

Automatizace (nejen) vstřikovacího procesu pomocí kolaborativního robotu Universal Robots

Co je kolaborativní robot? Proč je tato cesta budoucnost?
Ukázka nasazení, ekonomické výhody.

Úvod:

Dnešní doba dospěla v oblasti výrobních procesů, automatizace a robotiky do fáze, kdy mechanicky, elektricky i softwarově mohou vznikat velmi sofistikované systémy pro automatizaci. Současně ruku v ruce vzrostly požadavky na kvalitu výroby a výrobu v co nejkratších cyklech. Zejména to platí pro procesy na vstřikovacích strojích.



Moderní robotika pro vstřikovací stroje tedy využívá 2 základních typů robotů

- A/ Lineární manipulátory** – výhodou je jednoduché programování, jednoduché lineární pohyby na dlouhé vzdálenosti!, ekonomičtější a levnější pro jednoduché aplikace typu „Pick and place“, jednoduše zaimplementovaná ochrana formy a vyhodnocení pozice v prostoru. Nevhodné je použití pro složitější aplikace, kdy nasazení dalších rotačních os velmi snižuje nosnost robota a výrazně jej zdražuje.
- B/ Víceosé (6-ti) roboty** – lze využít pro složitější aplikace s relativně krátkým dosahem a limitovanou nosností, složitější integrace (ochrana formy světelnou bránou), velmi výhodné v okamžiku, kdy je nutné využít rotační pohyby ve formě nebo mimo ni. Nevýhodou snížení nosnosti u dlouhých koncových prvků (chapadlech).

Pozn. Dříve využívané pneumatické roboty jsou již na ústupu (v ČR používané pouze jako jednoduché „tahače vtoků“ zejména u menších vstřikolísů). Ale pro spoustu jednoduchých aplikací to může být stále velmi ekonomické řešení. Další typy robotů jako Scara nebo Delta se pro obsluhu vstřikolísů nehodí a takto se ani nevyužívají.

Většina nových vstříkolisů je již připravena na instalaci robota – jak lineárního nebo šestiosého. Standardizované rozhraní mezi robotem a vstříkolisem určují tyto technická doporučení Euromap:

E67 – elektrické rozhraní pro komunikaci robota a vstříkolisu

E18 – mechanické rozhraní pro montáž robota

Kolaborativní robotika

Na světě je cca 13 výrobců robotů, kteří nabízejí kolaborativního robota. Každý z výrobců na to jde ovšem svou vlastní cestou.

Všichni výrobci přibližující se oblasti kolaborativních robotů uvádějí, že uvedli na trh „PRVNÍ SKUTEČNĚ SPOLUPRACUJÍCÍ ROBOT NA SVĚTĚ“. Z toho je jasné, že vymezení pojmu kolaborativní robot je velmi obtížné a individuální.

Kolaborativní robot = robot, uzpůsobený pro spolupráci s lidmi nebo lidi nahrazující. Má řešenou bezpečnost tak, aby nezranil, případně v extrémních případech způsobil bolest pouze „dovoleným způsobem“.

V současné době není legislativa v této oblasti zcela jednoznačná a celý obor kolaborativní robotiky tak trochu předběhl svou dobu. Aplikace pro kolaborativní roboty existují, firmy tuto možnost automatizace žádají a mají pro ni uplatnění, ekonomicky to dává smysl, ale není určeno, jak by měl kolaborativní robot reagovat při případném kontaktu s člověkem. Tím pádem každý z výrobců přistupuje k tomuto oboru různými způsoby.

Dnešní doba v kolaborativní robotice je přirovnávána k době v počátcích automobilismu. Když vznikly první automobily, legislativa přikazovala, aby tato čerstvá novinka byla bezpečná pro lidi. Řešil to člověk s červeným praporem, který šel před autem a zajišťoval „bezpečnost“ odháněním lidí z dráhy.

