

Příručka ke koupi vláknového laseru



KIMLA

ŘÍDÍCÍ SYSTÉM	03
G KÓD	04
POHONY	06
ABSOLUTNĚ ROVNÝ ŘEZ	06
LINEÁRNÍ POHONY S VYSOKOU HUSTOTOU VÝKONU	07
RÁM STROJE	07
PŘÍSTUP DO PRACOVNÍ PLOCHY	08
PROGRAMOVÁNÍ LASERU	09
POSTPROCESOR	09
CAD/CAM/Nesting	10
VÝPOČET DOBY ŘEZÁNÍ, DĚROVÁNÍ, REPORTING	13
HARDWAROVÝ/SOFTWAROVÝ INTERPOLÁTOR	15
VÝKON LASERU	15
ÚČINNOST LASEROVÉHO ŘEZACÍHO STROJE	17
PRO VÝROBNÍ ÚČELY NEBO K POSKYTOVÁNÍ SLUŽEB	22
NÁKLADY NA ÚDRŽBU LASERU	22
ŘEZACÍ HLAVA	23
MĚŘENÍ VZDÁLENOSTI OD MATERIÁLU	24
JAK POSTUPOVAT PŘI NÁKUPU LASERU	27
SMLOUVA	30
BEZPEČNOST	31
ZÁRUKA	32
POTENCIÁL LASERU	32
VLÁKNOVÝ NEBO CO ₂ LASER	34

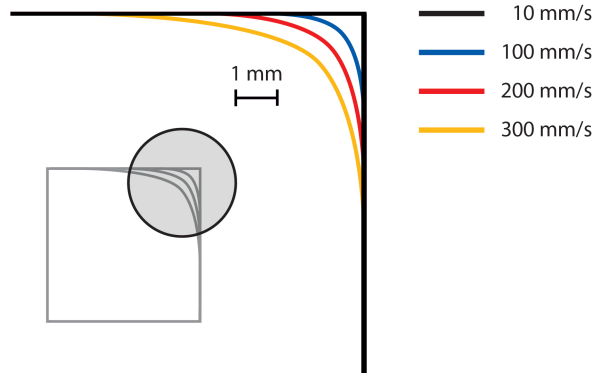
Řezání kovů pomocí laserové technologie umožňuje provozovatelům laserových strojů už po mnoho let dosahovat až překvapivě vysoké zisky. I přes vysoké náklady na údržbu a poměrně nízkou účinnost doposud dominantní technologie CO₂ laserů patří řezání laserem mezi velice vyhledávanou a ceněnou službu. Tato technologie však dosáhla svých vývojových limitů a vzhledem k velkému počtu zařízení na trhu ceny služeb poklesly na neatraktivní úroveň, alespoň z hlediska případných investic. To vše se však změnilo v roce 2010 díky revoluci, kterou způsobily vláknové lasery.

Vláknové lasery představují pro tento obor velkou příležitost díky mnohem menším provozním nákladům a vyšší rychlosti řezání oproti CO₂ laserům. To je pro výrobce velmi atraktivní příležitost. Přesto byly počátky technologie vláknových laserů obtížné: nízký výkon zdrojů, problémy s řezacími hlavami a omezená technická řešení převzatá z předešlé generace laserů, to vše omezovalo funkční schopnosti těchto strojů, které byly vyráběny největšími společnostmi na trhu. U prvních modelů vláknových laserů byl výsledkem jen o něco vyšší výkon oproti laserům na bázi CO₂.

Jedna z největších výhod využití technologie vláknového laseru je zjevná v případě řezání tenčích materiálů. U prvních modelů těchto strojů však nebylo možné dosáhnout předpokládané účinnosti, protože jim chyběly dostatečně komplexní řídicí systémy. Zařízení byla původně jednoúčelovými průmyslovými počítači, které ovládaly pohony polohovacích os řezací hlavy. V době laserů na bázi CO₂ byly řídicí systémy převzaty z CNC strojů, které dosahovali nižší rychlost pohybu než laserové řezací stroje. Tyto řídicí systémy byli proto pro vláknové lasery velmi omezující.

Výrobci vláknových řezacích laserů tehdy nedokázali plně využít potenciál nové technologie tím, že využívali pomalé řídicí systémy. Přestože nové lasery dodávané s vláknovými zdroji dosahovaly ve srovnání s lasery na bázi CO₂ pětinasobné rychlosti řezání, efektivita výroby se často zvýšila pouze o 30 %.

ŘÍDÍCÍ SYSTÉM



Pro vyřešení problematiky řídicích systémů je důležité pochopit způsob jeho fungování. Řízení rychlosti servopohonu, které bylo vyvinuto v 50. letech minulého století, počítalo se zpožděním ve zpětné vazbě směrem k interpolátoru. Interpolátor je součástí řídicího systému, který indikuje polohu, ve které by se měla řezací hlava nacházet v daném okamžiku. Rozdíl mezi polohou nastavenou interpolátorem a skutečnou polohou hlavy je posun polohy. Hodnota posunu po škálování je nastavená hodnota rychlosti servopohonu hlavy. To znamená, že čím vyšší je rychlost pohybu, tím větší je posun polohy a tím přesnější je mapování tvarů určených k řezání. Takovýto způsob řízení však umožňuje přesné řezání jenom pokud se stroj pohybuje relativně pomalu. Při pokusech o zavedení tohoto systému do vláknových laserových strojů však výrobci narazili na problémy s přesností v řádu několika milimetrů.

Proto jsou výrobci laserů, které jsou vybaveny těmito řídicími systémy, nuceni snižovat rychlost obráběcích nástrojů s cílem tyto chyby minimalizovat. To bohužel významně omezuje dynamiku provozu obráběcího stroje a tím i jeho účinnost. Nedostatky této řídicí metody pramenili z omezení mikroprocesorové technologie využívané v padesátých letech minulého století, a proto pro vytvoření řídicích systémů pro laserové stroje v této době museli být učiněny kompromisy. V následných letech technologie mikroprocesorů zaznamenala výrazný pokrok, ale vývoj CNC řídicích systémů byl výrobci ukončen a do dnešní doby jsou využívány systémy řízení padesátých let.

V roce 1999 společnost KIMLA začala hledat novou metodu pro provoz řídicích jednotek CNC. Navrhla a zavedla koncepci řídicích systémů bez posunu polohy, založenou na DSP procesorech. Předpokladem bylo, že všechny regulační smyčky byly umístěny v pohonné jednotce, a nikoliv rozptýleny mezi řídicí jednotkou CNC a servopohonem. U předcházejícího technologického řešení nastavoval polohu interpolátor, řešení navržené společností Kimla vysílalo signály polohy, rychlosti a zrychlení současně, což způsobilo, že hodnota posunu byla téměř nulová bez ohledu na rychlost.

Kromě toho klasické systémy s rozptýlenými řídicími jednotkami pracují při frekvenci až 2 kHz, což znamená, že poloha servopohonu se nastavuje 2 000krát za sekundu, což je dostačující jenom pro relativně pomalé obráběcí stroje. U moderních vláknových laserů, které jsou schopny řezat rychlostí převyšující 1 m/s, by to mělo vliv na korekci každých 0,5 mm, což je nedostatečné. Díky řídicím jednotkám v servopohonu se společnost KIMLA vyhnula nutnosti pomalé oboustranné výměny údajů mezi servopohonem a interpolátorem. Díky tomu bylo možné zvýšit frekvenci až na 20 kHz, což naopak umožnilo přesné řízení

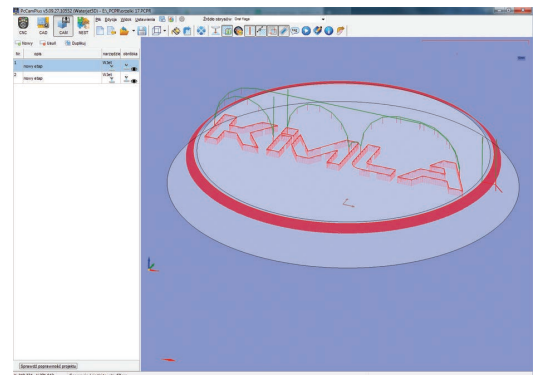
G KÓD

I přes tento vývoj společnost KIMLA zjistila, že existuje nevyřešený provozní problém, kterému bylo třeba věnovat pozornost. Dráha nástroje, po které se má hlava pohybovat, je uložena ve formě souřadnic, do kterých se hlava postupně posunuje, aby vyřízla zadaný tvar. Tento formát byl pojmenován G kód a je stále standardním jazykem pro zapisování dat do CNC strojů. Byl vyvinut tak, aby byl slučitelný s děrnou páskou. Jedná se o poměrně jednoduchou a zastaralou metodu zápisu, která ukládá složité tvary ve formě polygonální křivky, která se někdy skládá až z desítek tisíců krátkých úseků, které tvoří tvar.

U vláknových laserů s vysokou pracovní rychlostí dochází často k tomu, že polygonové úseky jsou natolik krátké, že zařízení není schopno zpracovat jednotlivé povelů s dostatečnou rychlostí a zajistit tak plynulý pohyb. Stroj začne vibrovat, pohybovat se a zbytečně zpomalí, což způsobí další snížení účinnosti a zhoršení kvality řezu.

Společnost KIMLA opět vyšla vstříc požadavkům trhu a vyvinula jedinečný prostředek pro vektorové zpracování údajů CNC systému. Dráha nástroje, kterou stroj opisuje, může mít

různé tvary a stroj musí u některých dílů svůj pohyb plynule přizpůsobit řezanému dílu. V takovém případě většina systémů řídí rychlost na základě úhlů, které mezi sebou svírají jednotlivé úseky a mění nastavenou rychlost po krocích. Místo analýzy úhlů, které mezi sebou svírají jednotlivé úseky, zavedla společnost Kimla koncepci výpočtu hodnot odstředivého zrychlení dle tvarů, po kterých se stroj pohybuje. Tento přístup umožnil přesnější výpočty rychlosti, jakou se stroj může pohybovat po určené dráze, a také díky zpracování dat pro jednotlivé dávky výrazně zvýšil produktivitu zařízení. Tato technologie byla patentována jako "Dynamiczna Analiza Wektorów™" (Dynamická vektorová analýza).



POHONY

Každý CNC stroj musí být vybaven pohony, které převádějí řídicí signály na mechanický pohyb po ose. Nejčastěji jde o servopohony pracující na bázi rotačního motoru s integrovaným enkodérem, který měří polohu pohonu. Motor pohání mechanismus, který převádí otáčivý pohyb motoru na lineární pohyb pracovní osy. Může to být oběžný kuličkový šroub nebo, což je u laserů častější, systém ozubeného kola. Mezi ozubenou tyčí a motorem je převodovka, která řídí rychlost a točivý moment. Jedná se o mechanickou převodovku, která se po čase opotřebí, a proto je potřeba ji pravidelně měnit, zejména v případě rychlých a dynamických pohybů, které provádí zařízení vláknového laseru. Na mechanické pohony působí nežádoucí vůle, která je způsobena nepřesnostmi v převodech, třením, napětím a opotřebením. Vůli nelze přesně kompenzovat, protože poloha je ovlivněna snímačem na ose motoru a pohyb osy v rozsahu vůle nemusí být kódem měřen.

