

## Automatizace a robotizace ve strojírenství

# Aplikační oblasti průmyslových robotů

Vlastimil Hotař, ZS 2021/2022

Zvýšení kvality vzdělávání na TUL a jeho relevance pro potřeby trhu práce  
CZ.02.2.69/0.0/0.0/18\_056/0013333



## Výběrové řízení na pomocné vědecké síly

Do výběrového řízení se mohou přihlásit studenti 1. a 2. ročníku prezenčního studia Bakalářského studijního programu Strojírenství, školní rok 2020/21 a 2021/22.

Náplň pomocných vědeckých sil:

- 1. Získání potřebných znalostí** v rámci letního semestru 2021 v **pravidelných seminářích** (předpokládáme max. jednou týdně), samostatná činnost v laboratořích, možnost individuálního samostudia v rámci dostupných laboratoří.
- 2. Pomocné práce při vědeckovýzkumných aktivitách**, pomoc v rámci výukových aktivit katedry, pomoc při přípravě zázemí v rámci katedry a jejich laboratoří (placeno formou stipendií).
- 3. Řešení studentských projektů** (placeno formou stipendií).

## Výběrové řízení na pomocné vědecké síly

Přihlášky je možné zasílat na e-mailovou adresu: [marie.stara@tul.cz](mailto:marie.stara@tul.cz) do 28. 1. 2022.

Hlavním kritériem bude úspěšné zvládnutí zápočtu a zkoušky z předmětu **Automatizace a robotizace ve strojírenství**.

V případě velkého zájmu budou provedeny osobní pohovory.

## *Aplikační oblasti průmyslových robotů*

V dnešní době prakticky není odvětví průmyslu, které by nebylo zasaženo fenoménem ROBOTIZACE.

Roboty se ve stále větší míře prosazují i:

- v **nevýrobním nasazení**,
- v **terciární sféře – sektor služeb**,
- ve **zdravotnictví**,
- v **sociálních službách** atd.,

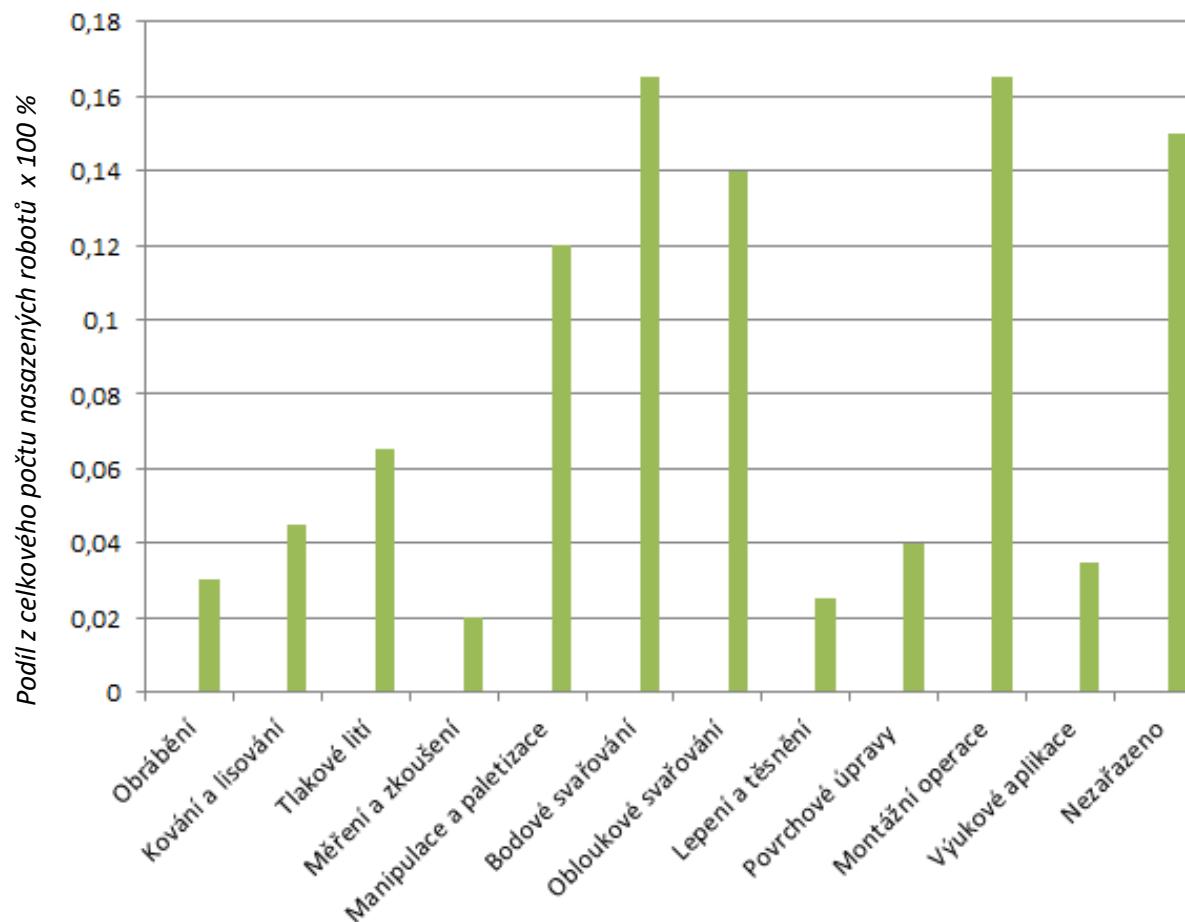
kde se tyto roboty označují jako **roboty servisní**.

