

ná pohyblivá zrcadla nebo čočky. To zvyšuje spolehlivost snímače a umožňuje jeho použití i v obtížných podmínkách. Při měření více rozhraní, např. tloušťky průhledných desek, je využíván jeden snímač, ale několik vlnových délek, pro každé rozhraní jiná (obr. 3).

Řada ConfocalDT obsahuje nejrychlejší vyhodnocovací jednotky, které jsou momentálně na trhu dostupné (obr. 4). Při použití světelného zdroje s LED lze dosáhnout měřicí frekvence 10 kHz, při použití externí xenonové výbojky až 70 kHz. Jednotka aktivně reguluje expozici, aby snímač přizpůsobila dynamicky se měnící kvalitě povrchu. Jednotka je obsluhována prostřednictvím

webového prohlížeče. Zde lze, bez nutnosti instalovat jakýkoliv software do připojeného počítače, kompletně nastavit parametry měření. Data z jednotky jsou přenášena prostřednictvím Ethernetu, protokolem EtherCAT nebo po lince RS-422. Využití lze také analogový výstup.

Měřicí systém ConfocalDT má obrovský potenciál využití při výrobě polovodičů nebo solárních panelů, při výrobě a zpracování skla nebo plastů a v lékařské technice.

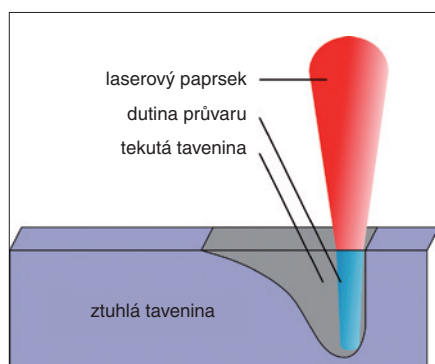
Další informace zájemci získají na kontaktech uvedených v inzerátu na této straně nebo na veletrhu Amper, stánek č. V 048.

(Micro-Epsilon)

## Využití zpracování obrazu pomocí neuronových sítí pro svařování

Bez laserového svařování je dnes moderní strojírenská výroba nemyslitelná. Tato metoda se uplatňuje zejména při výrobě karoserií automobilů, neboť umožňuje rychlé, pružné a spolehlivé svařování v těžko přístupných nebo na vzhledově náročných místech. Článek popisuje nový přístup k regulaci výkonu laseru založený na vyhodnocování obrazové informace ze všech snímaných obrazových bodů kamery, který vyvinuli odborníci Fraunhoferova ústavu pro fyzikální měřicí techniku IPM (*Institut für Physikalische Messtechnik*) ve Freiburgu.

Při laserovém svařování je využívána vysoká hustota energie v ploše ozářené fokusovaným laserovým paprskem, která způsobí okamžité roztavení a částečně i odpaření svařovaného materiálu s minimálním rozptylem tepla do okolního prostoru. Na povrchu materiálu se vytváří válcová dutina vyplně-



Obr. 1. Průřez laserovým svarem (zdroj: Wikipedia.de)

ná parami kovu o takovém tlaku, že brání slítí tekutého kovu na stěnách dutiny (obr. 1). Pokud se laserový paprsek pohybuje vhodnou rychlostí po povrchu, dutina „průvaru“ sleduje jeho pohyb, postupně se uzavírá sbíháním roztaveného materiálu a zanechává za sebou velmi úzký svarový šev s průvarem do velké hloubky.

### Regulace laserového výkonu v průběhu svařování

Proces laserového „hlubokého“ svařování je založen na komplexní, velmi dynamické souhře působení laserového paprsku, proudění taveniny a tlaku par kovu. Podmínkou kvalitního a pevného svaru je správné provaření materiálu, které závisí na mnoha parametrech a nejlépe se vyhodnocuje podle tvaru, hloubky a obrysu dutiny průvaru. Nejdůležitějším parametrem přitom je nastavení optimálního výkonu laseru – jestliže je výkon laseru příliš malý, plechy se pevně nespojí, je-li příliš velký, laserový paprsek jednotlivé plechy prořízne. Až dosud zjišťují dělníci správný výkon laseru zkusmo na vzorcích a potom ho udržují konstantní. V průběhu svařování se však mohou pracovní podmínky změnit (vlivem znečištění ochranného skla, změny rychlosti posuvu nebo vzdálenosti svařovací hlavy apod.), což může kvalitu a vzhled svaru negativně ovlivnit.