V posledních letech byly uvedeny do provozu bezkontaktní magnetické lineární pohony. Pohyb osy je vyvolán přímo magnetickým polem, které se neopotřebovává, a neexistence mechanických převodů vede ke zvýšení účinnosti pohonů. U laserových řezacích strojů, kde nástroj nemá žádný odpor proti pohybu, může být téměř všechna energie vložená do zrychlení osy získána zpět v průběhu zastavování. Toto řešení využila společnost KIMLA v návrhu technologie Common DC Bus. Zpětně získaná energie se pak přenáší na zrychlující osu, což vede k cirkulaci energie mezi pohony a tím minimalizaci spotřeby energie. Zavedením této technologie je možné dosáhnout až 70 % úspory energie.

ABSOLUTNĚ ROVNÝ ŘEZ

Ve svých laserech využívá společnost KIMLA lineární pohony s odečtem absolutní polohy. Po spuštění stroj nevyžaduje sledování referenčních bodů, protože odečet je ovlivněn z mikro-čárového kódu, který je vyryt na invarové pásce podél každé osy s rozlišením 1 nm. Tím je zajištěna s ničím nesrovnatelná přesnost, která eliminuje nežádoucí vůli. Portálový pohon je řízen na obou stranách prostřednictvím dvou lineárních pohonů s elektronickou korekcí úhlu.

LINEÁRNÍ POHONY S VYSOKOU HUSTOTOU VÝKONU

Pro zvýšení účinnosti řezání zejména tenkých plechů je nutné zajistit co nejvyšší zrychlení, aby stroj dosáhl nastavené rychlosti na co nejkratší vzdálenosti. Z tohoto důvodu se výrobci snaží využívat pohony s nejvyššími možnými výkony. Zpočátku, když je síla pohonů relativně nízká, není jejich hmotnost dostatečně velká, aby ovlivnila pohybující se osu. Zvyšování výkonu pohonů vede k nárůstu hmotnosti motorů, která je natolik důležitým faktorem, že se projeví efekt autorestrikce, protože dvojnásobný nárůst výkonu je vyrovnán zdvojnásobením hmotnosti pohonu. Existuje hranice zvýšení účinnosti, která se zdála být nepřekonatelným problémem. Výrobci laserů nakupují lineární pohony od výrobců pohonů, kteří nabízejí konstrukční řešení stará 10 až 15 let. V poslední době se ale na trhu objevily moderní magnetické materiály, které zajišťují vysokou saturační indukci a ukazují cestu k vytvoření nové generace pohonů. Společnost KIMLA zahájila výzkum těchto materiálů v konstrukci pohonů s vysokou hustotou výkonu. Jako výsledek byly navrženy, vyrobeny a implementovány lineární pohony, u kterých došlo k trojnásobnému navýšení výkonu bez zvýšení hmotnosti motoru. Tím byla vytvořena dynamika, které ostatní výrobci laserových řezacích strojů nejsou schopni dosáhnout.

RÁM STROJE

Stroj by měl být pevný, přesný a stabilní. To jsou obecné vlastnosti požadované pro CNC stroje. Mnoho výrobců se však domnívá, že tyto požadavky na laserové řezací stroje nejsou nejdůležitější a dovolují si určitá zjednodušení, která uživateli následně způsobují specifické problémy. V ideálním případě by mělo být laserové tělo monolitické, obrobene v jednom upnutí ve frézovacím centru. Bohužel se často jedná o drahé stroje, takže se výrobci často rozhodují pro těla sešroubovaná z několika prvků. Nejčastěji se jedná o dvě boční stěny spojené příčnicíky.

Toto řešení bohužel způsobuje slabou tuhost stroje, zejména při kroucení těla. Výrobci proto pro instalaci takového stroje vyžadují přípravu základů. Při instalaci je řezací stroj přišroubován k základu, který se stává konstrukčním prvkem, zpevňuje rám stroje a je nezbytný pro správnou funkci stroje. Realizace takových základů je nákladná a časově náročná a někdy dokonce nemožná, pokud prostor, ve kterém má být zařízení instalováno je v pronájmu.

Tento přístup má i další důsledky. U zkroucených konstrukcí je extrémně obtížné zajistit

rovnoběžnost vedení, po kterých se nosník pohybuje. I malé deformace nebo nepřesnosti při obrábění způsobují odchylky až 1 mm, což by bylo pro vedení a ložiskové bloky katastrofální. Výrobci takových konstrukcí proto používají flexibilní dilatační spáry, ale to zase snižuje pevnost vedení pojezdu.

Společnost Kimla díky investicím do pečlivě vybraných strojů na frézování těles rámů může nabídnout laserové řezací stroje, jejichž celá monolitická těla jsou obrobena v jednom upnutí, což jim zajišťuje rovnoběžnost 0,01 mm. Takové řešení nepotřebuje žádné kompenzátory, rám je tuhý, stabilní a nevyžaduje žádné základy. Kimla provozuje lasery s monolitickými těly až 3 000 x 12 000 mm.

PŘÍSTUP DO PRACOVNÍ PLOCHY

Existují různé způsoby, jak je možné zabezpečit přístup do vnitřku zařízení. Ve většině případů jsou to dveře na užší boční stěně laseru. Je to nejjednodušší řešení, ale oblast, do které operátor dosáhne rukou, aniž by musel vstoupit do vnitřku stroje je velmi omezená. Někteří výrobci nabízejí přístup z dlouhé strany laseru. Přístup je mnohem širší, ale obsluha se musí dostat přes krycí měchy a krytování, aby se dostal k plechu. Tento způsob je neergonomický a může dojít k poškození měchů a krytů. Existují také verze laserů s bočním přístupem a obráceným nosníkem, který se posunuje podél krátké strany stroje. V tomto případě jsou nosníky moc dlouhé a je těžké zabezpečit potřebnou tuhost stroje. Lasery s takovými řešeními tak mají nízkou dynamiku a omezenou účinnost. Žádné z výše uvedených řešení však neumožňuje přístup do celého pracovního prostoru a je tak nutné vstoupit do vnitřku laseru, který je velmi omezený výškou krytování a manipulace je velmi nepohodlná.

Kimla při návrhu laserového řezacího stroje kladla důraz na ergonomii přístupu do pracovního prostoru, který zajišťuje přístup ze všech stran zařízení dveřmi umístěnými kolem stroje. Díky tomu, bez ohledu na místo nezbytného zásahu, není nutné vstupovat dovnitř laseru, protože každé místo pracovní oblasti máte k dispozici na dosah ruky.

PROGRAMOVÁNÍ LASERU

Ani ten nejrychlejší laser nezabezpečí sám osobě všechnu práci. Výrobci laserových strojů pro jejich ovládání přesto používali univerzální řídicí systémy, díky čemu museli uživatelé zaměstnávat tým procesních inženýrů, kteří měli zkušenosti s používáním programů pro laserové řezací stroje. Programování prvních systémů se provádělo pomocí primitivní klávesnice na panelu stroje a programy se zapisovaly na děrné pásky.

Zavedení prvních osobních počítačů usnadnilo proces tvorby a úpravy programů mimo stroj a jejich přenos na vhodnější nosiče pro ukládání dat. Nicméně, v 80. letech minulého století neustále rostla potřeba únavného psaní tisíců řádků programu a souběžně začali vznikat různé softwary pro automatické generování cest pro nástroje CNC strojů. Program CAM, který vyvíjeli mnohé společnosti, se začali pronikat na trh a výrobci řídicích systémů se objevovali jeden za druhým. Objevil se však problém ve slučitelnosti všech součástí programu CAM a řídicích systémů, protože nebylo dosaženo shody na jednotném standardu pro ukládání dat. Kromě toho tomu byla na překážku různorodost strojů a jejich konfigurací, a proto byl vynalezen další, nepostradatelný modul vložený mezi program CAM a řídicí systém – postprocesor.

POSTPROCESSOR

Návrh vhodného postprocesoru objednává dodavatel programu CAM, koncový uživatel nebo prodejce stroje. Neexistuje způsob, jak navrhnout dobrý postprocesor v krátkém čase, protože se jedná o proces opakovaného testování a oprav, který může trvat i několik měsíců, a protože kvalita kódu postprocesoru bude mít vliv na účinnost a kvalitu provozu stroje. Kupující se často soustředí na parametry stroje a nevěnuje pozornost způsobu vývoje programu, případně jak plynulá je výměna dat se strojem a zda jsou v řídicím programu implementovány všechny funkce laseru. Výrobci laserů někdy mění dodavatele programu CAM a uživatelům starších verzí se nemusí dostat žádné podpory, protože výrobce laseru již program nadále nevyvíjí.

K vyřešení tohoto problému vyvinula společnost KIMLA jedinečné řešení, které je založeno na implementaci všech funkcí CAD, CAM a nestingů do jediného řídicího systému.

CAD/CAM/Nesting

Řešení, které vyvinula společnost KIMLA, je průkopnické, protože doposud byly lasery programovány výlučně externími systémy CAM. Jakákoli změna tvaru, polohy dílu a rozměru otvorů vyžadovala, aby operátor přerušil provoz stroje, objednal změnu nebo nový program u procesního inženýra, nahrál jej do laseru a pokračoval v práci. I ty nejjednodušší úpravy často vedly k dlouhému přerušení výroby.

Se stroji KIMLA je možné pracovat zcela bez procesního inženýra, protože veškeré přípravné práce mohou být operátorem provedeny automaticky v průběhu několika minut a případné změny nebo úpravy na poslední chvíli zaberou jen několik sekund. Je samozřejmé, že společnosti, které jsou zvyklé využívat procesního inženýra, mohou nainstalovat operátorskou aplikaci v jeho stanovišti. Operátoři pak mohou plnit všechny úkoly procesního inženýra a platí to i obráceně. Společnost KIMLA vyvíjí svůj systém již déle než 20 let. Stále je rozšiřován a jsou do něj zaváděny další funkční inovace často na základě potřeb a přímých očekávání uživatelů. Existuje také možnost kombinace vlastních specializovaných funkcí, což u systémů dodávaných třetími stranami není možné. Společně s procesem vývoje mohou být klientům nabízeny upgrady programu, které upravují starší systémy tak, aby odpovídaly nejnovějším požadavkům trhu.

CAD je vektorový grafický editor, který umožňuje vytvářet výkresy a načítat tvary ve formátech .dxf, .dwg, .geo, .taf, .plt, .hpgl atd. Kromě standardních funkcí tohoto typu programu, které zahrnují kreslení čar, křivek, grafických značek, ořezávání, fázování, zaoblování atd., jsou pro laserové řezací stroje podstatné zásadní funkce softwaru CAD pro automatické čištění a uzavírání obrysů.

Pro správné vyřezání dílů nemusí laserový paprsek přesně sledovat obrys výkresu, protože mezera vzniklá při řezání může být v závislosti na typu a tloušťce plechu 0,05 - 0,4 mm a to by pak mohlo způsobit, že by vyřezané díly neměly správné rozměry. Proto musí být dráha nástroje posunuta od obrysu dílu o polovinu šířky mezery. Aby program mohl „rozpoznat“, kam má být posun směrován, měl by být obrys uzavřen, protože v opačném případě není možné zjistit, zda se má jednat o vnější nebo vnitřní korekci. Další komplikace je spojena s díly, ve kterých jsou vyvrtány otvory. Jejich vnější obrys by měl být posunut směrem ven a vnitřní obrys dovnitř. Kromě toho, pokud se jedná o menší díly umístěné uvnitř větších dílů, je situace ještě složitější.

