



Funkční vzorek pro automatické svařování Nové generace šikmé schodišťové sedačky - CZ.01.01.01/01/22_002/0000345-V2			
ROK: 2025	Projekt: CZ.01.01.01/01/22_002/0000345	REVIZE Č.: 1	DATUM: 17. 12. 2025
Automatické svařování Nové generace šikmé schodišťové sedačky			
Program: Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost			
Veřejná soutěž: 1. veřejná soutěž programu APLIKACE			
Hlavní příjemce:	ALTECH, s.r.o.		
Další účastník:	LAMBERT, s.r.o. Vysoké učení technické v Brně		
Tvůrci zprávy: Ing. Jan Vetiška, Ph.D. (VUT v Brně) Ing. Mikuláš Szbari, Ph.D. (VUT v Brně)			





Anotační list

Název výsledku česky:	Automatické svařování Nové generace šikmé schodišťové sedačky
Název výsledku anglicky:	Automatic welding of the new generation of inclined stair seat
Označení výsledku:	CZ.01.01.01/01/22_002/0000345 -V2
Typ výsledku dle RIV:	G _{funk} – Funkční vzorek
Pracoviště:	Vysoké učení technické v Brně
Jméno autorů zprávy:	
Číslo a název projektu:	CZ.01.01.01/01/22_002/0000345 – Nová generace šikmé schodišťové plošiny
Rok:	2025
Rozsah práce:	15 stran, 12 obrázků
Klíčová slova česky:	robot, zdroj svařovacího proudu, polohovadlo, svařování
Klíčová slova anglicky:	robot, source of welding current, positioner, welding
Anotace česky:	Vytvořený funkční vzorek představuje automatizované robotické pracoviště pro svařování nosných vodičích konstrukcí šikmých schodišťových plošin. Sestává z průmyslového robotu se svařovacím agregátem, polohovadla svařence a senzoru pro automatickou korekci dráhy svaru. Robot zajišťuje přesné vedení dráhy i u složitých geometrií, polohovadlo umožňuje natočení konstrukce do technologicky vhodných poloh a senzorický systém průběžně koriguje trajektorii podle skutečné polohy svarové spáry. Funkční vzorek tak demonstruje možnosti adaptivního robotického svařování se zvýšenou opakovatelností a kvalitou svarů při snížených nárocích na ruční zásahy.
Anotace anglicky:	The developed functional prototype is an automated robotic workstation for welding load-bearing guide structures of inclined stair platforms. It consists of an industrial robot with an integrated welding power source, a workpiece positioner and a sensor for automatic weld path correction. The robot ensures precise path tracking even for complex geometries, the positioner enables orientation of the structure into technologically suitable positions, and the sensor system continuously corrects the trajectory according to the actual weld seam location. The prototype demonstrates the potential of adaptive robotic welding with increased repeatability and weld quality while reducing the need for manual intervention.
Místo uložení výsledku:	Vysoké učení technické, FSI, Technická 2896/2



Licence a využití

Výstup naplňuje podstatu obchodního tajemství. Proto v souladu se zněním §12a bod 2 zákona č. 130/2002 Sb. nebude zdrojový kód veřejně přístupný. K využití výsledku jiným subjektem je vždy nutné nabytí licence.



Obsah

Automatické svařování Nové generace šikmé schodišťové sedačky	0
1 Seznam autorů výsledku:.....	1
1.1 VUT v Brně:	1
2 Úvod	2
3 Technický popis funkčního vzorku.....	3
Podrobný popis	3
3.1 Fotodokumentace.....	5
Zkoušky	9
4 Plánované způsoby využití.....	10
5 Závěr	11



1 Seznam autorů výsledku:

1.1 VUT v Brně:

Ing. Mikuláš Szabari, Ph.D.
Ing. Jan Vetiška, Ph.D.
Ing. František Bradáč, Ph.D.
Ing. Josef Izák, Ph.D.
Ing. Jiří Tůma, Ph.D.