U kolaborativních robotů je situace podobná. Legislativa upravující bezpečnost klasických šestiosých robotů by tuto oblast okleštila tak, že veškerá kolaborace zmizí a nebude mít smysl. Proto vznikl návrh normy ISO TS 15066, který již částečně tuto oblast upravuje. V současnosti pouze jako návrh a např. v ČR nejsou ani normy, natož návrhy norem závazné. Proto v této oblasti existuje určité „bezvládlí“.

Universal Robots - Historie 2003

Tři zakladatelé společnosti, Esben Østergaard, Kasper Støer a Kristian Kassow, se setkávají na univerzitě v Odense v jižním Dánsku. Společně přicházejí na nápad vytvořit lehkého robota, který se bude snadno instalovat a programovat. Zároveň analyzují speciální požadavky na roboty v potravinářském průmyslu. Zjišťují, že robotice vládne těžcí, nákladní a těžkopádní roboti a že existuje poptávka po uživatelsky příjemnějším provedení.

2005

Společnost Universal Robots byla oficiálně založena v roce 2005 s cílem zpřístupnit robotickou technologii malým a středně velkým podnikům. Založení společnosti bylo možné díky investici firmy Syddansk Innovation.

2008

Dánský státní investiční fond byl přesvědčen o potenciálu společnosti Universal Robots a připojil se k manažerskému týmu a firmě Syddansk Innovation s další investicí do společnosti.

2009

Jsou prodány první výrobky distributory v Dánsku a Německu. Prvním výrobkem společnosti Universal Robots se stalo UR5, šestiosé kloubové robotické rameno, které vyvolalo revoluci na trhu průmyslových robotů. UR5 váží 18 kg, má zvedací kapacitu max. 5 kg a pracovní dosah 85 cm.

2010

Společnost Universal Robots rozšířila podnik do celé Evropy.

2011

Universal Robots vstupuje na asijský trh a zakládá místní kancelář v Číně.

2012

Universal Robots uvádí na trh UR10. Tento robot se zvedací kapacitou 10 kg a dosahem 130 cm se zaměřuje na větší úkoly. Společnost rovněž zakládá pobočku v USA se sídlem v New Yorku. Po celém světě je nainstalováno a pracuje celkem 1 600 robotů UR.

2013

Universal Robots zakládá novou pobočku v Šanghaji a také distribuční síť v Jižní Americe a Oceánii.

2014

Společnost se stěhuje do nového sídla na Energivej v Odense a rozšiřuje svou výrobní plochu na ohromných 12 000 m². Na veletrhu AUTOMATICA v Mnichově je představena třetí generace lehkých robotických ramen UR5 a UR10 s mnoha novými funkcemi.

Universal Robots rovněž zakládá pobočku v Barceloně.

S osmi novými konfigurovatelnými bezpečnostními funkcemi jsou robotická ramena Universal Robots jedinými zařízeními tohoto typu na světě, u nichž lze inteligentně přizpůsobit pokročilé bezpečnostní funkce specifickým aplikacím.

Po celém světě je nainstalováno přes 3500 robotů UR.

2015

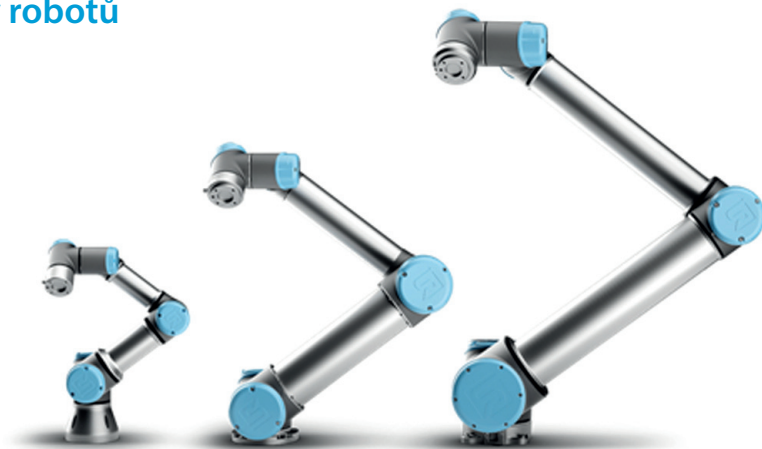
V Singapuru je otevřena nová dceřiná společnost UR pro asijsko-pacifický region (APAC).