To je důvod, proč by měly mít vyřezávané díly jasně definovaný obrys. Program musí být

schopen výkres správně interpretovat. Výkresy jsou bohužel často zpracovány špatně. Obrysy nejsou uzavřené, je tam několik čar nebo se úseky částečně překrývají. U výkresu připraveného pro tisk to není vážný problém, proto pravidla pro vytváření výkresů bývají často konstrukčními inženýry často ignorovány. Je to ztráta času, protože před zavedením programů pro lasery musí procesní inženýr výkresy opravovat ručně, a to je únavné a časově náročné. Společnost KIMLA tyto problémy objevila a zavedla řadu funkcí, které umožňují automatické zpracování výkresů. Uzavření otevřených obrysů, odstranění překrývajících se čar a výměna roztřepených hran za čáry a křivky jsou jen některé z funkcí, které umožňují automatizaci přípravy projektu pro laserové zpracování.

Program **CAM** vytváří dráhu nástroje a všechny povely pro řezací hlavu, zdroj a automatiku. Předem připravené šablony pro jakýkoliv typ a tloušťku plechů definují způsob, jakým mají lasery pracovat, aby díl správně vyřizly. Výrobci laserů by měli metodou pokus-omyl vybrat všechny parametry pro každý materiál a tloušťku, aby si operátor nebo procesní inženýr mohl vybrat jednu z připravených procesních tabulek a automaticky vytvořit program.

Může se občas stát, že operátor musí kvůli atypickému materiálu nebo výrobním požadavkům provést změny v nastavení. Většina laserových řezacích strojů má technologické procesy rozptýleny mezi řídicím systémem a programem CAM. Například rychlost řezu, výkon laseru nebo děrovací charakteristiky jsou obsaženy v řídicích tabulkách stroje. V tabulkách v programu CAM mohou být také definovány body napojení a vzdálenosti, které tvoří obrys a tvar dráhy. To je důvod častých chyb a nedorozumění mezi procesními inženýry a pracovníky obsluhujícími stroje. Často dochází k tomu, že laserové tabulky upravené kvůli jednomu programu nejsou resetovány na výchozí hodnoty, a další řezání s dalšími programy s použitím takové tabulky může vést k nesprávným výsledkům. Společnost KIMLA sloučila všechny tyto funkce do jednoho systému, který umožňuje pracovníkům obsluhy zavést jakoukoli danou změnu parametrů řezání, protože všechny procesní tabulky jsou zkopírovány do konkrétního projektu a nejsou ovlivněny úpravou v rámci daného projektu. Jednou uložený projekt s upravenými nastaveními lze kdykoli znovu spustit. Společnosti, ve kterých procesní inženýr připravuje programy pro operátora, mohou kromě toho zajistit plnou součinnost a zaměnitelnost obou pracovních míst. Pokud je to potřebné, program vytvořený procesním inženýrem může být upraven operátorem. Procesní inženýři mohou používat vzorky procesu, které byly upraveny operátory, což znamená, že při dalších zakázkách procesní inženýr použije upravené nastavení.

Další funkcí, která zajišťuje vyšší účinnost řezání, je možnost automatického generování

společných řezných čar. Je výhodné nastavit rovné hrany tak, aby vzdálenost mezi nimi byla rovna šířce mezery vzniklé při řezání. Pak je k řezání hran obou dílů zapotřebí jen pracovní pohyb. Úspory nejsou v žádném případě nepodstatné, protože v potřebný čas a náklady je možné v některých případech snížit o 45 % a spotřebu materiálu až o 10 %. Běžné čáry, po kterých je veden řez, by měly být vytvářeny automaticky algoritmy generujícími dráhu nástroje a u silnějších plechů je neocenitelná funkce předběžného řezání v bodech větvení. Ta chrání hlavu před střetem s vnitřními tažnými silami při řezání plechů. Má-li být generování drah se společnými řeznými čarami plně automatizováno, měla by být tato funkce zavedena také do modulu nestingu, aby bylo možné díly automaticky rozmístit do správných vzdáleností.

Nesting je automatické uspořádání navržených tvarů na plechu tak, aby se minimalizovalo plýtvání materiálem.

Každý díl může být definován pomocí:

- počtu kusů, které mají být vyřezány
- úhlu otáčení
- směru rolování nebo vzorem materiálu

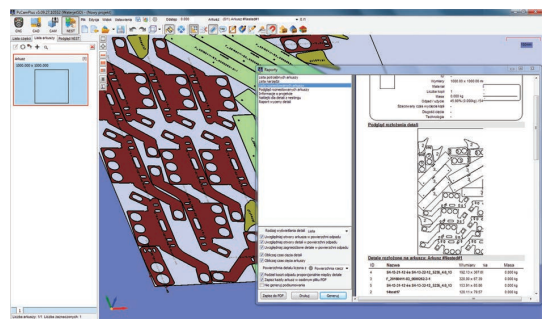
Celý plech pak:

- vzdálenostmi mezi díly
- okraji a společnými řeznými čarami

Moderní program nestingu umožňuje ukládat odpad ze zpracování ve formě plechů, z nichž byl vyříznut nepravidelný tvar. Pokud znovu použijeme plech, ze kterého již byly některé díly vyříznuty, nesting může takový plech použít tak, že při mapování nových řezných drah zohlední již vyříznutá místa.

Společnost KIMLA integrovala funkci nestingu do řídicího systému. Při provádění pracovních operací v praxi náklady a počet tvarů často neumožňují účinné využití materiálů. Velké prvky vyřezané z celých plechů jsou účinně doplněny menšími díly vyřezanými v místech mezi velkými díly, což však

znamená, že konečné plechy nejsou často využity zcela, protože všechny díly byly vyřezány z předchozích plechů. Předpokládaný počet dílů na jeden plech nikdy neumožní, aby byly

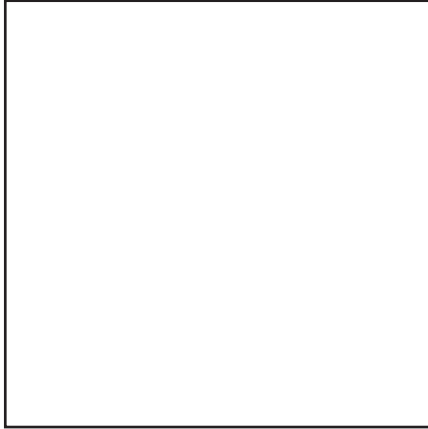


všechny plechy vyplněny díly přesně s využitím veškerého volného místa. Funkce vyplňování volných míst může být využita ještě neobjednanými díly, ale není jisté, zda bude takové díly možné prodat. Zde vzniká další problém: mají se výrobci snažit vyplnit prázdná místa mezi velkými díly vložení neobjednaných menších dílů a doufat, že se objednávka bude opakovat, a souhlasit s prodloužením doby řezání, nebo se mají raději smířit s plýtváním s nevyužitým materiálem z prostoru mezi většími díly? V klasických řešeních, jejichž součástí jsou externí systémy CAM, není možné provádět změny projektu poté, kdy bylo obrábění spuštěno, protože laser programu CAM nehlásí, jak práce postupuje. Při práci s lasery KIMLA je možné při provádění projektu práci přerušit a zadat další zakázku pro daný plech a znovu spustit nesting s ohledem na již vyříznuté prvky. Díky tomuto přístupu je možné využít materiál ještě účinněji.

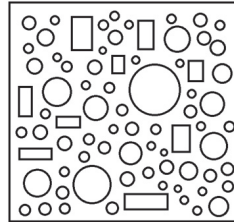
VÝPOČET DOBY ŘEZÁNÍ, DĚROVÁNÍ, REPORTING

Stanovení ceny za řezání laserem je první důležitý parametr pro získání zakázky. Jedna z největších chyb, kterou poskytovatelé dělají, je nabídka konstantní sazby za metr řezu pro daný materiál.

Představme si čtverec o straně 1 m. Abychom jej mohli vyřezat, musí stroj vyřezat v materiálu 4 m. Čas potřebný k vyříznutí takového dílu pomocí například laseru o výkonu 6 kW z plechu o tloušťce 1,5 mm je přibližně 7 s. Představme si nyní čtverec o straně 400 mm, ale s velkým počtem otvorů, takže celková vzdálenost, kterou je třeba překonat přes obrys a přes hrany otvorů, by činila také 4 m. Mimochodem, díl se stejnou vzdáleností, kterou je třeba vyříznout, vyžaduje k vyříznutí 38 s, potřebujeme k tomu tedy pětikrát více času. Pokud zprůměrujeme náklady na řezání různých dílů, může se stát, že řezání dílu, který má délku strany 1 m, nebude cenově atraktivní a v případě menšího dílu s otvory nebude dosaženo očekávané marže. Je samozřejmě možné připočítat příplatek za jeden průraz, což do určité míry tento rozdíl vyrovná, ale proces nebude možné nikdy optimalizovat. Existuje jediné řešení, jak dosáhnout předpokládaného zisku za hodinu: přesná cenová nabídka za řezání musí vycházet z množství potřebného času a vynaložených nákladů. Lze to však vyhodnotit, aniž by se řezání skutečně proběhlo?



Také 4 m řezu - Doba: 38 s



1x1 m = 4 m řezu - Doba: 7 s

Zákazníci obvykle zasílají soubory s tvary a formami dílů, poskytují informace o typu a tloušťce plechu a žádají o stanovení ceny. Procesní inženýr načte soubor do programu CAM, načte tabulku parametrů, vytvoří dráhu nástroje a spustí simulační funkci. Doba vypočtená simulátorem řezání v programu CAM není bohužel přesná. Rozdíly mohou být výrazné a rostou s klesající tloušťkou plechu. V některých případech potřebují lasery k vyřezání dílů dvojnásobek času oproti původnímu výpočtu provedenému v programu. Důvodem je skutečnost, že externí program CAM neumí přesně zohlednit dynamiku pohybů laseru. Celá otázka je komplikována skutečností, že charakteristiky a doba potřebná k prořezání jsou uloženy v paměti laseru a program CAM k nim nemá přímý přístup. Jestliže je obsluha stroje změněna, nejsou automaticky aktualizovány v programu procesního inženýra, protože program stroje je jednosměrný kvůli použití G-kódu. Údaje se odesílají z programu CAM do stroje, ale ne opačným směrem.

Integrací CAM do řídicího systému společnost KIMLA problém vyřešila tak, že vypočítala čas a náklady potřebné k provedení řezu. Stálý přístup k nastavení simulačního algoritmu dynamiky stroje a procesních tabulek umožňuje provést přesný výpočet s ohledem na náklady na elektřinu, plyny, provozní díly, vlastní náklady obsluhy a amortizaci. Provozovatel může také stanovit výši příjmu za hodinu práce laseru, a systém automaticky vypočítá cenu za každý díl a zohlední při tom náklady na materiál a údaje o nestingu, které se týkají odpadu z každého plechu. Takovou zprávu lze vygenerovat ve formátu PDF. Vznikne tím cenová nabídka, kterou je možné předložit zákazníkovi. Modul pro tvorbu cenových nabídek může fungovat i na samostatném osobním počítači, aby tento úkol nezatěžoval procesního inženýra nebo operátora.