2 Úvod

Novost řešení spočívá v nasazení robotizovaného svařovacího pracoviště s automatickou korekcí svařovacích drah, určeného pro dovařování přebodovaných svarů. Tento přístup umožňuje výrazné zkrácení doby dovařování svarků díky přesně řízenému pohybu svařovacího robota a minimalizaci prostojů. Automatická korekce zároveň zvyšuje výslednou kvalitu svarů a přesnost jejich polohy, která se během dovařování vlivem tepelných deformací mírně mění. Systém průběžně upravuje trajektorii podle skutečné polohy dílu, čímž omezuje nutnost následných oprav a přebušování. Obě tyto vlastnosti vedou ke zvýšení produktivity pracoviště, snížení spotřeby materiálu a energie a v konečném důsledku také k omezení environmentálních dopadů výroby.

Funkční vzorek robotizovaného svařovacího pracoviště s automatickou korekcí svařovacích drah dále umožňuje sběr technologických (doba svařování, velikost svařovacího proudu, množství vnesené energie, spotřeba svařovacího drátu...) potřebných pro doložení k řízení o posouzení kvality svaru. Dále je pracoviště doplněné o digitální model pro vytváření a testování OLP příkazů.

Zkoušky realizované na funkčním vzorku dokazují jeho funkčnost a dosažené výsledky jsou přenositelné do průmyslové praxe.

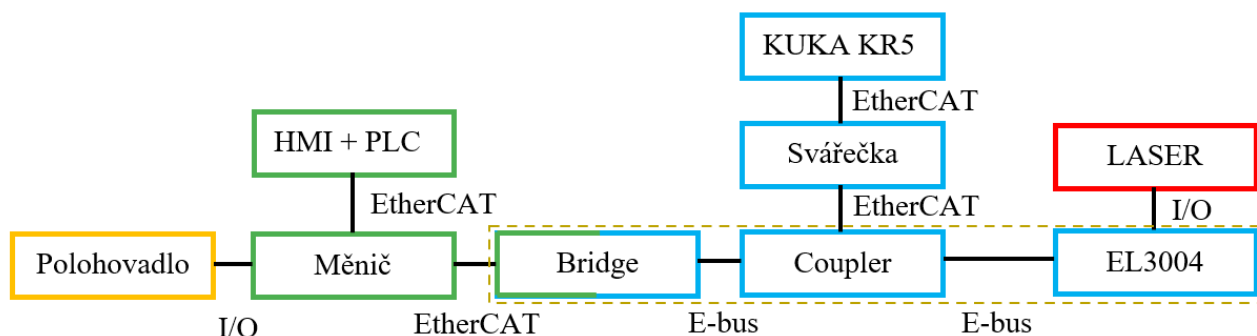
3 Technický popis funkčního vzorku

Podrobný popis

Robotické svařovací pracoviště slouží k automatickému svařování individuálních kusů s funkcí korekce svaru a natáčením svařence. Pracoviště je sestaveno z robota KUKA KR5 arc, kontroléru KUKA KR C4, svářečkou Fronius TPS 320i, hořákem MTB 350i s kolizní ochranou, svařovacím příslušenstvím Fronius, jednoosým polohovadlem HIWIN TM05 s měničem, PLC s HMI od značky Beckhoff a laserovým měřidlem KEYENCE IL-300.

Robotické pracoviště je navzájem propojené. V hierarchii je nejvýš postaven ovládací panel a PLC, který nastavuje proces svařování (počet a rozestupy svarů, pořadí svarů), vizualizuje svařenec a informuje o aktuálním stavu svařování. Tyto informace jsou přeneseny pomocí průmyslové sběrnice EtherCAT do robota KUKA KR5 arc, kde prostředníkem je bridge EL6692 od firmy Beckhoff. Robot KUKA sdělené informace zpracuje a vytvoří ze zadaných pozic program svařování. Následně je program spuštěn pomocí PLC. Na stejné sběrnici je připojen měnič pro řízení polohovadla, který si řídí robot sám. Komunikace je postavena na jednoduchém povalování pozice a uvolnění pohonu.

