



Zdroj: Matex PM

Laserové navařování, 3D tisk a volba technických plynů

31. 03. 2021

[Výroba a technologie](#)

V tomto článku bychom se chtěli zamyslet nad současným postavením technologie návarů vysoce výkonným laserem, porovnat tuto metodu s 3D tiskem a objasnit některá technická úskalí obou metod. Za zmínku stojí také ochranné plyny vhodné pro tyto moderní metody.

[Jan Kašpar](#)

Messer Technogas

[Tomáš Mužík](#)

Matex PM

Heslem poslední doby je 3D tisk, případně rapid prototyping, additive manufacturing, SLM apod. V podstatě se jedná o vytváření 3D těles postupným navařováním materiálu vrstvu po vrstvě. Pomineme nyní tisk z plastů, betonu a jiných materiálů, a zůstaneme u oceli.

Metoda označovaná jako laserové navařování nebo laser cladding je v principu velice podobná. Je založena na postupném navařování materiálu, který se přivádí do ohniska vysoce výkonného laseru ve formě prášku nebo drátu. Jaký je tedy vlastně rozdíl mezi tzv. 3D tiskem a laserovým navařováním?

3D tisk

Metoda je založena na postupném navařování jedné vrstvy přídavného materiálu na druhou s cílem vytvořit objemové 3D těleso. Obvykle se takový výrobek vytváří „z ničeho“, tj. bez základu. Celý výrobek je „vytištěn“. Na trhu je dostupná celá řada laserových systémů, které jsou schopny takto vyrábět díly o velikostech až cca 500 x 500 x 500 mm, výjimečně i větší. Tyto systémy jsou již řadu let používány pro výrobu chirurgických implantátů, leteckých součástek, a rovněž pro tzv. speciální výrobu.



Obr. 1. Laserové navařování s podáváním prášku. (Zdroj: Matex PM)

3D tiskárny obvykle pracují jako tzv. powder bed systémy. V tomto případě je prášek umístěn do nádoby, a přesně se zarovná jeho povrch. Laserový paprsek se pohybuje v osách XY nad tímto povrchem a natavuje vybrané oblasti. V dalším kroku se díl posune, vytvoří se další vrstva prášku a proces se opakuje. Celá pracovní komora je obvykle napuštěna vhodným ochranným plynem, aby se zabránilo oxidaci prášku během jeho spékání.

Touto metodou se vyrábějí zejména tvarově komplikované struktury, složité chladičí kanály v nástrojích, díly s tvarově složitými dutinami a podobně. Výhodou 3D tisku je vysoká přesnost vyrobených součástí, mnohdy bez nutnosti dalšího opracování.

Heslem poslední doby je 3D tisk. V podstatě se jedná o vytváření 3D těles postupným navařováním materiálu vrstvu po vrstvě. Metoda označovaná jako laserové navařování je v principu velice podobná. Je založena na postupném navařování materiálu, který se přivádí do ohniska vysoce výkonného laseru ve formě prášku nebo drátu.

Nevýhodou metody je nízká produktivita, a tedy vysoká cena takto vyrobených dílů. Dalším problémem je, že v řadě případů je k dosažení požadovaných mechanických vlastností nutné provést následné tepelné zpracování. Obvykle se používá HIP (hot

isostatic pressing). Tím se ztrácí výhoda tisku dílů přesných rozměrů, neboť je nutné počítat s určitými přírůstky na deformace vznikající při tepelném zpracování.

Laserové navařování

Tato technologie se také označuje jako laser cladding, laser additive manufacturing či direct metal deposition. Jedná se o postup navařování s využitím laseru o kontinuálním výkonu obvykle více než 1 kW. Laserem se standardně navařuje vrstva o tloušťce 1–5 mm na již existující povrch součásti. Manipulace s optikou nebo díly je zpravidla řešena pomocí CNC systémů nebo robotů.

Přídavný materiál je do ohniska laseru dodáván buď ve formě prášku (obr. 1), nebo drátu. Drát může být ještě předehříván elektrickým proudem. Laserové navařování je velmi variabilní metoda s celou řadou technologických parametrů a zdaleka nemá ustálené postupy. Výsledek tedy do značné míry závisí na zkušenostech a technologické úrovni firmy, která ho provádí. Hotový návar na tvarové součásti je vidět na obr. 2.



Obr. 2. Laserové navařování hřídele. (Zdroj: Matex PM)