HARDWAROVÝ/SOFTWAROVÝ INTERPOLÁTOR

Důležitým faktorem, který stojí za zohlednění, je výbava, která tvoří základ řídicího systému. V současné době je téměř každý řídicí systém navržen na bázi průmyslového počítače, což usnadňuje tvorbu uživatelského rozhraní. Avšak jen profesionální řídicí systémy jsou vybaveny tzv. interpolátorem zařízení, který slouží výlučně k řízení pohybů stroje. Existují řídicí systémy, které jsou ve skutečnosti simulátory řídicích systémů pro PC. Žádný počítač nepracuje bohužel v reálném čase, protože musí zvládnout mnoho úloh, které jsou řazeny do pořadí operačního systému. Snímání klávesnice, disků, zobrazení obrazu na obrazovce, komunikace po síti, to jsou jen některé z úloh, které PC provádí tisíckrát za sekundu. Do těchto úloh patří algoritmy, řídicí pohyby stroje, které vypočítávají následnou polohu a odesílají ji do servopohonu.

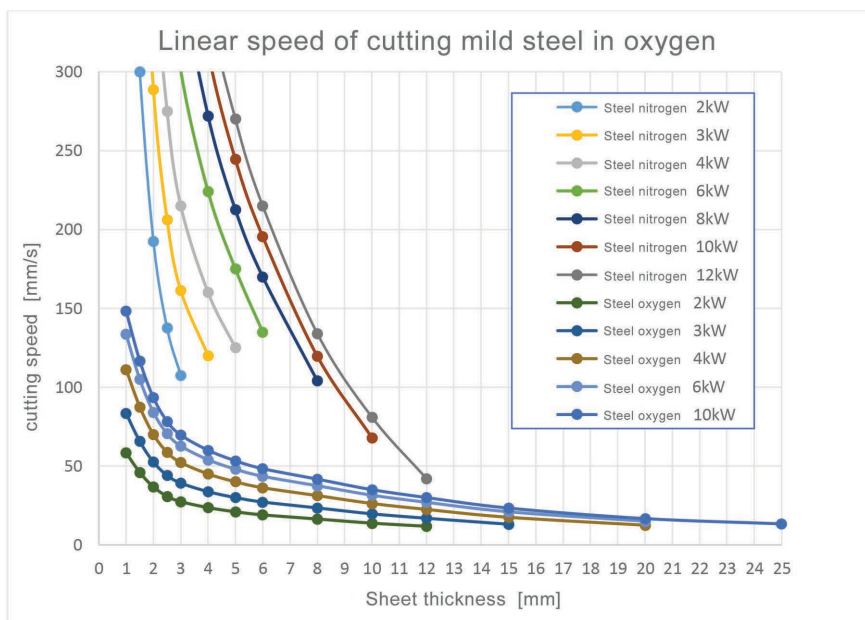
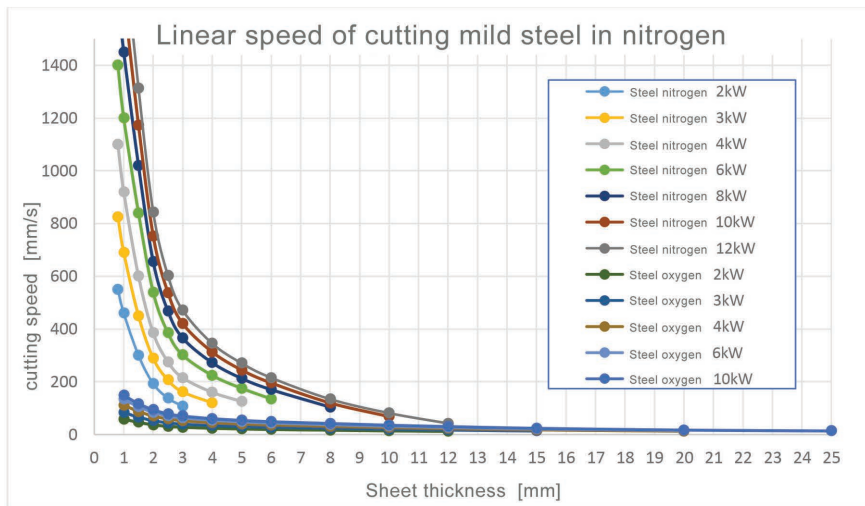
Přestože tyto úlohy vykonává procesor, nespotřebovávají stejné množství času a data nejsou odesílána do servopohonu ve stejných intervalech. Jedná se jev nazývaný „jitter“, který může zhoršit kvalitu pohybu, způsobit přeskakování stroje, vibrace a vzlnění okraje dílu. Proto jsou profesionální systémy řízení pohybu řezací hlavy vybaveny dalším, speciálním procesorem, zvaným interpolátor. Jeho jediným úkolem je řídit pohyby servopohonu. Je třeba poznamenat, že systémy pracující na bázi programového simulátoru jsou velmi levné (od 1 000 EUR) a často je to až desetkrát méně než náklady na zpracování návrhu zařízení. Profesionální řezací lasery jsou vybaveny systémy, jejichž součástí jsou interpolátory. Přesto existují výrobci, kteří používají levnější řešení, aby dosáhli domnělých úspor. Společnost Kimla vyrábí již 20 let řídicí systémy s interpolátory, které komunikují se servopohony prostřednictvím průmyslového komunikačního protokolu Real Time Ethernet.

VÝKON LASERU

Výkon prvního laseru používaného k řezání kovů dosáhl stovek wattů a umožnil řezání dílů z plechů o tloušťce 3 mm mírnou rychlostí. Snaha o zvýšení výkonu byla přirozená, umožňovala zvýšení účinnosti a rozsahu řezaných materiálů. Rychlý technologický rozvoj přinesl navýšení hodnot výkonů do řádu kilowattů, ale toto zvýšení výkonu se lineárně neodrazilo ve zlepšení účinnosti a tloušťky plechů, které bylo možno řezat.

První vláknové laserové řezací stroje se mohly pochlubit poměrně malými výkony mezi 1 a 2 kW, což znamená, že maximální tloušťka řezání se úměrně zvyšovala. Při přechodu na vláknové lasery o výkonu 2 kW a vyšší se nárůst zpomaluje a další zvyšování výkonu přináší postupně menší nárůst možnosti tloušťky plechů, které je možné řezat.

Je třeba zdůraznit, že tloušťka řezu nemusí mít přímou souvislost s výkonem stroje. Jedna věc jsou laboratorní testy prováděné za optimálních podmínek a řezání různých plechů v průmyslovém prostředí jsou věc druhá. Proto je třeba při rozhodování o výběru laserového zdroje počítat s výkonovou rezervou. Výkonová rezerva má vliv na šířku procesního okna, což je rozsah jednotlivých parametrů, pro které je kvalita řezání přijatelná. Čím nižší je výkonová rezerva, tím obtížnější je vybrat správné parametry a řezat materiály, jejichž kvalita je horší.



Řezání neželezných kovů, nerezových ocelí, hliníku, titanu nebo tenkých plechů z černého železa se provádí pomocí dusíku a silnější plechy a desky z černého železa se řezou pomocí kyslíku. Při řezání kyslíkem vzniká mnohem větší mezera, než když k řezání používáme dusík a to znamená, že rychlost řezání je mnohem nižší. Vzhledem k dostupnému výkonu se proto černá magnetitová ocel řeže účinněji a s nižšími náklady a používá se při tom dusík.

Jak je patrné z výše uvedených tabulek, výhoda řezání tenkých plechů pomocí dusíku je opravdu velká a řezání je téměř pětkrát rychlejší ve srovnání s řezáním pomocí kyslíku za použití laseru stejného výkonu. Při řezání silnějších plechů a desek tento nepoměr poněkud klesá, i když je stále velký. Je třeba poznamenat, že se kvůli vyššímu tlaku při řezání pomocí dusíku používá větší množství plynu, ale nižší cena dusíku a mnohem vyšší účinnost řezání tyto rozdíly vynahradí.

Uvedené údaje také potvrzují, že maximální tloušťka řezaného materiálu závisí na výkonu laseru. Například laser o výkonu 3 kW je schopen řezat plechy a desky o tloušťce 15 mm, ale maximální tloušťka při řezání pomocí dusíku je jen 4 mm. Je-li výkon zdvojnásoben na 6 kW, pak se mezní tloušťka řezání pomocí dusíku zvyšuje na 6 mm. To umožňuje řezání o rychlosti šestkrát vyšší než je tomu u laseru o výkonu 3 kW.

Výše uvedený příklad ukazuje, že zvýšení výkonu je velmi rentabilní a investice by měly směřovat k vyšší výkonům laserů. Ale před přijetím rozhodnutí o volbě výkonu zdroje je třeba zvážit účinnost celého procesu řezání laserem.

ÚČINNOST LASEROVÉHO ŘEZACÍHO STROJE

Dynamika stroje je vlastnost, která definuje změny rychlosti v závislosti na obrysech dílů, po kterých se stroj pohybuje. Je ovlivněna rychlostí, zrychlením a náběhem.

Rychlost řezu je omezena druhem a tloušťkou plechu, výkonem laseru, ohniskovou vzdáleností, tlakem plynu a také průměrem a vzdáleností trysky. Na druhé straně je rychlost pohybu hlavy omezena tvarem dráhy, po které se hlava pohybuje a plyne zejména z hodnot linearity a hodnot zrychlení a odstředivého zrychlení, které se projevuje v zakřivených částech dráhy. V závislosti na druhu a tloušťce materiálu je omezení rychlosti řezání a pohybu hlavy v různé míře rozhodující pro celkovou účinnost stroje.

Zrychlení je čas, který stroj potřebuje k dosažení nastavené rychlosti, ale někdy je třeba jej

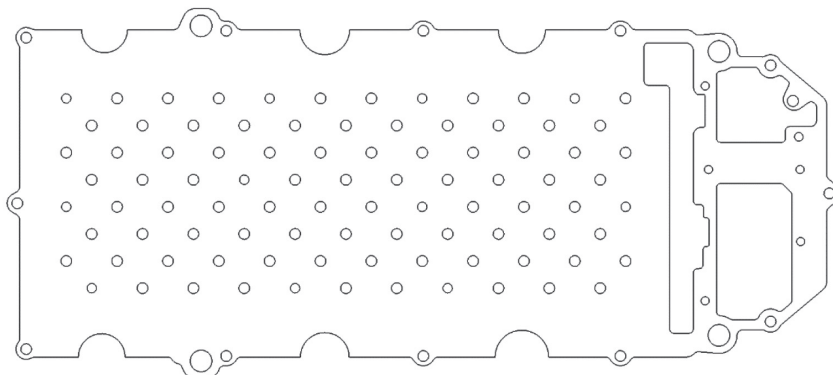
omezit v místech zakřivení, aby celková hodnota sil způsobených lineárním a odstředivým zrychlením nebyla vyšší než síly vyvíjené výkonem pohonů.

Naopak náběh je rychlost, při které zrychlení roste a je omezena tuhostí stroje a hnacích mechanismů, protože nedostatečný náběh by mohl vést k náhlým trhnutím a pohyb by nebyl plynulý. Avšak velká omezení náběhu mohou způsobit, že nastavené rychlosti nebude nikdy dosaženo. To by znamenalo výrazný pokles účinnosti stroje.

Zrychlení je významné pro účinné řezání tenkých plechů. Avšak rychlost, která je daná výkonem laseru může být natolik vysoká, že u dílů, kterých dílčí úseky jsou příliš krátké nemůže být dosaženo nastavené rychlosti. U malých dílů se často stává, že rychlost, jakou stroj reže, je jen zlomkem této rychlosti. U některých materiálů je hlavním faktorem omezujícím účinnost dynamika a výkon laseru má při tom až druhořadý význam. Tento problém je méně viditelný při řezání silnějších plechů a desek, protože rychlosti řezání nejsou tak vysoké a vzdálenost, na které dochází ke zrychlení, je relativně krátká.

