2017]. Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com>
- [2] ŠVEJDA, M. *Kinematika robotických architektur*. Fakulta aplikovaných věd, ZČU v Plzni. 2011. Práce ke státní doktorské zkoušce.
- [3] SIEMENS. *Application example for connection of a KUKA robot with KR C4 to a SINUMERIK 840D sl with NCU 7x0.3*. 2015. Item-ID: 109478857, V2.0.