Universal Robots představuje model UR3 – nejflexibilnější, nejlehčí stolní robot na světě určený pro práci bok po boku s lidmi. Nový robot s manipulačním zatížením 3 kg pro lehké montážní práce a automatizované činnosti na pracovních stolech je představen na veletrzích v Šanghaji, Chicagu a Hannoveru.

Společnost Universal Robots je koupena společností Teradyne za 285 milionů dolarů. Společnost Teradyne je špičkovým dodavatelem automatizovaných zkušebních zařízení používaných k testování polovodičů, bezdrátových výrobků, datových pamětí a komplexních elektronických systémů. Společnost v současné době zaměstnává přibližně 3 800 lidí po celém světě. Společnost Universal Robots pokračuje v činnosti pod stejným managementem, přičemž fideletství UR, výzkum a vývoj i výrobní závody zůstává v Dánsku. Další informace o společnosti Teradyne si můžete vyhledat na www.teradyne.com.



Typy robotů



• UR3

Nosnost 3 kg, dosah 500 mm.

Hmotnost 11 kg, opakovatelná přesnost $\pm 0,1$ mm.

Spotřeba el. energie min. 90 W, typicky 125 W, max. 250 W.

Stupeň krytí IP 64, rozsah pohybů na všech kloubech $\pm 360^\circ$.

• UR5

Nosnost 5 kg, dosah 850 mm.

Hmotnost 18,4 kg, opakovatelná přesnost $\pm 0,1$ mm.

Spotřeba el. energie min. 90 W, typicky 150 W, max. 325 W.

Stupeň krytí IP 54, rozsah pohybů na všech kloubech $\pm 360^\circ$.

• UR10

Nosnost 10 kg, dosah 1300 mm.

Hmotnost 28,9 kg, opakovatelná přesnost $\pm 0,1$ mm.

Spotřeba el. energie min. 90 W, typicky 250 W, max. 500 W.

Stupeň krytí IP54, rozsah pohybů na všech kloubech $\pm 360^\circ$.

Technické možnosti vycházejí z vlastností jednotlivých velikostí robotů Universal Robots. Společné pro všechny velikosti je:

- Opakovatelná přesnost $\pm 0,1$ mm,
- Certifikace TUV Nord, EN ISO 13849:2008 PLd, EN ISO 10218-1:2011, Clause 5.4.3
- Kontrolní skříň s dotykovým displayem 12", stupeň krytí IP20.
- 16+16 digitálních vstupů/výstupů 24 VDC v řídicí skříni.
- TCP/IP 100 MBit, Modbus TCP, Profinet, EthernetIP
- Napájení 100-240 VAC, 50 – 60 Hz.

Universal Robots nabízí všem zákazníkům veškeré podklady a podpůrné nástroje ZDARMA. Zaškolení pro České zákazníky v Praze je také ZDARMA.

Pozn. Pro aplikace na vstříkolisech je možné (nutné) vybavit robota opcí Euromap 67 pro komunikaci se vstříkovacím strojem.

Bezpečnost v podání Universal Robots

Universal Robots řeší problematiku bezpečnosti tak, že robot má několik úrovní bezpečnostního nastavení. Při pohybu je schopen vyhodnocovat působení vnějších sil a na základě bezpečnostního nastavení se dle toho chovat. Změnou úrovně bezpečnosti se robot chová buď „bezpečněji“, tj. na místech s pohybem obsluhy jsou rychlosti a kinetické energie jsou sofistikovaným způsobem omezeny. Nebo na místech s bezpečným rychlým pohybem (mimo pohyb obsluhy), lze nastavením robota zrychlit, zkrátit cykly, při snížení citlivosti k vnější síle.