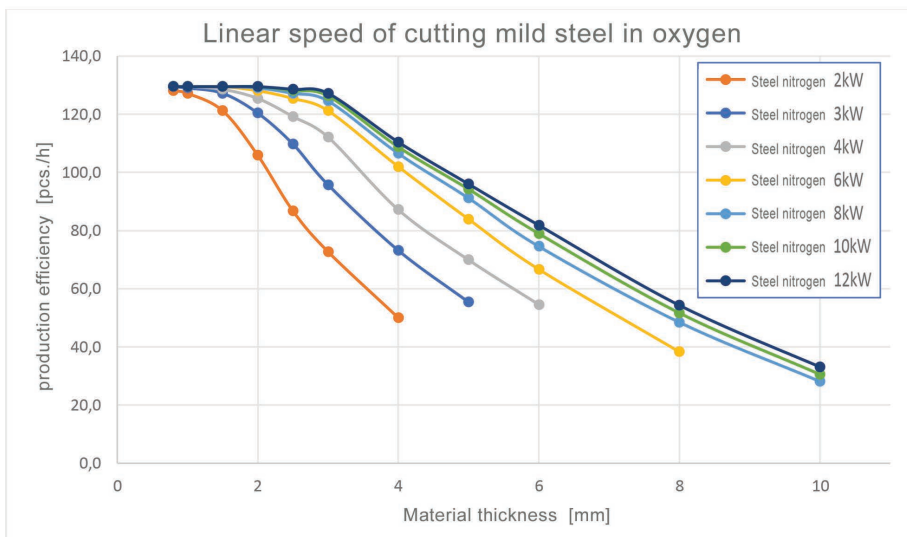
Zanalyzujme účinnost řezání vzorku dílu o velikosti 420 x 180 mm, který je zobrazen na obrázku, v závislosti na tloušťce plechu a výkonu laseru.

Je-li tloušťka plechu 0,8 mm, má výkon zdroje téměř zanedbatelný význam. Plech je tak tenký, že stroj se pohybuje po poměrně krátkých úsecích a při dané dynamice není schopen zrychlit na rychlost, kterou by bylo možné řezat. Je-li tloušťka plechu vyšší než 2 mm, rozdíly



začínají být patrné, ale nikoliv drastické. Při tloušťce 4 mm začíná hrát důležitou roli výkon, ale největší rozdíly, pokud jde o účinnost, se projeví při výkonu 6 kW.

Další zvyšování výkonu vede k lepší účinnosti, ale rozdíly jsou minimální. Je-li tloušťka kovu



větší než 4 mm, není laser schopen použít propalování za chodu a musí se při každém propálení zastavit a propálit materiál, v závislosti na tloušťce během 30-600 ms, a začít vyřezávat obrys. Jsou-li díly silné a je-li v nich velký počet otvorů, může nastat situace, kdy je celková doba propalování větší než doba řezání, což je nepříjemné. Doby propalování jsou mimo jiné dalším důvodem pro snížení účinnosti nad 3 mm tloušťky.

Při porovnání výkonů 6 kW a 12 kW se zdá, že vidíme nárůst až o 80 %, ale při analýze doby potřebné k vyřezání vzorku dílu s přihlédnutím k časům potřebným k propálení a omezením plynoucím z dynamiky stroje rozdíl nepřesahuje 10 %. Je třeba poznamenat, že hodnoty účinnosti řezání, které jsou uvedené v grafu, se týkají určitého vzorku dílu a budou se mírně lišit v závislosti na tvarech a počtu otvorů.

Analýza rozdílů v účinnosti při řezání silných plechů a desek s lasery o výkonu 6 kW a 12 kW s použitím kyslíku ukazuje, že při výkonu převyšujícím 6 kW prakticky nedochází k žádnému zvýšení účinnosti řezání, které by plynulo z rychlosti plnění paprsku. Očekávat můžeme mírné zvýšení účinnosti v důsledku mírně rychlejšího propálení při vyšším výkonu, ale celková účinnost řezání při navýšení výkonu z 6 kW na 12 kW se nezvýší o více než 15 %.

Shrneme-li toto srovnání, vidíme, že zásadní rozdíl v účinnosti se projeví pouze u takových tlouštěk, u kterých daný výkon umožňuje řezání s použitím dusíku. Nižší výkony to neumožňují. Například laser o výkonu 6 kW může řezat pomocí dusíku magnetitové železné plechy a desky o tloušťce do 6 mm a laser o výkonu 10 kW do 10 mm. To znamená, že rozdíl v účinnosti při změně výkonu z 6 kW na 10 kW bude evidentní u plechů s tloušťkou 8 mm a 10 mm. To ukazuje, že využití výkonnějších laserových řezacích strojů je hospodárnější v případech, kdy výrobce řeže většinu dílů z plechů v tomto rozsahu tlouštěk. Pokud však na

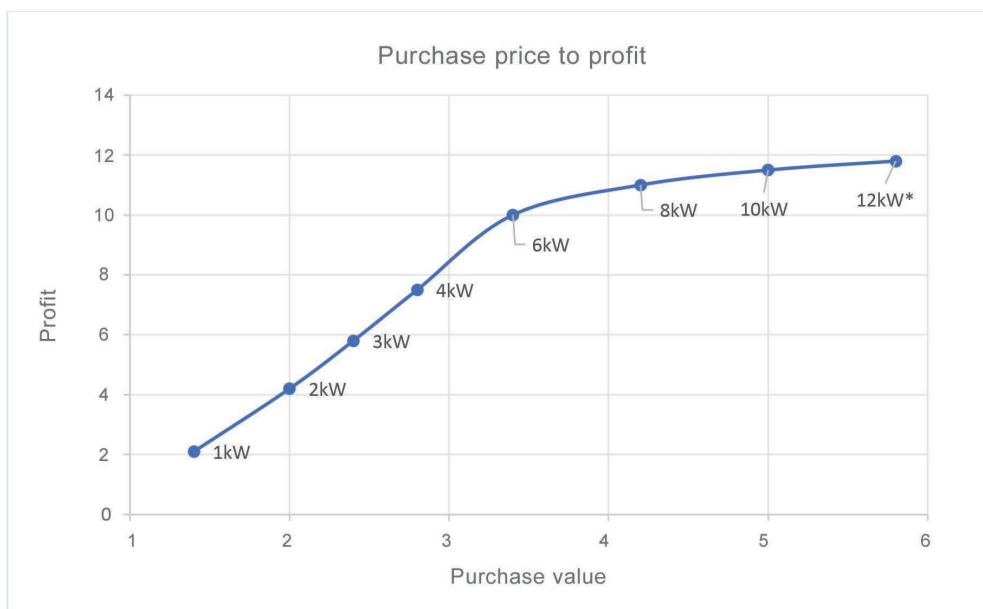
druhou stranu zprůměrujeme navýšení účinnosti pro celý rozsah tlouštěk plechů, pak jeho navýšení nepřesáhne 10-15 %.

Další faktor, který bývá často opomíjen a který ovlivňuje výsledky analýzy účinnosti laserového stroje, jsou prostoje, jelikož většina strojů nepracuje bez přestávky. Výměna stolů, čas potřebný ke spuštění programů, pohyby hlavy naprázdno, výměna trysek, přestávky v práci na provedení údržby jsou nezávislé na zdroji výkonu. Analýza skutečného času potřebného řezání naznačuje, že se pohybuje v rozsahu 60 - 90 % trvání směny. Je třeba poznamenat, že se zvyšováním účinnosti řezání se přestávky mezi řezáním nezkracují. To vede nakonec k tomu, že při přepočtu účinnosti na počet vyrobených kusů za směnu bude navýšení účinnosti výroby menší, než naznačuje zvýšení výkonu laseru.

Protože výkon, který nabízí laserový stroj má výrazný vliv na náklady zařízení, měli by výrobci pečlivě analyzovat zisk a náklady.

Například laser o výkonu 12 kW stojí téměř stejně jako dva lasery o výkonu 6 kW, což znamená, že navýšení účinnosti nepřesáhne 15 %. Většinou je mnohem výhodnější investovat do dvou laserů o výkonu 6 kW, protože výrobci tím při řezání každého plechu a každého tvaru navýší účinnost o 100 %.

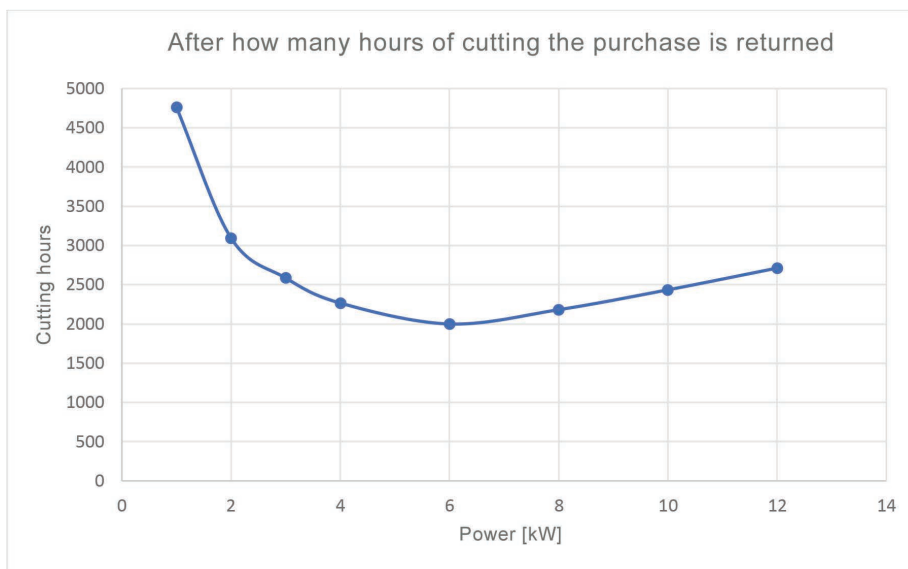
Výše uvedený graf ukazuje odhadované možnosti zisku z laserů s různými zdroji výkonu s ohledem na snížení pořizovací ceny stroje na základě údajů získaných od společností, které poskytují služby řezání laserem. Na počátku vede zvýšení výkonu laseru k vysokému nárůstu zisku v poměru k nárůstu pořizovací ceny. Proto nemá pro účely poskytování služeb



nákup laserů nabízejících nižší výkon žádný smysl. Minimální výkon, který by měl stroj mít, aby výrobce dosáhl rozumné míry zisku, je 3 kW. Další nárůst výkonu vede k dalšímu zvýšení zisku až ke strojům o výkonu 6 kW. Pak křivka začíná padat. Bez ohledu na značné navýšení investic zisk začíná klesat.

Za zmínku stojí, že procentuální nárůst příjmů, porovnáme-li výkony laserových řezaček 4 kW a 6 kW, je vyšší, než porovnáme-li stroje o výkonu 6 kW a 12 kW. Celkové investiční náklady mohou být také uvedeny ve formě času potřebného ke splacení nákladů na pořízení laseru ve vztahu k výkonu.

Nákup laserového stroje s nižším výkonem vyžaduje přibližně 5 000 hodin řezání, aby se investice vrátila. S rostoucím výkonem strojů se však tato doba zkracuje a dosahuje maxima u zařízení o výkonu 6 kW. Jak již bylo uvedeno výše, stroje o výkonu převyšujícím 6 kW snižují míru ziskovosti a investiční náklady rychle rostou, což se projevuje v delší době návratnosti.