## *Aplikační oblasti průmyslových robotů*

Pokud jde o aplikační nasazení průmyslových robotů, je možné rozdělit jednotlivé průmyslové oblasti a podíl realizovaných robotizovaných technologických pracovišť (RTP):

- obrábění (3 %),
- kování a lisování (4,5 %),
- tlakové lití (6,5 %),
- měření a zkoušení (2 %),
- manipulace a paletizace (12 %),
- bodové svařování (16,5 %),
- obloukové svařování (14 %),
- lepení a tmelení (2,5 %),
- povrchové úpravy (4 %),
- montážní operace (16,5 %),
- výukové aplikace (3,5 %),
- nezařazeno (15 %).

## Aplikační oblasti průmyslových robotů



## *Aplikační oblasti průmyslových robotů*

Zde je podán pouze triviální přehled hlavních odvětví nasazení a pro jednotlivá vybraná odvětví je provedena charakteristika, ukázány požadavky na manipulační zařízení (robot) a požadavky na technologická zařízení a pomocné prostředky, tzv. periferie.

Postupně jsou ukázány tyto oblasti:

1. Robotizovaná manipulace u obráběcích strojů;
2. Robotizované výrobní systémy pro oblast tváření;
3. Robotizace v oblasti objemového tváření;
4. Robotizace obloukového svařování;
5. Robotizace bodového svařování;
6. Robotizace pro povrchové úpravy;
7. Robotizované výrobní systémy v montáži.

## *Aplikační oblasti průmyslových robotů*

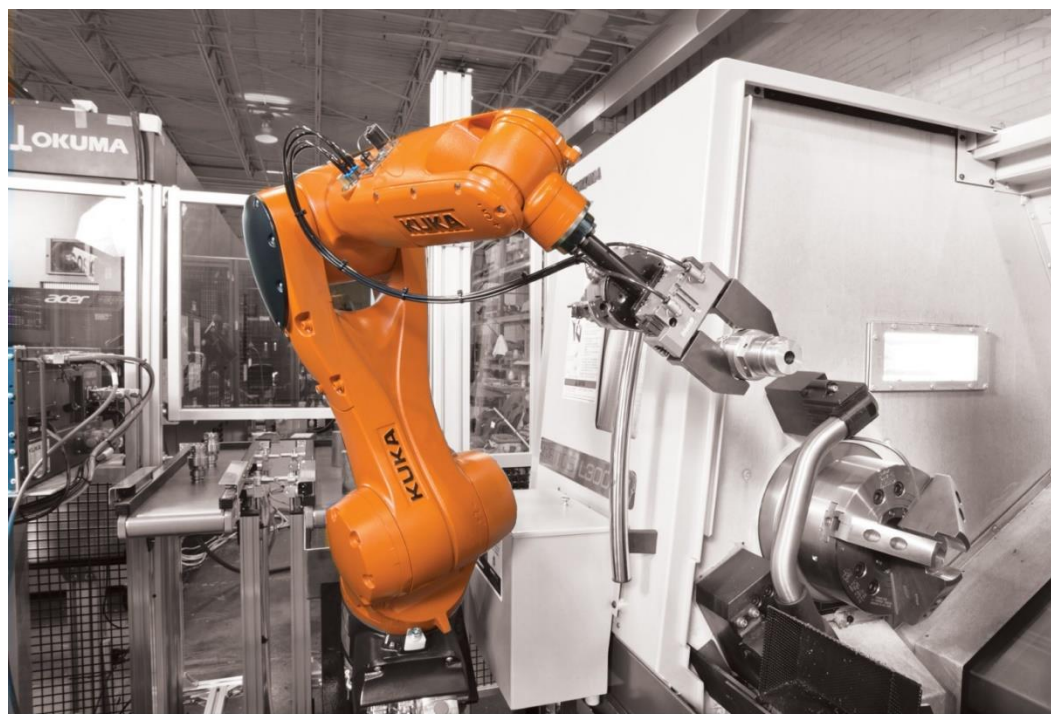
Příklad automatické výroby herních konzol za použití mnoha robotů:

