

# SVAŘOVACÍ ROBOTI

Jiří Pakr

Faculty of Mechanical Engineering, Brno University of Technology  
Institute of Automation and Computer Science  
Technická 2896/2, Brno 616 69, Czech Republic  
Jiri.Pakr@vutbr.cz

*Abstract: Tato práce má v rychlosti seznámit čtenáře se svařovacími roboty a manipulátory, jejich různými typy a běžnými parametry. Dále se zabývá typy na trhu běžně se vystupujícími robotů následně obecně popisuje robotické svařování a lehce nastiňuje možnosti programování.*

*Keywords: Svařovací robot, svařování, robotika, programování, automatizace, manipulátory*

## 1 Úvod

V současné době je využívání robotů pro svařování populární a rychle se rozšiřující oblastí průmyslové automatizace. Nachází uplatnění hlavně v automobilovém průmyslu, ale lze je najít například v lodním, letectevém či obraném průmyslu [7]. Svařovací roboti jsou využíváni hlavně z důvodů zvýšení kvality, produktivity, snížení celkových nákladů nebo kvůli nedostatku kvalifikovaných pracovníků (svářečů). Další jejich výhodou je lepší produktivita v pro člověka nepříjemných svařovacích podmínkách. I z těchto důvodů je robotické svařování nejpopulárnější aplikací průmyslových robotů [10].

Aplikace svařovacích robotů ve strojírenském průmyslu ušla velkou cestu od jejich prvního zavedení v šedesátých letech minulého století [12]. Například v letech 2010 až 2013 bylo celosvětově uvedeno do provozu více než 600 000 průmyslových robotů [10]. Předpokládá se že 20% z celkového množství nasazených průmyslových robotů je využito právě pro svařování [7].

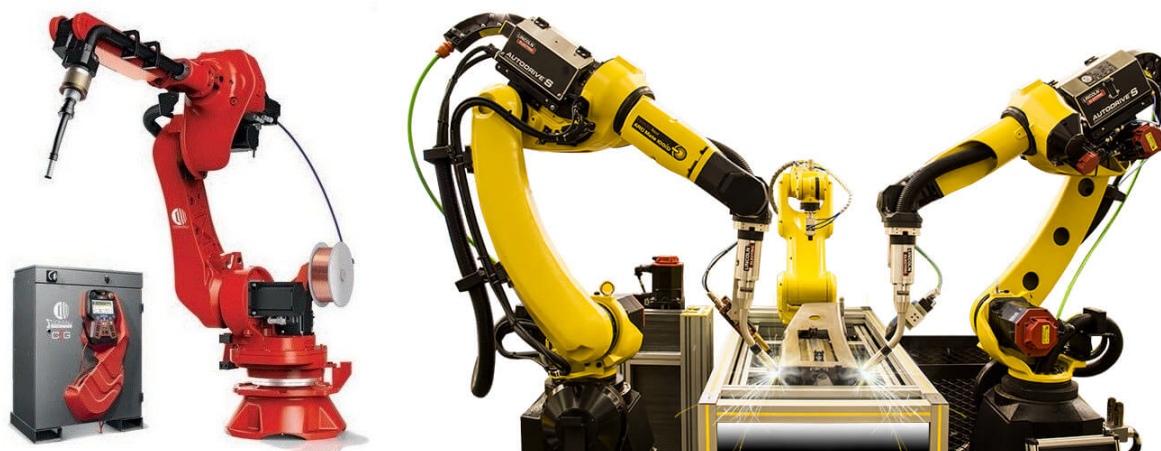


Figure 1: Příklady svařovacích robotů

## 2 Typy a parametry svařovacích robotů

Základní svařovací robot se skládá ze dvou subsystémů [10]. Prvním subsystémem je samotné svařovací zařízení, které dodává energii ze zdroje na obrobek. Tím druhým je samotným robot, který zajišťuje správné polohování a natočení svařovací hlavy. K polohování robot využívá 3-osé spodní rameno a 3-osé svařovací zápěstí, které umožňují dosažení všech potřebných poloh pro 3-rozměrné svařování. Tento typ robotů bývá označován jako 6-osý. Lze se setkat i roboty 7-osými, sedmá osa (osa E), umístěná ve spodní části ramene, což zajišťuje lepší přístup hořáku do úzkých míst a umožňuje robotovi snadno dosáhnout na obě strany obrobku [1].