PRO VÝROBNÍ ÚČELY NEBO K POSKYTOVÁNÍ SLUŽEB

Aby si výrobce mohl zvolit nevhodnější laser, musí nejprve zvážit účel nákupu stroje. Je třeba zohlednit různé aspekty v závislosti na tom, zda je laserová řezačka pořizována pro vlastní účely výrobce, nebo pro poskytování služeb. Podívejme se na rozdíly při řezání plechu na vlastním laserovém řezacím stroji výrobce ve srovnání s objednáním takové práce subdodavatelské firmě.

Pokud si necháme řezat plechy u společnost nabízející služby, budou náklady činit například 500 Kč. Pokud si však výrobce nařeže plech na vlastním stroji, budou náklady na řezání činit například 27 Kč u stroje o výkonu 2 kW, 22 Kč u stroje o výkonu 3 kW a 17 Kč u stroje o výkonu 4 kW. Je zjevné, že vzhledem k tomu, že rozdíl v nákladech na řezání plechu na strojích o výkonu 2 kW a 4 kW je pouze 10 Kč, rozdíl pořizovací ceny těchto laserů se nevrátí tak rychle.

Podívejme se na to z jiného úhlu: jestliže výrobce plánuje implementovat řezání laserem a nabízet ho jako službu, použije-li laser o výkonu 2 kW, bude schopen zpracovat například pět plechů za hodinu. Díky tomu vydělá 2800 Kč za hodinu. S laserem o výkonu 3 kW vyřeže 7,5 plechů za hodinu a vydělá 4200 Kč za hodinu a s laserem o výkonu 4 kW vyřeže 10 plechů za hodinu a vydělá 5600 Kč za hodinu. Nákup laseru o vyšším výkonu mu v tomto případě zajistí možnost vyššího zisku.

NÁKLADY NA ÚDRŽBU LASERU

Klíčovým faktorem, který ovlivňuje nákup laserového stroje jsou provozní náklady.

Ty se skládají z nákladů na díly, plyny a elektrickou energii. Průměrné provozní náklady na provoz vláknového řezacího laseru se odhadují na 160 až 390 Kč za hodinu v závislosti na výkonu zdroje a druhu plynu.

I když jsou důkazy o nízkých provozních nákladech vláknových laserů ve srovnání s lasery na bázi CO₂ samozřejmě opodstatněné, neměly by být tyto důkazy vykládány nesprávně.

Provozní součásti, jako jsou trysky, ochranná sklíčka a keramické držáky, může obsluha vyměnit během několika minut. Trysky se vyměňují ručně při výměně plechů, i když některá zařízení mohou být vybavena automatickými systémy výměny trysek. Ruční výměna není obtížná a trvá jen několik sekund. Keramický držák trysek tolik nepodléhá opotřebení, ale současně má důležitou roli jako bezpečnostní pojistka chránící hlavu před závažným poškozením. Ochranné sklíčko chrání fokusační čočku a zabraňuje vniknutí plynu do horního prostoru hlavy. Mezi často vyměňované prvky laserového stroje patří čočky, spoje optického vlákna a různé díly optiky, i když někteří výrobci laserů poskytují záruku i na další

provozní součásti zařízení.

Četnost potřeby výměny optiky v laserové rezačce je do značné míry ovlivněna výkonem laserového stroje, ale důležité jsou i další faktory. Statistické údaje ukazují, že optiku laserových řezacích strojů o výkonu 2 kW zpravidla není potřeba do dvou let měnit. U strojů s výkonem převyšujícím 6 kW se provozní životnost optiky výrazně zkracuje a u strojů s nejvyšším výkonem je třeba optiku vyměňovat po několika týdnech. Vývoj pokročilých optických technologií vedl k prodloužení životnosti těchto provozních součástí. Očekává se při tom, že životnost těchto dílů se bude i nadále prodlužovat.

ŘEZACÍ HLAVA

Laserová řezací hlava je jednou z nejdůležitějších součástí laserového stroje. Sehrává významnou roli ovlivňující kvalitu řezání, rychlost propalování a rozsah tloušťky materiálu, který lze strojem řezat.

Když se na trhu objevily vláknové optické lasery, první řezací hlavy vhodné pro tuto technologii byly poměrně jednoduché bez automatických prvků a bezpečnostního vybavení. Nakonec došlo k vývoji hlav s těmito funkcemi, ale jen pro vláknové lasery o výkonu 2 kW. Rychlý vývoj této technologie však vedl ke stanovení nového souboru požadavků na laserové hlavy. Laserová hlava se rychle stala nejslabším článkem vláknových řezacích laserů.

Výrobci laserů se pokoušeli dodávat hlavy kompatibilní s lasery s vyšším výkonem, ale nedostatek zavedených standardů v této oblasti vyústil do celé řady problémů. Například u prvních hlav vláknových laserů neměli operátoři šanci zjistit, že se s touto součástí něco děje, dokud nedošlo ke fatálnímu poškození čočky.

Fokusační čočky se mohou zahřívat až na teplotu, při které se povrch skla roztaví. Roztavené sklo, z něhož je čočka vyrobena, se odpaří a zkapalněný materiál se může dostat do styku se sousední kolimační čočkou, což může vést také k jejímu poškození.

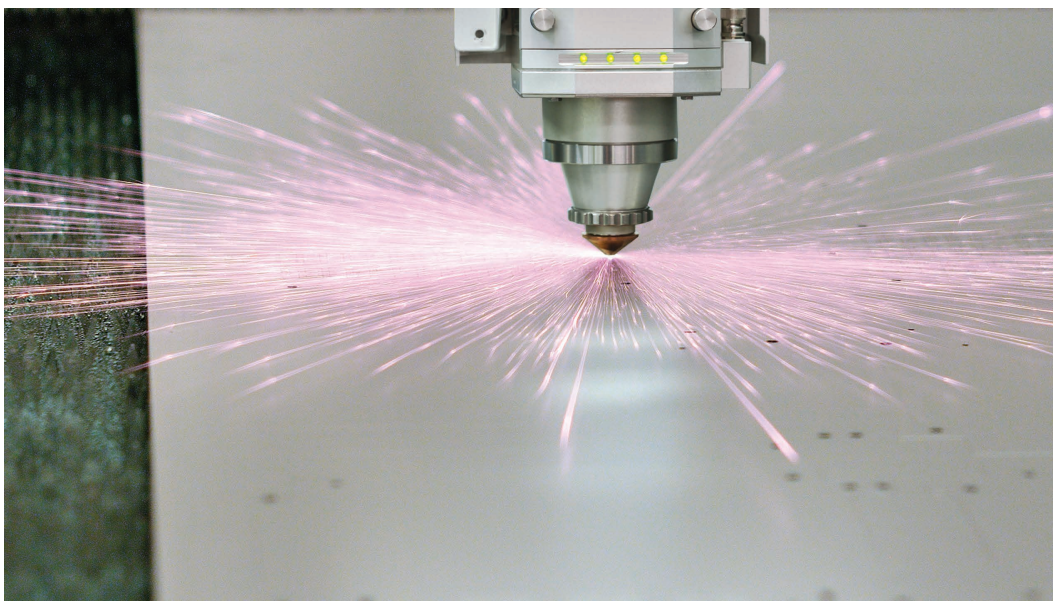
Poškozená kolimační čočka může poškodit křemenný hrot připojení optického kabelu. To může vést k tomu, že operátor, který v daném okamžiku nezaznamenal zhoršení kvality řezu, nevypnul stroj včas, aby problému zabránil. Je pak zapotřebí vyměnit celé optické zařízení.

Aby bylo možné tento problém vyřešit, byly učiněny pokusy o vývoj nové generace hlav, které by obsahovaly zařízení pro měření teploty čoček. Tyto teploměry ale měřily jen teplotu pouzdra čočky.

Protože sklo, z něhož jsou čočky vyrobeny, má poměrně nízkou tepelnou vodivost a pokud

dojde k přehřátí povrchu čočky, musí uplynout další čas, než se teplota čočky převede do pouzdra, a než se spustí bezpečnostní mechanismus. Tento mechanismus se bohužel často spouští příliš pozdě a tím dochází k poškození optických částí.

Společnost Kimla vyvinula bezkontaktní metodu měření teploty povrchu čoček založenou na mikro-bolometrických matricích. Ta umožňuje sledování teploty přímo v místě jejího vzniku, tedy přímo na čočce a tím se zabezpečí okamžité zastavení provozu, pokud dojde k překročení nastavené teploty.



MĚŘENÍ VZDÁLENOSTI OD MATERIÁLU

Měření je další velmi důležitým faktorem, který musí být při řezání laserem zohledněn. Laserová hlava musí postupovat po povrchu materiálu bez ohledu na to, jak je nerovný, a pohybovat se dostatečně vysokou rychlostí.

K měření měnícího se prostoru mezi tryskou a plechem využívá laserová hlava generátor rádiových vln. Čím více se tryska přiblíží k povrchu kovu, tím vyšší je objem a tím nižší je frekvence. Na základě tohoto poklesu se stanoví vzdálenost a upravuje výška laserové hlavy. U většiny laserů měření vzdálenosti a úprava výšky probíhá při frekvenci 1 kHz, tj. tisíckrát

za sekundu. Taková frekvence může být i přes to u vysokorychlostních strojů nedostatečná. Pokud se například hlava pohybuje rychlostí 1 m/s, výška hlavy se upraví po každém milimetru. Aby se zabránilo kolizi, je mimořádně důležité, aby reakce hlavy byla co nejrychlejší. To je důvod, proč společnost Kimla navrhla novou generaci měřicí jednotky, která pracuje se signály procesoru DSP, což umožňuje zvýšit frekvenci měření a úpravu výšky hlavy až na 20 kHz. Tento systém umožňuje zrychlení reakce a zpřesnění nastavení polohy hlavy.

Rozsah měření vzdálenosti od plechu je velmi důležitý při propalování silnějších materiálů. Při průpalech mohou jiskry a roztavený materiál unikat takovou rychlostí, že mohou překonat odpor pohybové energie plynu a vniknout do hlavy, což může způsobit zničení ochranného sklíčka. To je důvod, proč by při propalování silnějších plechů, zejména těch, které jsou řezány s použitím kyslíku, tryska měla být odtažena od materiálu až do výšky několika desítek milimetrů. To je výška, která se nachází mimo standardní pracovní rozsah regulátorů výšky. Proto většina laserů propaluje z výšky dosahující maximálně 10 mm což může způsobovat rychlejší opotřebení ochranných sklíček. Měřidla laserů Kimla byla navržena tak, aby jejich rozsah dosahoval 20 mm. Tento systém výrazně zkracuje dobu propálení a prodlužuje životnost optiky.

Aby bylo propalování možné z tak velké vzdálenosti, hlava musí být vybavena automatickou funkcí, která umožňuje snížit ohniskovou výšku směrem k povrchu plechu. Při propalování se musí hlava zvednout, ale ohnisko by mělo zůstat na povrchu materiálu.

Ochranné sklíčko od sebe odděluje vysokotlakou a nízkotlakou část. Těsnění sklíčka vyžaduje pravidelnou kontrolu, protože v opačném případě může dojít k poškození čočky. To je důvod, proč je měření tlaku tak důležité v obou těchto případech: ve vysokotlaké části pro kontrolu tlaku v trysce a nízkotlaké části pro kontrolu případných netěsností.