Robot také řídí svářečku a ta mu poskytuje zpětnou vazbu. Tato komunikace je provedené pomocí druhé sběrnice EtherCAT. Řízený parameter je číslo svařovacího programu JOB a svářečka vrací informace o vzdálenosti hořáku od svařence, svařovací parametry, potvrzuje stav kolizní ochrany, zkrat pro vyhledávání polohy a chybové stavy. Součástí vybavení je i laserový snímač, namontovaný na hořáku robota. Jeho úkol je zjišťovat vzdálenost od svařence a je napojena na periférii robota pomocí zmiňované druhé sběrnice EtherCAT, kde mezi článkem je coupler EK1100 a karta EL3004 od společnosti Beckhoff



Obr. 1. Datová komunikace robotizovaného pracoviště

Proces svařování začíná importem údajů o svařenci do PLC. Po natčení dat, je potřebné zadat počet svárů a rozestupy po délce svařence (vodící trubka schodišťového vozíku), a výběr svařovacích parametrů. Následuje odeslání dat do robota. Po zaslání je pracoviště připraveno pro svařování a stačí spustit program. Ze získaných dat si robot automaticky vytvoří trajektorie pro svařování, najetí a odjetí od svaru, vypočítá pozice polohovadla a vloží svařovací parametry do programu. Svařování probíhá postupně od prvního svaru, kde jako první se nastaví pozice polohovadla, dále si robot najede do výchozí pozice, proběhne zaměření drátovou metodou nebo



laserovou metodou, robot si nastaví korekce polohy svaru, daný úsek zavaří a pak od svaru odejde. Následuje druhý svar až do posledního.

Vyhledávání svaru může probíhat dvěma způsoby. Vyhledávání pomocí svařovacího drátu je iterační kontaktní metoda. Robot najede do výchozí bodu pro svařování a vysune svařovací drát, do kontaktu (zkratu). Poté se posouvá do stran, kolmě k ose svaru, a hledá místa, kde není v kontaktu. Pokud na obou stranách dochází ke kontaktu, kout svaru je nalezen a je možné začít vařit bez korekce. Pokud je jedna ze stran bez kontaktu po pohybu robota, robot se posune do strany bez kontaktu a vysune drát do kontaktu. Tato operace hledání kontaktu a vysunu drátu se opakuje do doby, než na obou stranách bude nalezen kontakt. Velikost posunu robota, se zapíše jako korekce a všechny body svařování se o danou korekce posunou.

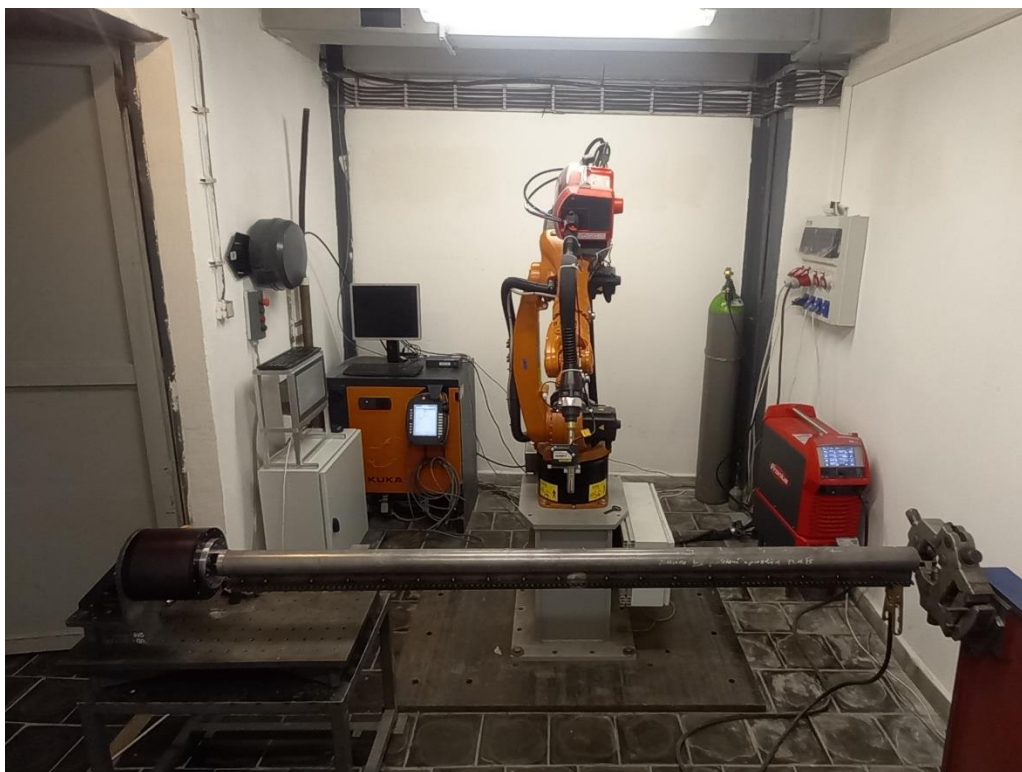
Druhým způsobem je vyhledávání kout bezkontaktní metodou, pomocí laserového bodového měřidla (délkoměr). Vyhledávání začíná najetím robota na výchozí pozici pro skenování. Dále se pohne ve směru kolmě k původnímu svaru. Po této trajektorii, robot měří vzdálenost. Nejvzdálenější naměřený bod, je kout daného sváru. Rozdíl mezi původní polohou a naměřenou polohou je výslední korekce. Délkoměr je schopen taky určit vzdálenost od sváru a korigovat hloubku svaru.