Běžné systémy kamerového snímání dutiny průvaru sice mohou odhalit mnoho chyb, jsou však příliš pomalé na to, aby mohly zasahovat do procesu svařování a regulovat ho v reálném čase. Dokážou snímat a vyhodnotit nejvýše jen tisíc obrazů za sekundu, což je málo. Pro regulaci výkonu laseru v průběhu svařovacího procesu je zapotřebí snímat a vyhodnotit nejméně 10 000 obrazů za sekundu.



**MĚŘENÍ  
VZDÁLENOSTI**

Konfokální chromatické senzory pro měření odstupu a tloušťky

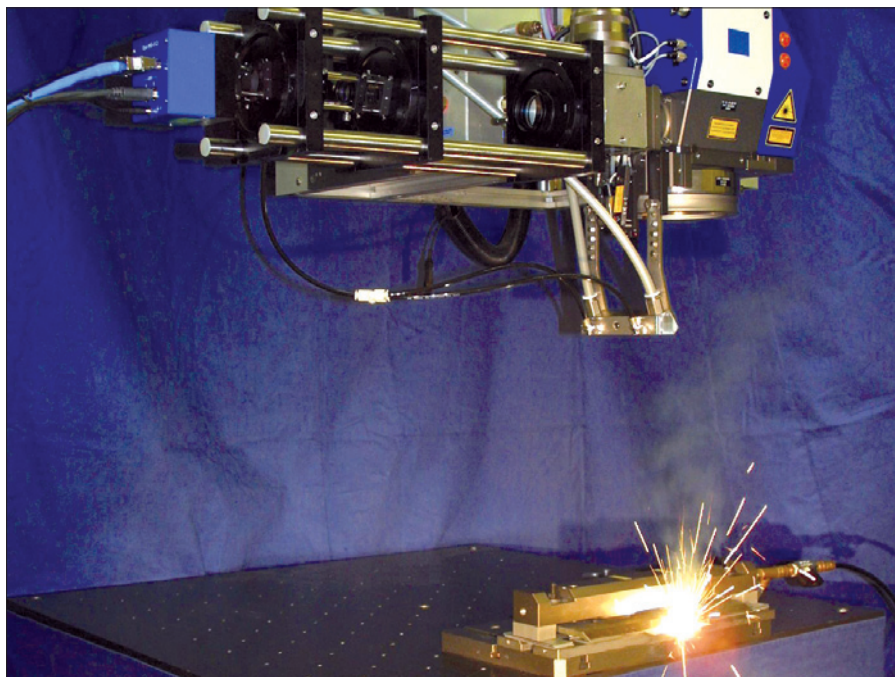
Rozlišení v řádu nanometrů  
Malý a konstantní měřicí bod od 7 μm  
Měření nezávislé na typu povrchu, vhodné také pro zrcadlo a sklo  
Standardní senzory ø 27 mm, také pro jednostranné měření tloušťky  
Celosvětově nejmenší miniaturní senzory (ø 4 mm) s axiálním nebo radiálním paprskem, ideální pro vrtané díry a prohlubně

**INFORMUJTE SE NYNÍ!**

[www.micro-epsilon.cz](http://www.micro-epsilon.cz)  
MICRO-EPSILON Czech Republic  
391 65 Bechyně · Tel. +420 381 213 011  
info@micro-epsilon.cz

## Paralelní zpracování obrazů s architekturou CNN

Významný pokrok pro regulaci laserového svařování představuje nový systém, který vyvinuli odborníci Fraunhoferova ústavu pro fyzikální měřicí techniku IPM (*Institut für Physikalische Messtechnik*) ve Freiburgu. Jeho základem je speciální snímávací kamera s počítačovou architekturou na bázi tzv. celulárních neuronových sítí CNN (*Cellular Neural Network*), která umožňuje poprvé monitorovat i velmi rychlé průmyslové procesy. V podstatě jde o výkonnou paralelní počítačovou techniku, kterou lze díky jejímu nepatrnému požadavku na zapojení integrovat přímo do obvodů jednotlivých obrazových bodů (*pixelů*) kamerového čipu snímávací kamery CMOS. Tím v kameře vzniká výkonný paralelní počítač, ve kterém jsou současně zpracovávány obrazové informace ze všech snímaných obrazových bodů. Kamera vybavená speciálním teleskopickým objektivem pro pozorování v optické ose snímá během svařování velkou rychlostí postupně vznikající dutinu průvaru a inte-