Stejně tak je důležité zajistit, aby do hlavy spolu s plynem nepronikla vlhkost, nebo aby nebyl chladicí systém omezen. Společnost Kimla pro zabezpečení nejvyšší možné míry kontroly stavu řezací hlavy, instalovala do svých laserových hlav následující snímače:

- Teplota horního ochranného sklíčka
- Teplota kolimační čočky
- Teplota pouzdra kolimační čočky
- Teplota fokusační čočky
- Teplota pouzdra fokusační čočky
- Teplota spodního ochranného sklíčka
- Teplota pouzdra ochranného sklíčka
- Teplota regulátoru výšky hlavy

- Tlak v trysce
- Tlak v oddělení čočky
- Vlhkost v komoře čočky
- Celková ztráta napájení hlavy
- Celková ztráta napájení na spoji optického vlákna
- Odraz paprsku od materiálu

Jedním z úkonů, které operátor provádí s laserovou hlavou, je výměna ochranného sklíčka. Je to relativně prostá a rychlá operace, ale při jejím provádění lze udělat mnoho chyb. Základním pravidlem je nenechat otevřený prostor ochranného sklíčka, protože by se do hlavy mohly drobné nečistoty ze vzduchu.

Operátor by také měl vždy mít na mysli, že se použité ochranné sklíčko nikdy nesmí obrátit vzhůru nohama a musí se vyměnit i sklíčko, které je i jen minimálně poškozené. Je třeba také uvést, že před výměnou ochranného sklíčka je třeba, aby operátor zkontroloval teflonové těsnění, protože i ta nejmenší netěsnost může způsobit další problémy.

Aby byla výměna sklíčka v stroji Kimla bezpečnější, je na původní ochranné sklíčko namontováno další ochranné sklíčko, aby při výměně nemohlo dojít k poškození optiky.

JAK POSTUPOVAT PŘI NÁKUPU LASERU

Zákazník, který chce investovat do laserového řezacího stroje, by měl tuto investici pečlivě zvážit, zejména pokud si kupuje svůj první laserový stroj.

Laserové řezací stroje patří k nejdražším CNC strojům, které si výrobce může pořídit, a pokud se rozhodne špatně, mohlo by to mít pro podnik katastrofální následky.

Zákazník by měl začít tím, že se seznámí se základními znalostmi o laserech a pochopí jejich praktické využití. I když to může trvat dlouho, může se tím zabránit tomu, aby investor zbytečně utratil miliony.

Níže je uveden soubor rad a doporučení obsahující faktory, které je třeba vzít v úvahu při nákupu laserového stroje a otázky, které je dobré položit potenciálnímu prodejci při rozhodování o nákupu zařízení.

Při zjišťování informací o laserech výrobci často navštěvují různé dodavatele nebo se na ně obracují telefonicky, aby získali informace o nabízených zařízeních. Pokud je to možné, doporučujeme vyžádat si tyto informace v písemné formě, například elektronickou poštou. Prodejci se často snaží potenciální zákazníky nalákat spíše na žargon než na fakta. Na informace obdržené v písemné formě je možné se zpětně odvolat.

E-mail může být následně otevřen a znovu přečten, abyste si osvěžili paměť a aby bylo možné prokázat, že prodejce poskytl tyto informace o vlastnostech stroje, pokud by v došlo k nějakým odlišnostem.

Obecně lze všechny laserové řezací stroje, které jsou dostupné na trhu, rozdělit do dvou kategorií, a to na stroje, které jsou spolehlivé, a stroje, které mají o něco vyšší hodnotu.

Odlíšit jeden stroj od druhého z hlediska jejich příslušnosti k některé z výše uvedených skupin je obtížné. Spolehlivost stroje nemusí vždy zaručovat nejvyšší výkonnost, a naopak vysoká výkonnost není zárukou spolehlivosti. Lze předpokládat, že lasery zavedených obchodních značek budou dobře fungovat a budou prostě dělat svou práci. Nemusí to sice být ty nejvýkonnější stroje na trhu, ale budou řezat to, co se od nich očekává. Zákazník by měl také mít na paměti, že velcí výrobci mají velké náklady a to znamená, že musejí hodně vydělávat. Zvyšování cen v konkurenčním prostředí situaci neřeší, a proto se nabízí využít pro získávání zajímavých příjmů poskytováním kvalitních poprodejních služeb.

Napadlo vás někdy, proč jedna společnost nabízí ochranná sklíčka za 40 EUR za kus a jiná je nabízí za 200 EUR? Jsou vyrobeny ze stejného skla, mají stejné protiodrazové vrstvy a mohou být dokonce vyrobeny ve stejném výrobním závodě. Ukazuje se, že součástí těch dražších je patentovaná část, co znamená, že žádná jiná společnost není oprávněna takový výrobek vyrábět.

Jiným příkladem opatření, která nejsou zjevně určena k tomu, aby kvalita a funkčnost byla

vyšší, nýbrž slouží k vytvoření stálého toku peněz, je program, který kontroluje výrobní číslo jednotlivých dílů řídicího systému. Pokud číslo není na seznamu výrobků, který zakoupil výrobce laseru, pak taková součástka nebude fungovat.

Takže i když je součástka vyrobena renomovaným výrobcem za cenu například 4 000 EUR, nebude fungovat, protože nemá požadované výrobní číslo. Ve srovnání s tím součástí zařízení, která potřebné výrobní číslo obsahuje, by mohla stát například 14 000 EUR.

Další způsob, jakým výrobci zvyšují své příjmy je nabídka poprodejních služeb. Jestliže dojde k poruše laserového zdroje, musí se uživatel obrátit na dodavatele, který laser neopraví, ale kontaktuje výrobce stroje, aby zajistil opravu.

Výrobce stroje pak může požadovat cenu opravy, což může dramaticky zvýšit náklady. Je tudíž důležité, abyste si před nákupem laseru ověřili ceny služeb a hlavních náhradních dílů, jako jsou například laserové moduly.

Společnost Kimla se již po mnoho let řídí pravidlem, že na poprodejních technických službách se nevydělává. Poprodejní technické služby jsou v každém případě placené, avšak ceny za tyto služby mají pokrýt náklady na potřebný čas k jejich provedení, nikoliv vytvářet zisk. Díky tomuto přístupu často zjistíte, že když dojde k poruše zařízení, náklady na jeho opravu jsou mnohem nižší než u jiných výrobců.

Velké společnosti mají složitý rozhodovací proces a oddělení výzkumu a inovací jsou rozptýlena po celém světě. V důsledku toho se nové produkty vyvíjejí poměrně pomalu. Vývoj takového nového výrobku, jako je laserový řezací stroj, což je velmi pokročilé strojní zařízení, může od zahájení projektu až po jeho uvedení na trh trvat až 10 let.

Za tuto dobu mnoho technologických řešení projde změnami a to znamená, že nový stroj je zastaralý už v okamžiku svého uvedení na trh.

Na druhou stranu stroje, které jsou vyráběny v Asii nebo v podstatě kdekoli mimo Evropskou unii, se snaží přilákat potenciální zákazníky nízkými cenami. Je však třeba, aby si potenciální investoři uvědomili, že to není zadarmo.

Jak může tedy investor nejlépe stroj efektivně posoudit? Výrobcům je třeba položit blíže uvedené otázky a pak je třeba jejich odpovědi zvážit, aby bylo možné učinit informované rozhodnutí:

- Byl stroj vyroben v EU a jsou ve vaší oblasti k dispozici servisní služby výrobce?
- Byl zdroj vyroben v EU a jsou ve vaší oblasti k dispozici servisní služby výrobce?
- Byla hlava vyrobena v EU a ve vaší oblasti k dispozici servisní služby výrobce?
- Byl řídicí systém vyroben v EU a jsou ve vaší oblasti k dispozici servisní služby výrobce?
- Působí dodavatel ve vaší oblasti už více než 10 let?
- Má dodavatel showroom, kde si lasery můžete prohlédnout?
- Má dodavatel sklad náhradních dílů?
- Může se dodavatel pochlubit tím, že má ve vaší oblasti zákazníky, kteří vlastní nějaké jeho lasery?
- Je dodavatel majitelem prohlášení o shodě vydané nějakým orgánem z EU?
- Je řídicí systém stroje vybaven interpolátorem zařízení?
- Je možné laser instalovat bez nutnosti vybudovat základy?
- Je laser vybaven úplným krytem s certifikovanými infračervenými filtry?
- Je laser dodáván s programem CAD/CAM vyvinutým výrobcem laseru?
- Mají všechny osy magnetické lineární pohony?



SMLOUVA

- Zkontrolujte, zda se na stroj vztahuje záruka. (Prověřte, zda to nevyklučuje kupní smlouva, protože pokud by tomu tak bylo, stroj nebudete dodavateli moci vrátit, i když dojde k poruše).
- Ověřte si, zda je společnost prodejce registrována v ČR, nebo je pouze zprostředkovatelem a nákup provádí prostřednictvím prodejce, např. přímo v zemi, která není členem Evropské unie.
- Zjistěte si, zda má společnost pojištění alespoň na částku rovnající se kupní ceně laserového systému. Doporučujeme si vyžádat kopii pojistné smlouvy.
- Zjistěte si, zda dodavatel už prodal nějaké podobné lasery ve vaší oblasti. Není-li tomu tak, nemá dodavatel prostředky k poskytování poprodejních servisních služeb. Pokud ano, v okolí by mělo být provozováno několik takových strojů. Doporučujeme navštívit alespoň tři firmy, které takový laser používají. Optimální je navštívit takovou firmu bez účasti prodejce a promluvit si přímo s operátorem, protože majitelé mají jen málokdy nejpodrobnější informace o svých strojích. Nezapomeňte, že prodejce nikdy nepošle svého klienta k zákazníkovi, který je nespokojen. Proto je nezávislé vyhledání takového stroje a zjištění názorů na něj tak důležité.
- Prověřte výrobce laserového zdroje. Pokud stroj nebyl vyroben v Evropě, nestojí to za to riziko. Je velmi pravděpodobné, že v Evropě, natož pak například v ČR, nebude k dispozici žádná poprodejní podpora. Pokud výrobce laserového zdroje nenabízí žádnou poprodejní podporu, mohou nastat problémy s dopravou a nutností drahé zařízení zachraňovat. Záruční oprava může být v takovém případě spojena s vysokými náklady a odstávkou stroje po dobu několika měsíců.
- Ověřte si, jakým způsobem je poskytována poprodejní podpora. Je naprosto nutné, aby servis stroje zajistil přímo dodavatel. Dodavatel by měl být odpovědný za poprodejní podporu, protože jeho odpovědností je demontáž optického vedení před opravou a pak jeho zpětná montáž po opravě. Pokud je to provedeno nesprávně, odpovědný by měl být dodavatel (to musí být uvedeno ve smlouvě).
- Ověřte si způsob montáže laserové hlavy. Pokud byla hlava vyrobena v Asii, šance na profesionální poprodejní podporu je prakticky nulová. Ověřte si, kdo bude takovou hlavu opravovat, pokud se poškodí optika, a zkontrolujte pracovní podmínky a kvalifikaci osob odpovědných za opravu. Ověřte si, zda dodavatel má náhradní hlavu pro účely výměny. Ověřte si podmínky v laboratoři, kde se provádí servis hlav. Ověřte si zkušenosti dodavatele s jejich výměnou a zda dodavatel převezme odpovědnost, pokud bude výměna provedena nesprávně.