[https://www.youtube.com/watch?v=fcPq2UR2\\_64](https://www.youtube.com/watch?v=fcPq2UR2_64)



## Robotizovaná manipulace u obráběcích strojů

V tomto případě se jedná o manipulační úlohu.



<https://www.youtube.com/watch?v=kXK5bRnRrWo>

<https://www.youtube.com/watch?v=c8WNUC2etCw>

## *Robotizovaná manipulace u obráběcích strojů*

### **Specifika robotizovaných výrobních systémů v procesech obrábění:**

- **málo čtená manipulace**, kdy technologické časy převyšují 20x až 50x dobu automatické manipulace;
- robotizovaná manipulace u obráběcích strojů je **náročná na periferie** a to i v případech, kdy se jedná o CNC obráběcí centrum (zásobníky, systémové palety apod.);
- **zahrnuje širokou škálu PR**, které svými parametry musí vyhovovat konkrétní aplikaci, tj. konfigurace, způsob řízení, velikost pracovního prostoru, opakovatelná přesnost polohování, nosnost atd., jsou v souladu s parametry obráběcího stroje nebo obsluhovaného obráběcího centra;
- jsou kladené **vysoké nároky na úchopnou hlavici**, která musí svými parametry umožnit eliminaci nepřesnosti polohování manipulačního zařízení a zajistit spolehlivé upnutí objektu v době manipulačního cyklu; úchopné hlavice jsou často konstruovány jako **dvojchapadla** s cílem eliminovat dobu manipulace.

## *Robotizovaná manipulace u obráběcích strojů*

### **Tři základní typy flexibilních obráběcích systémů (Flexible Manufacturing System, FMS) pro obrábění:**

1. Fázové (dávkové) struktury RTP – výrobní proces je organizovaný podle technologické podobnosti výrobních zařízení, skladba sortimentu se velmi často mění;
2. Skupinová struktura RTP – tvoří se skupiny podobných součástek z hlediska technologického postupu a popřípadě sledu manipulačních operací;
3. Proudová struktura RTP – charakteristická je specializace na jeden nebo několik málo výrobků, rozmístění pracovišť odpovídá výrobnímu toku s minimalizací čekací doby (mezioperačních zásob).

## *Robotizovaná manipulace u obráběcích strojů*

### **Strukturální typy RTP:**

- Systémy s integrovanou strukturou RTP – **PR je součástí obráběcího stroje** (centra) – velmi moderní trend;
- Pilotové (hnízdové) uspořádání, kdy **robot vykonává obsluhu více výrobních strojů a periferií** umístěných na radiálních paprscích – dnes méně používaná koncepce;
- Pojezdové uspořádání PR – **robot obsluhuje výrobní zařízení z pojezdového ústrojí** většinou shora (PR zavěšen na pojezdu) – efektivní z hlediska spotřeby místa.