Důležitým nastavením v robotu pro jeho správnou funkci v bezpečnostním režimu je zadání správné hmotnosti a polohy těžiště. Tím je robot schopen rozlišit, zda síla vznikající při pohybu daným zrychlením a danou rychlostí je vnější síla od člověka (nebo překážky), či je to pouze zatížení dané uchopovačem příp. výrobkem. Nastavení lze v průběhu programu měnit (když máme uchopovač s hmotností 2 kg a vezmeme díl o hmotnosti 5 kg, tak lze v okamžiku uchopení tyto poměry přenastavit). Bezpečnostní režim lze také přepínat v průběhu cyklu, tzn.

V určité oblasti lze využívat nastavení s plnou rychlostí, v oblasti možného výskytu lidí pak zabezpečený (people friendly) režim.

Tento způsob řízení bezpečnosti je dlouhodobě opakovatelný a udržitelný. Řešení např. bezpečnostními skenery, gumovým obložením robota, senzorickou kůží, očním kontaktem s očima na obrazovce atd. zatím nedává dlouhodobě kvalitní výsledky.

Analýza rizik

Důležitým prvkem bezpečnosti potom koncový nástroj jeho konstrukce. Robot samotný je certifikovaný z hlediska bezpečnosti. Pro celkovou bezpečnost pracoviště je důležitý způsob integrace (umístění atd.) a koncový prvek (chapadlo). Pro vysokou bezpečnost je nutné pro každou aplikaci vytvořit tzv. analýzu rizik, kde jsou možné způsoby kontaktu s člověkem shrnuty a vyhodnoceny z hlediska bezpečnosti.

Zajímavou funkcí robotů Universal robots je režim Freedrive. Je to možnost odbrzdít a uvolnit všechny osy při programování tras tak, že lze volně rukou přesouvat robota z pozice do pozice a tím naučit danou trasu. Tím se zjednodušuje a urychluje programování robota. Další nepřímým důsledkem kolaborace robota je možnost jezdit na vymezené dráze přesně kontrolovanou

silou. Díky tomu lze například kontrolovat a vyhodnocovat proces zakládání zálsků, ve chvíli, kdy zálssek netrefí do správné pozice, robot vyhodnotí velkou sílu a přejede zpět do počáteční pozice. Velmi ceněnou funkcí pokus o několikanásobné založení (programovatelné). Takto může robot vyzkoušet založení několikrát, dokud se nepovede.

Hlavní uplatnění kolaborativních robotů je primárně na montážní práce. Sekundární nasazení je pro vstříkolisy, kdy možné s výhodou využít unikátní vlastnosti kolaborativních robotů Universal Robots:

- Aplikace, kde člověk nemůže z bezpečnostních nebo procesních důvodů zasahovat do cyklu
- Aplikace, kde kolaborativním robotem nahradíme stereotypní a opakují se činnosti člověka.

Kolaborativní robot u vstříkolisu

A/ Pro uplatnění na vstříkolisech dává smysl usazení robota „nahoře na lise“, jelikož tím jsme schopni zajistit bezpečnost obsluhy vstříkolisu relativně jednoduše. Zároveň se tím zvětšuje velikost bezpečné zóny s maximální rychlostí pohybu. Robot při vyjímání výlisků zajíždí do vstříkolisu chráněného bezpečnostními dveřmi. V oblasti mimo vstříkolis (odkládání na dopravník) pak může jet v kolaborativním režimu a neohroží obsluhu. V případě nutnosti stříhat vtoky lze stříhací stanici umístit nahoru nad vstříkolis do bezpečné zóny, kde člověk nemá přístup. Nebezpečné činnosti jsou tedy vykonávány mimo dosah člověka a robot může přijít do kontaktu s člověkem pouze v „bezpečné“ oblasti. Robot může pracovat BEZ oplocení.

- **Výhody** – díky lehké konstrukci robot neovlivní vstříkolis, instalace nahoru na vstříkolis je velmi snadná, velmi jednoduché programování, malé zástavbové rozměry robota i řídicí skříň.
- **Technická omezení** - vzhledem k dosahu se hodí na malé a střední vstříkolisy, nosnost robota klesá s vysazením uchopovače od příruby. Při umístěním na vysoké vstříkolisy je nutné řešit odkládací výšku např. šikmým dopravníkem.