V dnešní době, lze na trhu najít velké množství průmyslových robotů určených nebo umožňujících využití ke svařování. Často se jedná o univerzální programovatelné průmyslové roboty manipulátory s možností využít různé, v tomto případě svařovací, hlavy. Tyto roboty lze rozdělit podle mnoha různých kritérií, nejčastější je dle využívané metody svařování. Existují tedy roboti určené pro obloukové svařování v ochranné atmosféře, odporové bodové svařování či svařování pomocí laserového paprsku [9]. Další běžně uvažované parametry svařovacích robotů jsou velikost, dosah ramene, užitečné zatížení a podobně.

Výrobou svařovacích robotů se zabývají například firmy ABB, FANUC, KUKA, Motoman a mnoho dalších. V katalogích těchto firem, lze běžně najít roboty doporučené pro obloukové svařování či bodové svařování [4, 6]. Parametry těchto robotů se pohybují: užitečné zatížení od 2 do 30kg, ochranná třída IP 65 (popř. IP 67, IP 69), dosah ramene zhruba od 1000mm do 3500mm, repeatability od  $\pm 0.01$  do  $\pm 0.03$ . Pro komunikaci se běžně využívá Profibus, DeviceNet, CANopen, Ethernet/IP nebo seriové kanály [10].

Většina dnes nabízených robotů je multifunkční. Kromě svařování je využit i na jiné práce například na manipulaci, měření, řezání, lepení, montáž a další [6].



Figure 2: Příklad robotického ramene

## 2.1 Roboti určené pro obloukové svařování

Obloukové svařování patří mezi metody tavného svařování. Svařovací zdroj generuje elektřinu potřebnou k vytvoření elektrického oblouku mezi elektrodou a základním kovem.

Jednotlivé technologie obloukového svařování v ochranné atmosféře využívaného svařovacími roboty se rozlišují podle druhu elektrody a ochranného plynu. Z tohoto hlediska pracujeme běžně s metodami WIG, MIG a MAG [2]. Mezi výhody obloukového svařování patří možnost svařovat různé kovy bez ohledu na tloušťku nebo umístění [8]. Vytváří také velmi odolné svary.



Figure 3: Příklad 6-osého a 7-osého svařovacího robota

## 2.2 Roboti pro bodové odporové svařování

Odporové bodové svařování se liší od obloukového svařování, které je formou svařování v kapalném stavu tím, že robotické bodové svařování zahrnuje spojování kovů v pevné formě. Při bodovém svařování jsou kovové obrobky k sobě přitlačovány, elektrický proud vytváří odpor obrobků, který způsobí jejich zahřátí a trvalé spojení [9]. Na rozdíl od obloukového svařování jsou bodové svary soustředěny na malou oblast obrobku. Vzniklý svar (bod) je pak přibližně stejně velký jako plocha konců elektrod.

Bodové svařování se používá na výrobu překládaných spojů dílců z tenkého plechu, tloušťky běžně do cca 2,5–3 mm, i když bodově svařovat lze výjimečně i tloušťky větší. Ze všech metod odporového svařování se pravděpodobně používá v nejširší míře [11].



Figure 4: Příklady bodových svařovacích robotů

### 3 Obecný popis robotického svařování

Robotické svařování je náročnou kombinací svařování, robotiky, senzorové technologie, řídicích systémů a umělé inteligence. Snímací technologie určené pro svařování a jeho automatizaci jsou základními prvky umožňujícími tuto požadovanou úroveň řízení. Sensory se používají ke sledování a měření parametrů procesu a fungují jako zdroje vstupů do řídicího systému. Získáváním a analýzou vstupních informací ze snímačů řídicí systém upravuje výstup robotizovaného svařovacího procesu v souladu s definovanými specifikacemi svařovacího postupu [10].