## *Robotizovaná manipulace u obráběcích strojů*

### ***TRENDY robotizace v oblasti obsluhy obráběcích strojů:***

- Obráběcí centra s účelovými **roboty zabudovanými do konstrukce stroje**;
- **Modulární stavba** účelových robotů a manipulátorů;
- **Systémové palety a modulární periferie** (především dopravníky a zásobníky);
- **Obrábění na jedno upnutí** (sdružování soustružnických, frézařských a dalších obráběcích operací do jednoho stroje), což vede k vyšší přesnosti – trendem **je eliminace manipulačních operací!!!**

### **Poznámka:**

Vedle automatizace manipulačních operací CNC obráběcích center se dnes roboty poměrně často aplikují jako poměrně přesné systémy pro obrábění méně rozměrově náročných výrobků (přesnost  $0,05 \div 0,1$  mm), větších rozměrů. Již probráno v efektorech.

## *Robotizované výrobní systémy pro oblast tváření*

Tvářecí procesy z hlediska automatizace výrobních systémů je vhodné rozdělit na výrobní systémy pro:

- a) plošné tváření (poněkud nepřesně lisování plechů);
- b) pro objemové tváření.

## *Robotizované výrobní systémy pro oblast tváření – plošné tváření*

### **Robotizace v oblasti plošného tváření**

#### **Charakteristické problémy v oblasti plošného tváření:**

- vysoká kadence strojů a krátký výrobní cyklus;
- jednoduchá manipulační úloha často s rovinným charakterem;
- omezený pracovní prostor tvářecích lisů;
- vysoké nároky na rychlost manipulačního zařízení;
- menší nároky na přesnost;
- vysoké nároky na spolehlivost úchopné hlavice atd.

<https://www.youtube.com/watch?v=SMsKhUiMnOg>

<https://www.youtube.com/watch?v=CR7Vjqsar5Q>

## Robotizované výrobní systémy pro oblast tváření – plošné tváření

### Požadavky na manipulační zařízení:

- přes 80 % operací lze zabezpečit **manipulátory s 2<sup>o</sup> volnosti (DOF)**;
- možnost uplatnění PR s **jednoduchým PTP** (sekvenčním, point to point) řízením;
- **rychlost pohybu** v horizontální rovině v intervalu  $0,5 \div 1 \text{ m.s}^{-1}$ , maximálně až  $3 \text{ m.s}^{-1}$ ;
- důraz na **zkrácení pohybové sekvence** – pracovního cyklu;
- časté jsou struktury **integrálních manipulátorů** s vnějším pohonem od tvářecího lisu;
- velmi časté jsou pracoviště s **parciální vazbou** PR (postupové výlisky);
- nosnost PR **nejčastěji 1 – 5 kg**, výjimečně až desítky kg;
- opakovatelná **přesnost polohování 0,5 až 1,0 mm** bývá postačující;
- **pneumatické a elektro - pohony**.



## *Robotizované výrobní systémy pro oblast tváření – plošné tváření*

### **TRENDY**

- automatické linky s **modulárními manipulátory**;
- **víceramenné manipulátory** s vnitřním pohonem;
- automatizované tvářecí lisy **se zabudovaným účelovým manipulátorem**.

## Robotizované výrobní systémy pro oblast tváření – **objemové tváření**

**Robotizace s oblasti objemového tváření (kování) a ve slévárnách**

**Charakteristické problémy robotizace objemového tváření:**

- velmi těžké pracovní podmínky s teplenou expozicí a exhalacemi;
- tepelné zatěžování mechanismů PR a úchopných hlavic;
- značný rozsah hmotností výrobků;
- značné rozdíly ve specifických požadavcích jednotlivých aplikací.



## *Robotizované výrobní systémy pro oblast tváření – objemové tváření*

### **Požadavky na PR a komponenty RTP:**

- PR s 3 až 6° volnosti v prostoru;
- ochrana mechanismů PR proti tepelné zátěži a proti znečištění;
- robustnost a odolnost úchopných a technologických hlavic.

<https://www.youtube.com/watch?v=p0wE4tSVfUc>

## Robotizace obloukového svařování

Svařovací procesy byly již zmíněny v kapitole o efektorech.