B/ Další možností je umístit robota za (nebo před) vstříkolisem. V této pozici je nutné zajistit otevřené dveře vstříkolisu a musí být instalováno bezpečnostní oplocení. Oplocení je potřeba nikoliv kvůli robotu, ale kvůli bezpečnosti vstříkolisu. Tím se ztrácí určitá ekonomická výhoda jako v případě umístění na lise, kde není nutné použít bezpečnostní oplocení.

- **Výhody** – lze použít i na větší vstříkolisy, není problém s odkládací výškou.
- **Omezení** – nutno zajistit otevřené dveře vstříkolisu a přidat bezpečnostní oplocení.

Př. 1 / Aplikace kolaborativního robota při vyjímání výlisků.

Původní takt s operátorem 55 s, nový takt s kolaborativním robotem 35 s. Operátor pouze odebírá díly z pásu a balí do beden.

Přínosy – lehká a levná konzola, jednoduchá a rychlá instalace, zrychlení taktu, možnost řešit složité pohyby při odběru díky 6 kloubům, není použito bezpečnostní oplocení, zrychlení taktu o cca 35%. Odnětí většiny stereotypních a únavných činností operátora (vyjímání výlisků, otvírání a zavírání dveří, ořez vtoků). Vyřešení odběru dílů, který by lineárním robotem nebyl možný (rotace dílů při vyjímání ve formě).

Př. 2 / Ekonomická návratnost při nahrazení operátora ve výrobní lince:

- Roční náklady na 1 operátora cca 300 000 Kč
- Směnnost 1x.
- Cena robota včetně vybavení a integrace (od 25 000 EUR do 35 000 EUR dle typu, vybavení a náročnosti aplikace), zde použijeme průměrnou hodnotu 30 000 EUR = 810 000 Kč.
- Hrubánávratnost = 2,7 roku

Přínosy – stabilita cyklu, přesnost, opakovatelnost, zkrácení cyklů.

Př. 3 / Ekonomická návratnost při nahrazení operátora ve výrobní lince:

- Roční náklady na 1 operátora cca 300 000 Kč
- Směnnost 3x.
- Cena robota včetně vybavení a integrace (od 25 000 EUR do 35 000 EUR dle typu, vybavení a náročnosti aplikace), zde použijeme průměrnou hodnotu 30 000 EUR = 810 000 Kč.
- Hrubá návratnost = 0,9 roku = cca 11 měsíců

Přínosy – stabilita cyklu, přesnost, opakovatelnost, zkrácení cyklů.



Trendy v kolaborativních robotech u jiných výrobců a do budoucnosti

Tak jako v klasické robotice se do oblasti kolaborativních robotů dostávají moderní prvky umělé inteligence, internet věcí apod. Trendy směřují k uplatnění strojního učení v řídicích systémech kolaborativních robotů, dále využití nejmodernějších bezpečnostních senzorů a skenerů, citlivých momentových senzorů a také např. citlivých materiálů na povrchu robota. Zajímavá oblast uplatnění kolaborativního režimu je v přímém kontaktu s lidmi v oblasti rehabilitace, kde robot pomáhá a nahrazuje lidské asistenty.



Aplikace kolaborativních robotů UR v klientů v ČR



Linaset a.s.

<http://video.universal-robots.com/linaset>



Attl spol. s.r.o.

<http://video.universal-robots.com/attl-a-spol>

Více ukázek reálných aplikací je možné nalézt na www.universal-robots.com

Aplikace kolaborativních robotů UR na vstřikolisech v rámci ČR

Kasko s.r.o.

Universal robots UR10 umístěný na lehké hliníkové konstrukci na vstřikolise. Zajiždí do vstřikolisu shora, vyjímá výlisky. Následně zajiždí do stříhací stanice, odjíždí nad pás, odkládá zvlášť výlisky a zvlášť vtoky.

Specifika: - ventilový terminál umístěn na 3. rameni robota, umístěn na vysokém vstřikolise. Odkládací výška řešena šikmým dopravníkem, stříhání vtoků umístěno v bezpečné výšce nad vstřikolise.