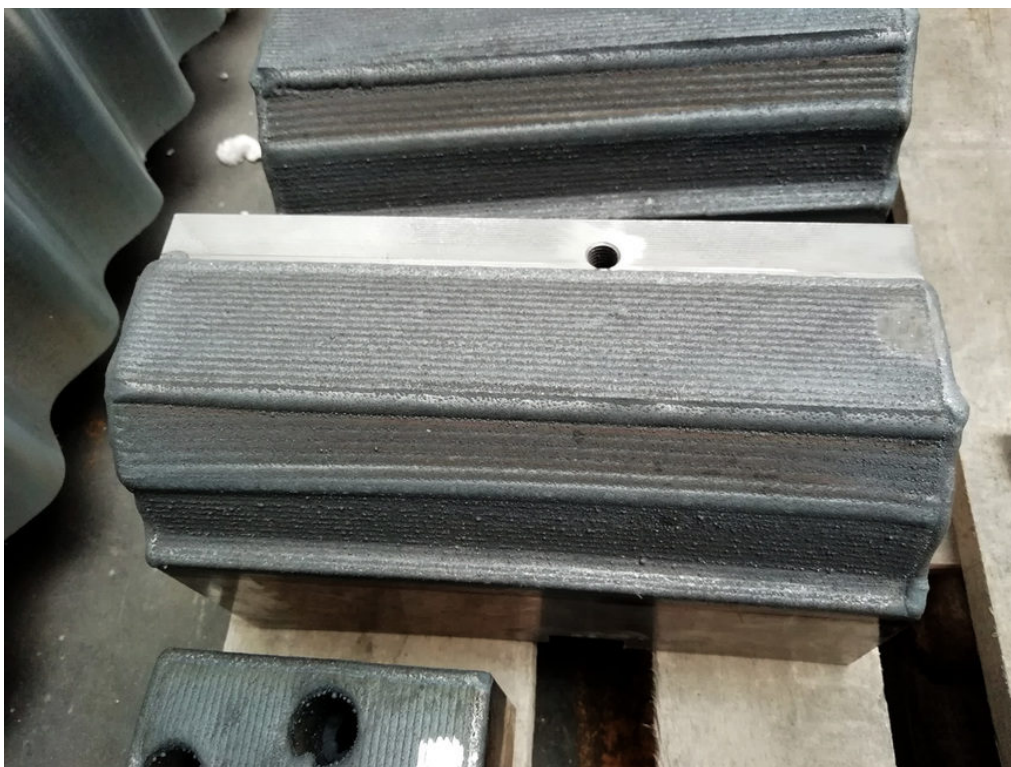
Typickým použitím jsou například opravy poškozených hřídelí, návary turbínových lopatek a úpravy tvaru lisovacích nástrojů. Jedná se často o velmi rozměrné díly o hmotnosti několika tun (obr. 3). Cílem není vytvořit přesný tvar bez následného obrobení, ale spíše se klade důraz na vysokou produktivitu, spolehlivost a zabránění defektům v návarové vrstvě. V principu není problém navařit vrstvu o tloušťce mnoha centimetrů.

Na rozdíl od 3D tisku se při laserovém navařování nepracuje v uzavřené komoře naplněné ochranným plynem. Ochranný plyn se přivádí tryskou společně s práškem, případně dalšími kanály v navařovací optice. Cílem je jednak zabránit oxidaci navařovaného materiálu, ale i omezit vznik plazmy a zajistit stabilní chování taveniny.

Nový díl vytvořený jako návar

Rozdíly laserového navařování oproti výše uvedenému 3D tisku mizí, pokud provedeme laserové navařování ve větších tloušťkách, případně vytvoříme nový díl kompletně jako návar. Takové aplikace se skutečně provádějí, nejde tedy jen o hypotetické úvahy.

Prvním příkladem je výroba polotovaru trysek pro raketové motory. Tyto trysky jsou vyráběny kompletně laserovým navařováním z materiálu Inconel a následně obráběním do finálního tvaru. Dalším příkladem je navařování nástrojů pro lisování za tepla. Tyto nástroje jsou od počátku navrženy s návarem o tloušťce několika milimetrů. Tato vrstva musí být odolná proti otěru, musí mít vysokou tvrdost při provozní teplotě a zároveň musí odolávat teplotním cyklům. Naprosto zásadním požadavkem je ale potřeba dodržení tvarové přesnosti po navaření v toleranci přibližně $\pm 0,5$ mm před obrobením. V obou případech je třeba nejen zvládnutí technologie, ale i znalost použitých materiálů.



Obr. 3. Laserový návar na tvarové součásti. (Zdroj: Matex PM)

Ochranné a nosné plyny pro navařování a 3D tisk

Důležitou součástí laserového navařování a 3D tisku jsou bezpochyby technické plyny a jejich správný výběr. Nelze na ně nahlížet pouze z hlediska nutné ochrany nataveného materiálu před okolní atmosférou, ale i jako na prvek, který dokáže do značné míry metalurgicky a termicky ovlivnit proces spékání a tavení kovů. Typ a čistota ochranného plynu se odvíjejí u jednotlivých metod především od použitého základního a přídavného materiálu.

Pro vysokolegované kovy je zastoupení plynů široké s možností využití jedno- či vícesložkových plynů. U nelegovaných a nízkolegovaných ocelí je nejčastěji využíván argon doplněný o příměs CO_2 či O_2 . Vhodné použití ochranných plynů pro různé typy materiálu shrnuje tabulka.

Technické plyny pro laserové navařování a 3D tisk

Materiál	Argon	Helium	Dusík	Směs argonu a vodíku	Směs argonu a CO_2	Směs argonu, CO_2 a O_2
Titan	x	x	–	–	–	–
Hliník	x	x	x	–	–	–

Austenitická ocel, nikl	x	x	x	x	–	–
Feritická ocel	x	x	x	–	–	–
Nelegovaná a nízkolegovaná ocel	–	–	–	–	x	x

Hotové výrobky je často nutné tepelně zpracovat, respektive žíhat ke snížení vnitřního pnutí, které se taktéž neobejde bez ochranné atmosféry. Návarové metody pro změnu potřebují nosný plyn, který pod tlakem unáší prášek přídavného materiálu do svarové lázně. Z důvodu přímého kontaktu tohoto plynu s nataveným materiálem mu musí být věnována také značná pozornost. Pečlivý výběr plynu se určitě vyplatí, neboť i malý podíl vhodně zvolené příměsi vede k značnému vlivu na proces aditivní výroby.

Závěr

Výše popsané metody jsou právem označovány jako technologie budoucnosti, a to především díky okamžité pružnosti výroby a schopnosti vytvořit i tvarově velmi složité součásti požadovaných vlastností. Nejdůležitějším klíčem ke komerčnímu úspěchu je stabilita procesu, zabránění oxidaci a udržení stabilní tloušťky navařované vrstvy. Ukazuje se, že toho je možné dosáhnout pouze správným nastavením procesních parametrů a vhodně zvolenými technickými plyny.