<https://www.youtube.com/watch?v=G1tPe2TZimA>

## *Robotizace obloukového svařování*

### *Charakteristické problémy RTP pro obloukové svařování*

- jedná se o jednu z nejrozšířenějších oblastí technologického nasazení PR;
- je nutné respektovat technologické zvláštnosti:
  - vysoká rozmanitost objektů svařování;
  - požadavky na přesnost svařovaných dílů;
  - přístupnost svařovaného místa;
  - nutnost stanovení referenčních bodů;
  - omezení tvarů objektů;
- nutnost svařování v ochranné atmosféře (MIG, MAG, TIG metody).

## *Robotizace obloukového svařování*

### Požadavky na PR a pomocná zařízení:

- vysoké nároky na pohybové a orientační schopnosti PR;
- nároky na adaptivitu PR;
- nároky na periferie – **polohovadla**;
- vysoké nároky na kvalitu svářecího zařízení atd.;
- využívají se především antropomorfní (angulární) struktury PR s min. 6° volnosti.

## *Robotizace obloukového svařování*

### **Přednosti RTP obloukového svařování:**

- vysoká kvalita svarů s vyloučením subjektivních vlivů;
- vysoká produktivita práce (2 – 3 směnný provoz);
- snížení provozních nákladů;
- vysoká míra flexibility pracoviště;
- možnost využívání typových projektů RTP;
- možnost efektivního navrhování izolovaných pracovišť;
- vysoká míra bezpečnosti a ochrany zdraví obsluhy atd.

## *Robotizace obloukového svařování*

### **Značná pozornost je věnována stanovování výrobnosti:**

- stanovení délky svarů;
- návrh rychlosti svařování (např. pro tl. 1 až 2 mm  $v = 1000$  mm/min, tl. 10 až 20 mm  $v = 300$  mm/min);
- stanovení počtu svarků;
- porovnání s ručním svařováním, což je základ hodnocení ekonomické efektivity.