Obrázek 1 stříhání zbytku po vtoku nad strojem

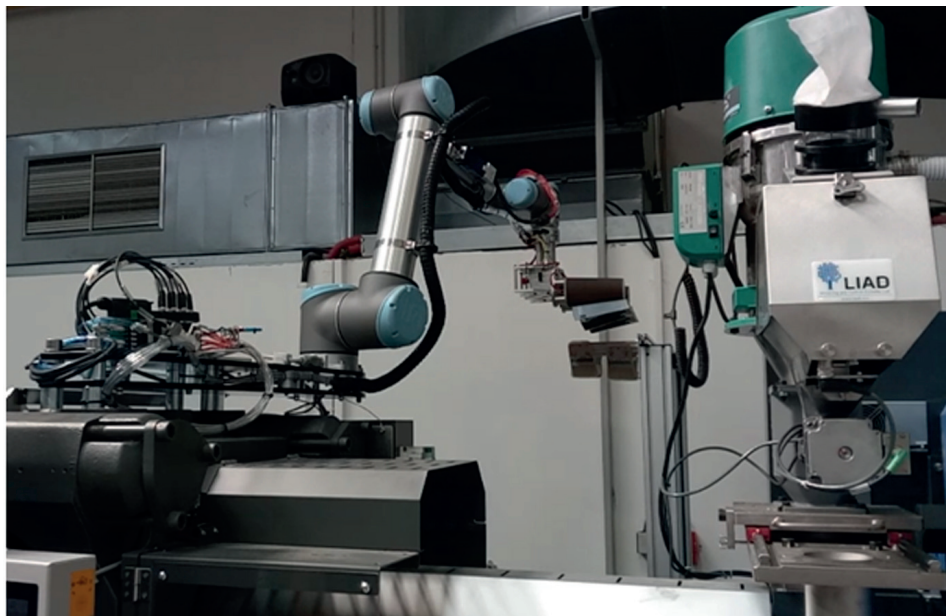
2D&S s.r.o.

V současné době v realizaci. Robot UR10 odebírá etikety ze zásobníku (postupně první, po ní druhou). Zajiždí do stanice pro uhlazení etiket na základacím kopytě. Jede do vstřikolisu, zakládá obě etikety najednou (nabíjí pomocí elektrostatického náboje těsně před vyjetím z formy) a odkládá výlisky do stohů na dopravník.

Specifika - elektrostatické nabíjení etiket, ventilový blok u paty robota, uhlazování etiket kartáči

Zhodnocení a závěr:

V oblasti kolaborativních robotů dochází k velmi dynamickému růstu, jelikož tato zařízení zaplňují „díru na trhu“, a jsou doplňkem tradičních robotů. Ve vhodných aplikacích pak kolaborativní roboti nabízejí uživatelům technicky vhodnější řešení, jednodušší implementaci příp. daleko rychlejší návratnost. Kolaborativní jsou moderní, progresivní téma a začínají se objevovat jako doplněk výrobní řady i u tradičních výrobců. Ke kolaborativním funkcím využívají



nové technologie typu moderních prvků umělé inteligence, internetu věcí apod. Trendy tedy směřují k uplatnění strojního učení v řídicích systémech kolaborativních robotů, dále využití nejmodernějších bezpečnostních senzorů a skenerů, citlivých momentových senzorů a také např. citlivých materiálů na povrchu robota. Tato oblast robotiky vykazuje velmi dynamický růst a Universal Robots se svou ucelenou řadou je hlavním tahounem růstu prodeje v oblasti kolaborativních robotů.

Vysvětlivky:

Euromap = evropská organizace pro standardizaci vstřikovacích strojů pro plast a gumu

Vstřikolis = horizontální vstřikovací stroj = IMM, SGM, VSS apod.

Uchopovač = EOAT = End of arm tooling = chapadlo, hlava, koncový efektor, apod.

Zdroje a odkazy:

Universal Robots: www.universal-robots.com

MP Line s.r.o.: www.mpline.cz

JSW machines: www.jswmachines.cz

Euromap: www.euromap.org

Autor: Ing. Petr Zemánek

MP Line s.r.o.