Svařovací robotické pracoviště bylo taky připraveno jako CAD model pro budoucí úpravy a doplnění.

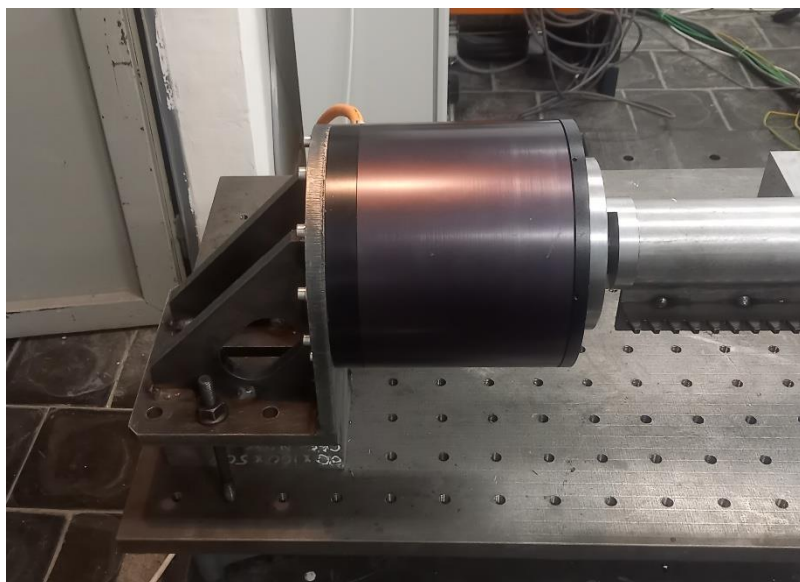
Funkce:

- Automatické svařování individuálních svařenců
- Programování ve virtuálním simulátoru
- Vyhledávání polohy svárů pomocí kontaktní metody (kontakt svařovacím drátem)
- Vyhledávání polohy svarů pomocí laserového bodové měřidla
- Automatické korekce svaru, polohy i hloubky
- Polohování svařence
- Ovládací panel pro individuální nastavení počtu a rozestupu svárů

3.1 Fotodokumentace



Obr. 2. Robotické svařovací pracoviště



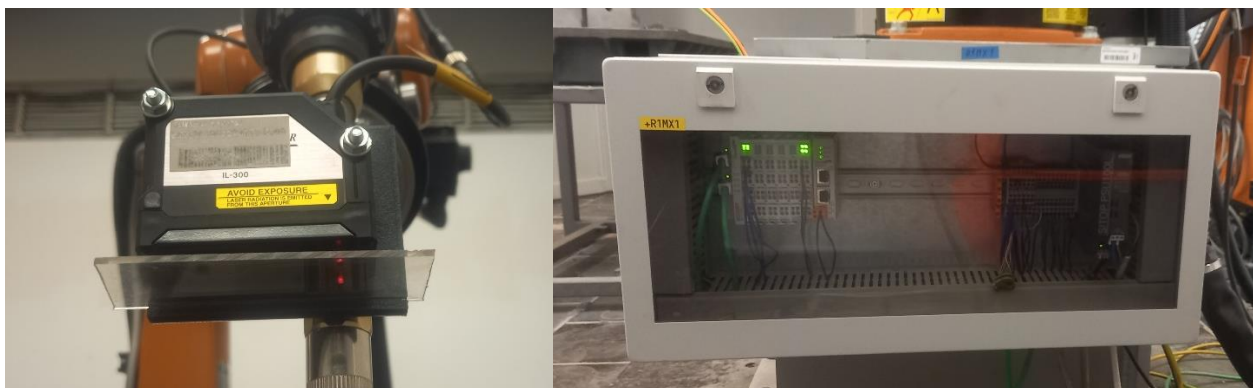
Obr. 3. Polohovadlo



Obr. 4. Kontrolér KR C4 (vlevo), HMI a PLC (vpravo)