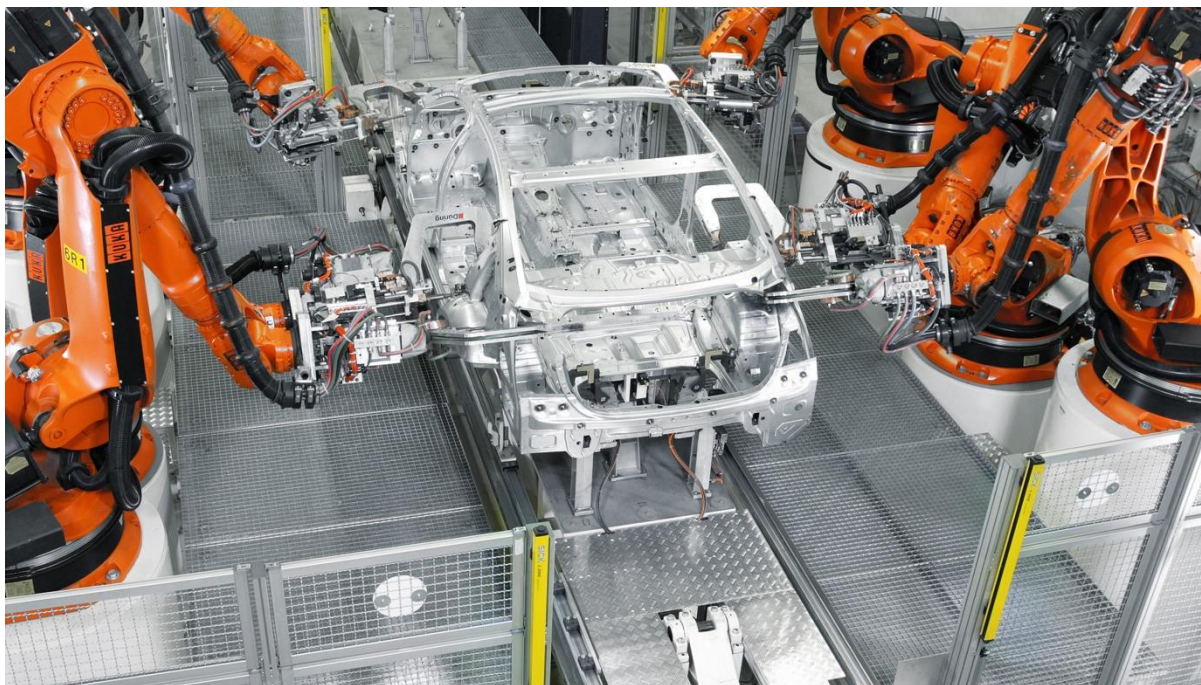
## *Robotizace obloukového svařování*

### **TRENDY**

- zavádění nových technologických postupů;
- široká nabídka typových polohovadel;
- zavádění a automatizace kontrolních činností;
- rozšiřování možností adaptivity PR;
- uplatňování nových typů senzorů (využívání laserů).

## Robotizace bodového svařování

Svařovací procesy byly již zmíněny v kapitole o efektoch.



<https://www.youtube.com/watch?v=TzZHKEPqZ5I>

## *Robotizace bodového svařování*

### **Charakteristika problémů RTP bodového svařování:**

- svařence jsou členité rozměrné objekty s rozmanitým tvarem a velikostí;
- nejčastější aplikace je svařování automobilových karoserií a jejich komponent;
- vysoké požadavky na přesnost svařenců;
- malá tuhost objektů (plechy mají velmi malou příčnou tuhost);
- vysoké nároky na přípravky;
- značná hmotnost svařovacích kleští;
- značné problémy s mezioperační manipulací (nárůst objemu svařenců oproti dílům).

## *Robotizace bodového svařování*

### **Požadavky na PR a pomocná zařízení:**

- velký pracovní prostor a pohybové schopnosti PR (zejména angulární struktury);
- vysoká požadovaná nosnost 40 – 60 kg (často 120 kg i více);
- vysoké zatížení zápěstí robotu 120 – 150 Nm;
- vysoká síla na kontakty řádově několik kN;
- opakovatelná přesnost polohování 0,5 až 1,0 mm;
- bodovací frekvence až 60 bodů/min.;
- nutnost přivádění vysokých proudů (až 1 000 A periodicky);
- často se využívají výměnné systémy bodovacích kleští a úchopných hlavic (možnost kombinace technologických a manipulačních funkcí);
- vysoké nároky jsou kladeny na přípravky a kontrolní systémy.

## *Robotizace bodového svařování*

### **TRENDY**

- zdokonalování technologických podmínek svařovacího procesu;
- zvyšování rychlosti a tuhosti PR;
- postupný přechod od konveyorové dopravy k autonomním systémům, jedná se o aplikace mobilních robotů – AGV (automated guided vehicles) a AMR (autonomous mobile robots).

## Robotizace pro povrchové úpravy

Robotizace pro povrchové úpravy byla již zmíněna v kapitole o efektech.



<https://www.youtube.com/watch?v=sUqKUbdmOr0>



## *Robotizace pro povrchové úpravy*

### **Charakteristika problémů RTP povrchových úprav:**

- široká škála aplikací (smaltování, nanášení barev, ochranné povlaky, glazování apod.);
- váže se na řadu rozličných technologických postupů;
- vysoké nároky na flexibilitu pracovišť;
- nutnost ochrany mechanismů robotů oproti nanášeným médiím.