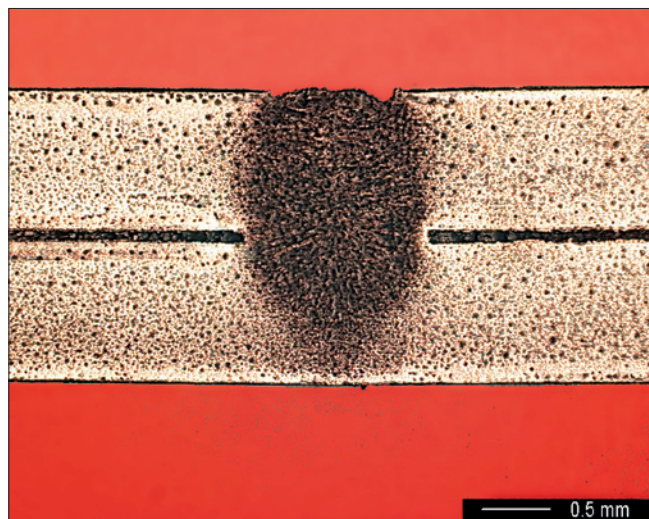


Obr. 2. Nový regulační systém umožňuje přizpůsobit výkon laseru aktuální situaci při svařování (foto: Fraunhofer IPM)

grovaný paralelní počítač okamžitě vyhodnocuje její tvar, hloubku a obrysy a za několik milisekund poskytuje údaje umožňující upravit výkon laseru. Takto lze při svařování ocelových a hliníkových plechů omezit rozstřík a dým při svařování, kompenzovat zašpinění ochranného skla, vyloučit vliv kolísání rychlosti posuvu roboticky ovládané svařovací hlavy apod. Tím se také výrazně zlepšila kvalita a vzhled svaru.

Pro ověření v praxi vyrobili pracovníci Fraunhoferova ústavu IPM prototyp systému pro regulaci laserového svařování schop-

ný zavedení v průmyslu. Na obr. 2 je vidět laserová svařovací hlava s namontovanou kamerou CNN, která snímá a vyhodnocuje až 14 000 obrazů za sekundu. Jak to, že však systém dokáže vyhodnocovat obrazy mnohokrát rychleji než běžný software? Velmi stručně to vysvětluje Andreas Blug, vedoucí projektu v ústavu IPM: „Zatímco v běžných systémech strojového vidění jsou data zpracovávána několika málo počítačovými procesory postupně za sebou, my používáme speciální kameru, ve které je na kamerovém čipu v každém obrazovém bodu integrován malinký procesor. A všechny tyto procesory – celkem jich je 25 000 – pra-



Obr. 3. Svar přelátovaných plechů při svařování s regulovaným výkonem – na spodní straně je svar dokonale neviditelný (foto: Fraunhofer IPM)

výrobě karoserií, kamera CNN reguluje výkon laseru tak, že hloubka svaru zůstává i při proměnlivé rychlosti posuvu svařovací hlavy stále téměř konstantní a spodní strana plechu není svarovým švem poškozena (obr. 3). Díky tomu mohou být svary umístěny i na viditelných místech karoserie. Navíc se zabraňuje odpaření zinku, což zvyšuje ochranu proti korozi. „S tímto regulačním systémem jsme technologii CNN průmyslově použili poprvé na světě,“ zdůrazňuje Andreas Blug.

## Závěr

Prototyp nového regulačního systému, který vedle architektury CNN využívá ještě také inovovaný optický přenos obrazového signálu speciálním kabelem se skleněnými vlákny, představili pracovníci Fraunhoferova ústavu IPM na veletrhu Sensor + Test 2012 v Norimberku, kde vzbudil pozornost odborné veřejnosti. Protože je regulační systém sestaven jen z komerčně dostupných komponent, předpokládají pracovníci IPM, že ho bude možné rychle zavést do výroby. Za výzkum a vývoj laserového svařování s využitím techniky CNN obdrželi řešitelé v září 2012 prestižní Inovační cenu budoucnosti německé Nadace Bertholda Leibingera, udělovanou každoročně za významné objevy v aplikované laserové technice. Technika CNN nabízí mnoho výhod nejenom pro svařování laserovým paprskem, ale i pro jiné případy použití, kde je zapotřebí rychle snímát a vyhodnocovat obrazy, jako např. při laserovém mikroobpracování (vrtání, řezání), při kontrole jakosti ve výrobních procesech (inspekce povrchu, kontrola úplnosti atd.), pro rozpoznávání a sledování objektů při velkých rychlostech apod. Další podrobnosti a informace jsou na [www.ipm.fraunhofer.de](http://www.ipm.fraunhofer.de).

[Podklady Fraunhoferova ústavu IPM ve Freiburgu.]

Ing. Karel Kabeš