Obr. 5. Svářečka (vlevo), svařovací stůl (vpravo)



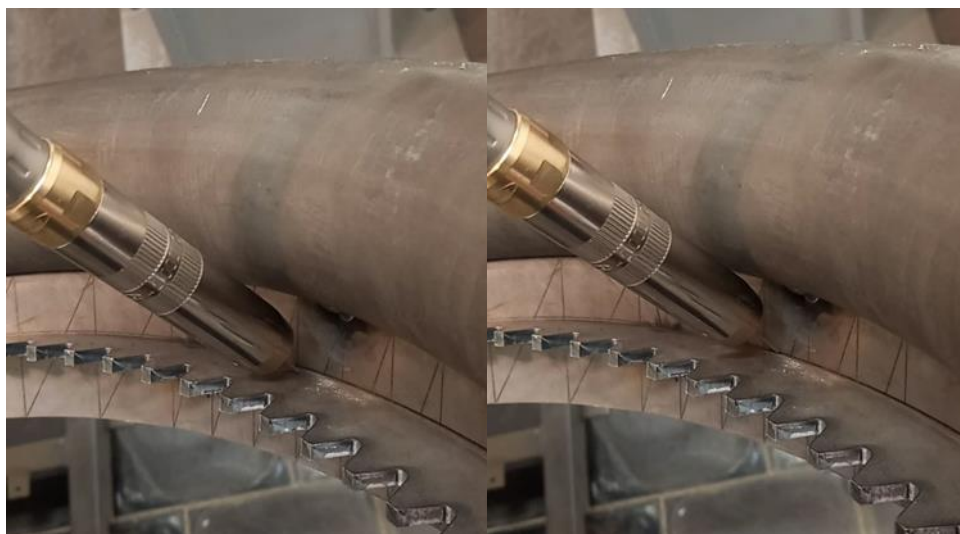
Obr. 6. Laserový měřidlo (vlevo), box s couplerem a bridgem (vpravo)



Obr. 7. Robot



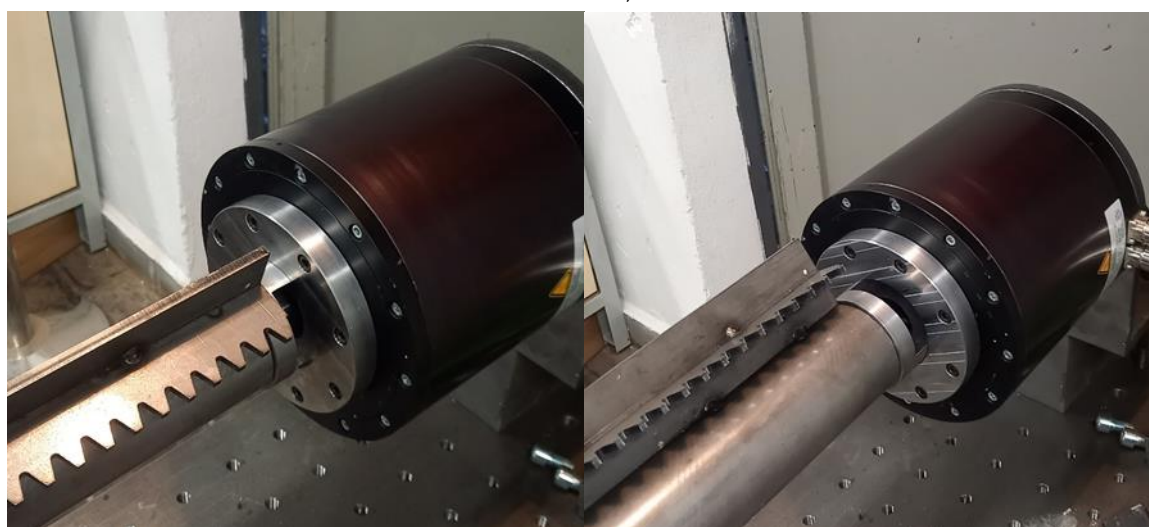
Obr. 8. Hořák



Obr. 9. Test vyhledávání koutu pomocí drátové metody (vlevo poloha bez korekce, vpravo s korekcí)



Obr. 10. Test vyhledávání koutu pomocí laserové metody (vlevo poloha bez korekce, vpravo s korekcí)



Obr. 11. Test polohovadla (vlevo pozice 1, vpravo pozice 2)



Obr. 12. Test svařování

Zkoušky

Test vyhledávání koutu pomocí drátové metody – Otestováno a funkční (Obr. 9.)