## *Robotizace pro povrchové úpravy*

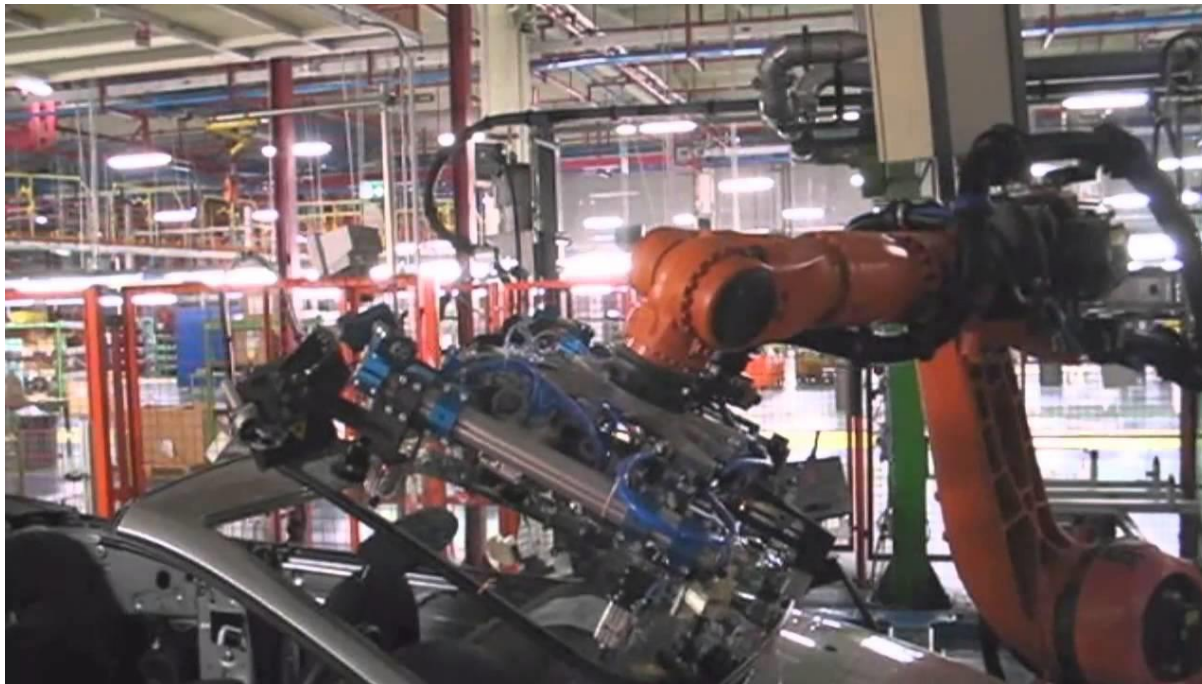
### **Požadavky na PR a periferie:**

- PR s 5 až 6° volnosti, objem pracovního prostoru 6 – 12m<sup>3</sup>;
- pracovní rychlosti 1 – 3 m/s;
- nosnost robotů 12 – 30 kg;
- přesnost polohování 3 – 5 mm;
- programování: přímý TEACH IN (play back).



## Robotizované výrobní systémy v montáži

Robotizace při montáži byla již zmíněna v kapitole o efektoch.



<https://www.youtube.com/watch?v=IAgrrqTgWbQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=ZrquLIVzClo>

<https://www.youtube.com/watch?v=KFnaVDk6Gcs>

## *Robotizované výrobní systémy v montáži*

### **Charakteristické problémy robotizované montáže:**

- automatizovaná montáž zahrnuje řadu manipulačních a montážních operací propojených v jeden organický celek;
- jsou kladeny mimořádně vysoké nároky na přesnost PR i periferií;
- značné problémy jsou s odebíráním, polohováním a orientací široké škály objektů;
- některé montážní operace jsou spojeny s působením technologických sil na objekt;
- značné rozdíly v hmotnosti součástí a montážní sestavy;

## *Robotizované výrobní systémy v montáži*

- často je nutná rekonstrukce výrobku s respektováním požadavků na usnadnění automatické montáže (součásti se dělí na: základní – nosné, funkční a spojovací):
  - Minimalizace počtu prvků montážní sestavy (zejména funkční a spojovací součásti);
  - Priorizace a zachování tzv. hlavního montážního směru (eliminují se spojovací příčně montované prvky – šrouby, čepy, kolíky apod.);
  - Musí se vytvořit možnost jednoznačného a přesného upnutí základní součásti;
  - Často se vytváří zámkové a nerozebíratelné spoje atd.

## *Robotizované výrobní systémy v montáži*

### *Je vhodné robotizovanou montáž rozdělit do pěti základních etap:*

- 1. ETAPA – odebrání objektu montáže ze vstupního místa, popř. identifikace tvaru a polohy objektu;**
- 2. ETAPA – orientace objektu v prostoru, její charakteristiky mají často pravděpodobnostní charakter, nároky na orientaci rostou s rostoucím počtem prvků asymetrie;**
- 3. ETAPA – vkládání objektu do pracovní polohy, přičemž nesmí dojít ke ztrátě orientace;**
- 4. ETAPA – vlastní montážní operace, její úspěšnost je podmíněna zejména přesností součásti, zde se rozlišují dva případy:**
  - montáž je realizovatelná bez nutnosti korekčních pohybů;
  - montáž vyžaduje korekční pohyby a informace z vision systému.
- 5. ETAPA – přemístění montovaného výrobku z montážního místa, zde je kritická hmotnost výrobku; často se provádí pomocí dalšího manipulačního zařízení.**