Většina svařovacích robotů však patří do kategorie tzv. "teach-and-playback" [11]. To znamená, že robot je naprogramován (naučen) na určitou činnost, kterou poté provede. Tento typ svařovacích robotů má dva závažné nedostatky. První z nich je, že roboty tohoto typu vyžadují značnou dobu nastavení. Není agilní, aby mohl sledovat vývojové potřeby moderní průmyslové automatizační výroby. Dalším problémem je, že roboty tohoto typu se nemohou samy korigovat, aby se přizpůsobily stavu obrobků v průběhu svařování. Nemůže se tedy přizpůsobit změnám způsobeným deformací způsobenou nerovnoměrným rozložením tepla, proměnlivostí svarové mezery, odstupňováním hran atd. Změna polohy svarového švu, pokud není korigována, může ovlivnit kvalitu svařování. Proto, aby se vyhovělo rozvíjející se potřebě moderní průmyslové automatizované výroby, je pro robotické svařování nezbytné sledování svarového švu v reálném čase [5].

#### 3.1 Programování svařovacích robotů

Programování průmyslových robotů je založeno na ukládání informací o poloze, pohybu technologické hlavice a technologických parametrech procesu do paměti stroje. Vlastní proces programování vzniká přesnou definicí sledů úkolů, které jsou doplněny o informace důležité pro daný proces svařování. Tyto sledy úkonů jsou zapsány pomocí programovacího algoritmu do NC nebo CNC kódu, který vytvoří řídicí program [3]. Program se po vytvoření uloží na přenosné médium anebo do paměti zařízení, pro následné využití. Vytvoření programu může probíhat v nějakém softwaru určeném pro programování a simulaci robotů, případně pomocí teach pendantu (ovládacího zařízení pro robota) kdy naučíme robota trajektorii, kterou chceme aby využil a následně doladíme ostatní parametry.



Figure 5: Příklady teach pendantů

## 4 Závěr

Průmyslový roboti a manipulátory jsou dnes velmi perspektivní z hlediska výroby a její automatizace. Umožňují firmám větší konkurenceschopnosti, zvyšují rychlost výrobních procesů i přesnost výrobků. Svařování je jedna z oblastí, která díky využití robotů velmi zvýhodněna a proto je také jejich nejrozšířenější aplikací. Využití robotů ve velkosériových výrobních linkách umožňuje nahrazení většiny dělníků. Pracovníci v kontrolních centrech pouze řídí a dohlíží nad správným fungováním plně automatizovaných výrobních procesů a snaží se předejít výpadkům výroby, které by mohli způsobit firmě nemalé ztráty.

## References

- [1] AUTOMATE.ORG. Motoman 7-axis va1400 “versatile arc” welding robot: Ideal for high-density layouts [online], 2009. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://www.automate.org/news/new-motoman-7-axis-va1400-versatile-arc-welding-robot-ideal-for-high-density-layouts>.
- [2] BUTEK, P. *Svařovací technologie pro robotizované svařování*. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojího inženýrství, 2008. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/handle/11012/16769>.
- [3] DOLEŽEL, J. *Svařovací přípravek pro robotické svařovací pracoviště*. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojího inženýrství, 2014. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/handle/11012/32461>.
- [4] FANUC. Katalog robotů [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://www.fanuc.eu/cz/cs/roboty/stránka-filtru-robotů>.
- [5] KOHÚT, J. *Aplikace průmyslových robotů v oblasti svařování*. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojího inženýrství, 2009. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/handle/11012/11418>.
- [6] KUKA. Katalog průmyslových robotů [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/en-us/products/robotics-systems/industrial-robots>.
- [7] PAUL, K. *Advancements in intelligent gas metal arc welding systems: fundamentals and applications*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2016. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/C2019-0-04191-X>.
- [8] PETLACH, T. *Současné možnosti a trendy pro svařování průmyslovými roboty*. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojího inženýrství, 2011. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/handle/11012/5610>.
- [9] PIRESA, J. N., LOUREIRO, A., AND BÖLMSJO, G. *Welding Robots: Technology, System Issues and Applications*. Emerald Group Publishing Limited, 2006. [cit. 2022-03-05].
- [10] TWI-GLOBAL. Robotic arc welding [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/robotic-arc-welding-135>.
- [11] YANLING, X., NA, L., GU, F., SHAOFENG, D., WENJUN, Z., ZHEN, Y., AND SHANBEN, C. Welding seam tracking in robotic gas metal arc welding. *Journal of materials processing technology* 248 (2017), 18–30. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924013617301607>.
- [12] ŠUBA, M. *Návrh svařovací buňky*. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojího inženýrství, 2019. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/handle/11012/176749>.