Test vyhledávání koutu pomocí laserové metody – Otestováno a funkční (Obr. 10.)

Test polohovadla – Otestováno a funkční (Obr. 11.)

Test svařování – Otestováno a funkční (Obr. 12.)



4 Plánované způsoby využití

Funkční vzorek bude využíván k testování a optimalizaci svařovacích parametrů jednak pro původce výsledku, tedy VUT, jednak jako specializovaná služba pro jiné organizace z oblasti průmyslové výroby. Umožní provádět systematické experimenty se svařovacím proudem, napětím, rychlostí postupu, typem a polohou svarů či s různými materiály a jejich tloušťkami. Výsledkem budou ověřené technologické postupy svařování, které mohou být následně přeneseny do sériové výroby u partnerských firem.

Hlavní předností funkčního vzorku je možnost automatické korekce dráhy svaru. Tato korekce umožňuje v reálném čase kompenzovat jednak výrobní a montážní nepřesnosti svařovaných dílů, jednak jejich teplotní deformace vznikající vneseným teplem v průběhu svařovacího procesu. Systém dokáže na základě snímání skutečné polohy svarové spáry upravovat trajektorii svařovacího hořáku tak, aby výsledný svar zůstal v požadované poloze a měl odpovídající tvar i průvar. Tím se zvyšuje kvalita svarů, snižuje se podíl zmetků a omezuje potřeba následných oprav.

Další významnou oblastí využití funkčního vzorku bude popularizační a edukační činnost. Studenti budou mít toto zařízení k dispozici jak v jeho digitální podobě pro off-line programování svařovacích drah v prostředí simulačních a programovacích nástrojů, tak i jako reálné fyzické pracoviště pro finální ověření a testování vytvořených robotických svařovacích programů. Tím získají praktickou zkušenost s návrhem technologií, programováním průmyslových robotů, nastavováním svařovacích parametrů i s hodnocením kvality svarů, což přispěje k lepší přípravě absolventů pro praxi v oblasti automatizace a robotizace výrobních procesů.



5 Závěr

Robotizované svařovací pracoviště bylo v rámci projektu kompletně navrženo, mechanicky sestaveno a následně zprovozněno včetně svařovací technologie a řídicího systému robota. Jeho funkčnost byla ověřena na reálných částech schodišťové sedačky, tedy na dílech odpovídajících skutečné výrobě, nikoli pouze na zjednodušených testovacích vzorcích. Na těchto komponentech byly postupně programovány a realizovány svařovací dráhy, čímž se prověřila vhodnost navržené konstrukce přípravků, přístupnost svarových míst i celková stabilita procesu.

Součástí ověřování byla také zkouška možnosti automatické korekce dráhy svaru pomocí laserového dálkoměru. Tento senzor sloužil k měření skutečné polohy svarové spáry před svařováním a na základě získaných dat byla upravována trajektorie pohybu svařovacího hořáku. Testy prokázaly funkčnost tohoto systému korekce, a tedy i schopnost kompenzovat geometrické nepřesnosti dílů či odchylky vzniklé při jejich ustavení.

Robotizované pracoviště bylo v rámci projektu „Nová generace šikmé schodišťové plošiny“ CZ.01.01.01/01/22_002/0000345 využito k systematickému testování svařovacích parametrů a k časové optimalizaci svařování vybraných dílů. Byly zkoušeny různé kombinace rychlosti pojezdu, proudu, napětí a dalších technologických parametrů s cílem dosáhnout požadované kvality svaru při co nejkratším čase svařování. Výsledkem těchto zkoušek jsou doporučené parametry a technologické postupy, které mohou být využity při zavádění automatizovaného svařování do sériové výroby.