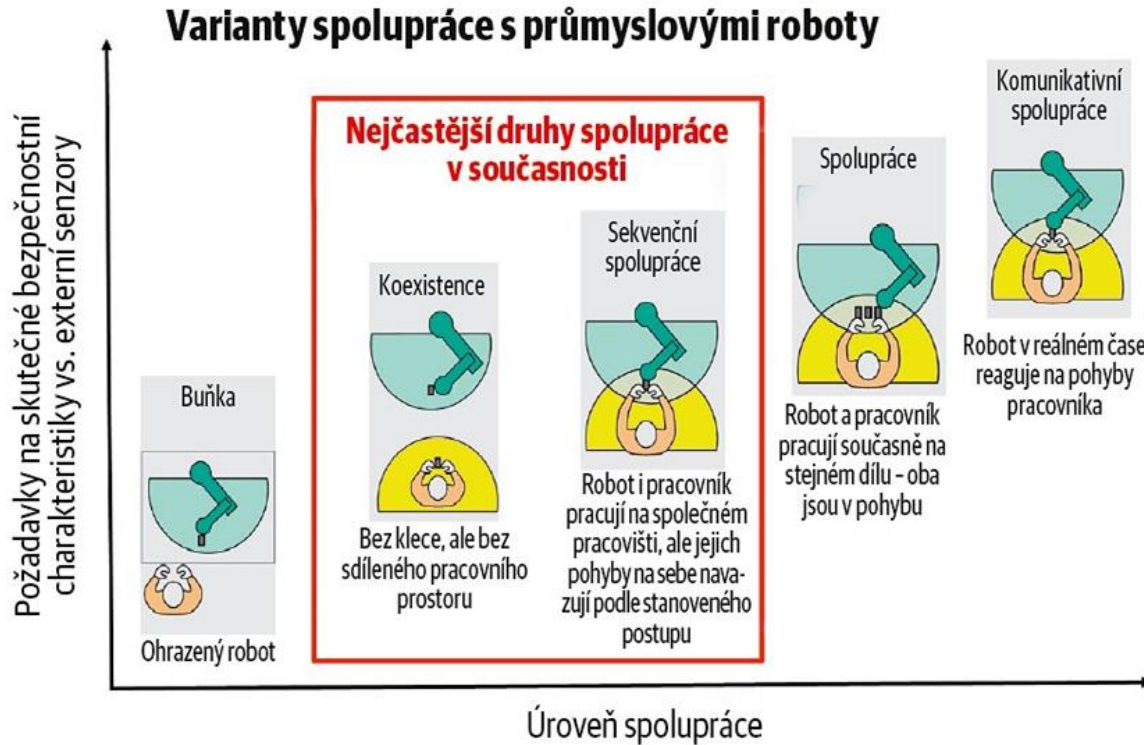
## *Robotizované výrobní systémy v montáži*

### **TRENDY**

- velmi intenzivní rozvoj kvantitativně i kvalitativně;
- častá aplikace robotů typu SCARA a robotů s kartézskou konfigurací polohovacího ústrojí;
- častá je aplikace systémů automatické výměny efektorů (chapadel i technologických hlavic);
- vytvářejí se modulární montážní buňky;
- častá je kombinace automatické montáže a pracovišť s ruční obsluhou v rámci FMS;
- právě zde se začíná prosazovat bezbariérová komunikace robotů s člověkem, (tzv. kolaborativní robotika).

<https://www.youtube.com/watch?v=keh99z1M5LI>

# Robotizované výrobní systémy v montáži



Ukázka postupného zvyšování nároků na úroveň kooperace člověka a robotu (původce Bauer et al. (2016), překlad

<https://technickytydenik.vshcdn.net/obrazek/5cee1557af592/1.jpg>)

# Příště: Přehled a charakteristika mobilních a servisních robotů