- Laser nikdy nekupujte od firmy, která nemá předváděcí laser. Jestliže prodejce představuje stroje pouze v katalogu, znamená to, že nic netuší o poskytování servisní podpory stroji ani neví, kde nakupovat náhradní díly. V případě jakýchkoli problémů nebude žádné srovnání, ani zdroj náhradních dílů.
- Je nutné navštívit společnost, od které si chcete laser koupit. Nikdy neobjednávejte laser pouze na základě návštěvy obchodního zástupce dodavatele.
- Sami posuďte, zda má taková společnost vhodný potenciál pro prodej takových strojů.

BEZPEČNOST

- Je laser vybaven krytem a certifikovanými infračervenými filtry? Není-li tomu tak, je provoz takového laseru v Evropě zakázán.
- Je laser opatřen značkou CE a je na něm uvedeno, zda certifikační orgán sídlí v Evropě? Pokud tomu tak není, může se stát, že stroj nesplňuje prohlášení o shodě CE.
- Investor by si měl mít na paměti, že značka CE je odpovědností dovozce. Proto je povinnost vydat značku CE na straně dovozce. Takový dovozce nemá ve většině případů prostředky na to, aby si takovou certifikaci připravil sám a musí si ji objednat u notifikovaného orgánu. Dokumentaci o posouzení rizik je třeba si vyžádat od certifikačního orgánu. Pracovat se strojem, který nemá označení CE, je zakázáno

ZÁRUKA

- Kupující by měl vědět, že na součásti laserového řezacího systému, jejichž provozní životnost nelze předvídat, se nevztahuje záruka. Abyste předešli jakýmkoli překvapením, prodejce by měl předložit seznam dílů, na které se nevztahuje záruka na stroj a ceník těchto dílů. Smlouva by měla obsahovat ustanovení konstatující, že všechny součásti stroje, které nejsou uvedeny na seznamu dílů vyjmutých ze záruky, jsou považovány za díly, na které se záruka vztahuje.
- Je třeba ověřit požadavky týkající se přípravy na montáž stroje a podmínky pro vybudování základů stroje. Můžete například zjistit, že laser musí být postaven na základ. Pokud si však uživatel pronajímá prostory, kde má být stroj instalován, zásah do podlahy a příprava základů nebudou možné. (Stroje Kimla nevyžadují budování základů). Stává se, že prodejci odmítají provádět záruční opravy poruch způsobených montážmi laseru bez předchozího vybudování vhodných základů.
- Je třeba také ověřit následující:
 - Jaká je provozní teplota laseru?
 - Jaká je jeho skladovací teplota?
 - Nemůže náhlé přerušování napájení stroje nebo jeho odpojení od stroje stroj poškodit?

POTENCIÁL LASERU

- Smlouva by měla vymezit rozměry plechů, které má laser řezat. Měly by být výslovně uvedeny druhy plechů a jejich tloušťky. Na tabulky v katalogích neberte ohled, protože mohou existovat výjimky. Také nabídky mohou obsahovat informace o tloušťkách řezaných materiálů, ale následné popisy mohou obsahovat podmínku: „Všechny parametry uvedené v této nabídce jsou pouze orientační a dodavatel za ně nenese odpovědnost.“ Velmi důkladně si přečtěte nabídky a smluvní podmínky.
- Někdy smlouva není vůbec uzavřena a nákup se uskutečňuje na základě všeobecných obchodních podmínek. Důkladně si přečtěte a uchovejte obecné obchodní podmínky. Pokud jejich ustanovení nejsou jasná, poradte se s právníkem.
- Při uvádění stroje do provozu, ujistěte se, že je možné řezat všechny specifikované plechy. Nikdy nepodepisujte protokoly o uvedení do provozu, pokud obsluha laseru není

schopna sama řezat všechny druhy specifikovaných plechů. Je to také určité ověření kvality školení.

- Zkontrolujte software pro zadání dráhy nástroje a to, kdo je zodpovědný za tvorbu postprocesoru a zda jsou všechny funkce laseru slučitelné s postprocesorem. V této oblasti může nastat celá řada překvapení.

- Určitě také stanovte pravidla, kterými se bude řídit aktualizace softwaru, pokud se vyskytnou chyby. Zjistěte, kdo a na základě čeho bude upravovat software a postprocesor.

- Zkontrolujte řídicí systém, jeho název a model a zda je to profesionální systém, nebo jde pouze o softwarový simulátor. Kromě toho si ověřte, zda byl přeložen do místního jazyka

- Ověřte si, zda vám byly dodány kompletní verze návodů k provozu a servisní údržbě.

- Zkontrolujte výrobce jednotlivých součástí: servopohony, převodovky, vedení, regulátory tlaku, motory, měniče, elektromagnetické ventily, PLC.

- Ověřte, zda výrobce dodal stroj s kopií programu řídicího systému pro případ, že by došlo k poškození zařízení a bylo by třeba provést výměnu – stroj nemůžete opravit bez programu dodaného výrobcem.

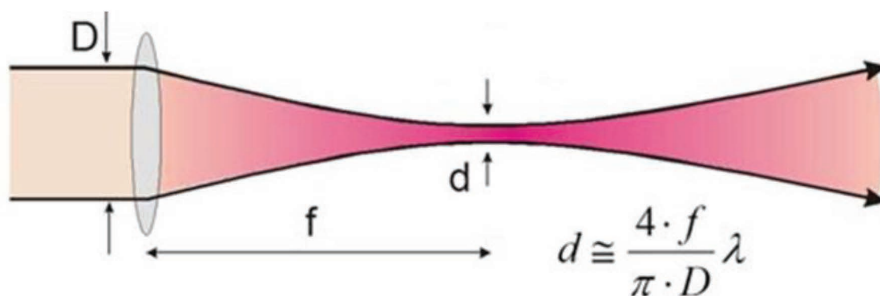
- Doporučujeme provést fyzickou kontrolu zásob náhradních dílů ve skladu dodavatele. Lasery jsou složitá zařízení a aby bylo možné počítat s rychlou podporou dodavatele, měl by dodavatel mít ve skladu neustále k dispozici prakticky všechny součásti laseru.

- Nezapomeňte si ověřit, jaká je skutečná účinnost laseru, protože rozdíly mezi jednotlivými řezacími stroji se mohou násobně lišit. Dodavateli poskytněte soubory .dxf se vzorovými díly, které mají být řezány v různých tloušťkách a z různých druhů plechů. Dodavatel by je měl vyřezat a vrátit spolu s informacemi o době potřebné k jejich vyřezání. Uchovejte si je jako referenční informace pro budoucí použití při uvádění stroje do provozu. Ve smlouvě by mělo být uvedeno, že během uvádění stroje do provozu budou ověřeny časové údaje pro řezání vzorků.

- Doporučujeme, abyste podobné údaje zaslali i ostatním poskytovatelům služeb k vypracování cenové nabídky. Nejlepším řešením je rozdělit konečnou cenu na náklady na materiál a náklady na řezání. Podle doby potřebné k řezání je možné vypočítat možný počet takových dílků vyrobených za hodinu a odhadnout, zda je řezání pomocí daného stroje rentabilní, či nikoli.

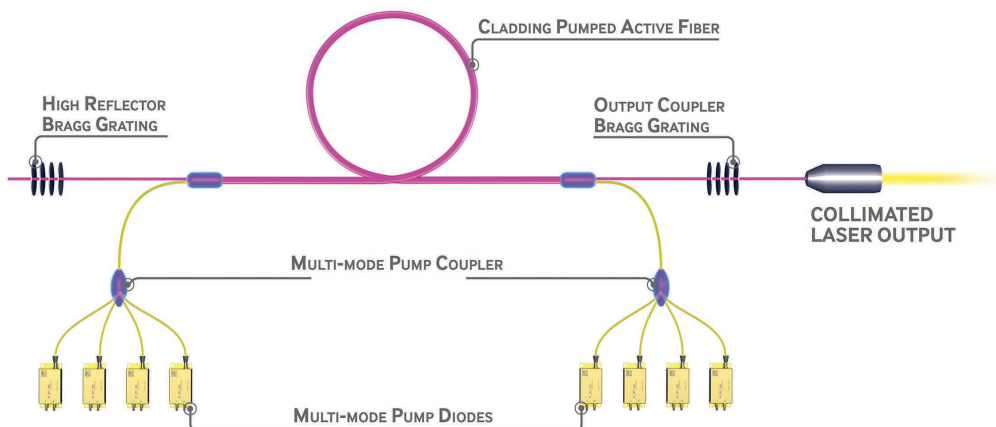
VLÁKNOVÝ NEBO CO₂ LASER

Fiber laser (vláknový laser) je zkrácený název laseru s rezonátorem z optických vláken. Od CO₂ laseru, se liší tím, že aktivním médiem je optické vlákno dopované yterbiem. Celý rezonátor tvoří pevný celek, nemá žádné vyměnitelné prvky a regulační prvky, jako jsou zrcadla. Lasery na řezání ocele se používali už v šedesátých letech. Technologie CO₂ se vyvíjí po mnoho let, ale v posledních letech nebyli v technologii řezání CO₂ laserem zavedeny žádné významné změny. Jejich omezená účinnost vyplývá přímo z fyzikálních jevů, ne z technologických omezení jejich výroby. Technologie optických vláken je v současné době nejmodernější metodou řezání plechů. Vyznačuje se mimořádnou účinností a efektivitou. Vláknové lasery mají mnohonásobně vyšší účinnost oproti CO₂ laserům, proto mají o mnoho nižší spotřebu energie. Energetická účinnost laserů s optickými vlákny se pohybuje kolem 35 %. Tato hodnota je o hodně vyšší než v případě CO₂ laserů, kterých účinnost se pohybuje kolem 5%. Například: 4kW CO₂ laser potřebuje 80kW a 2kW vláknový laser, se stejnými schopnostmi, má spotřebu jenom 6kW. Pokud vezmeme do úvahy výše uvedené fakty, náklady na provoz vláknového laseru související s elektrickou energií mohou být až desetnásobně nižší než v případě CO₂ laseru. Další výhodou vláknových laserů je o mnoho kratší vlnová délka světla, která umožňuje větší koncentraci energie v zaostřeném paprsku. Tato vyšší hustota energie umožňuje rychlejší řezání laserem s menším výkonem.



Obrázek ukazuje vzorec pro určení průměru zaostřeného rádiusu. Jak můžete vidět je úměrný vlnové délce, takže u CO₂ laseru s vlnovou délkou 10,6μm bude průměr zaostřeného paprsku desetkrát větší než u vláknového laseru s vlnovou délkou 1,06μm. Vláknový laser tedy může řezat mnohem koncentrovanějším laserovým paprskem a při dělení materiálu vznikne mnohem užší spára. Tavení užší spáry vyžaduje méně energie, a proto specifický výkon laseru umožňuje mnohem rychlejší řezání. Proto u tenkých plechů může být rychlost řezání vláknovým laserem až 5krát vyšší než u CO₂ laseru. Efekt zvýšení řezné rychlosti je také možný díky tomu, že absorpce vlnové délky 1,06μm kovy je mnohem vyšší, než je tomu u vlnové délky 10,6μm. Díky tomu mohou vláknové lasery řezat vysoce reflexní kovy, jako je měď, což pomocí CO₂ laserů nebylo možné.

Než byly vyvinuty vysoce výkonné vláknové lasery, objevily se také diskové CO₂ lasery. Generují stejnou vlnovou délku jako vláknové lasery, ale rezonátor má typ „otevřené dutiny“. U tohoto řešení je aktivním médiem také sklo dopované Ytterbiem, ale ve formě tenkého disku. V tomto případě musí světlo opustit aktivní médium dříve, než se odrazí od zrcadla a vrátí se do něj. Každý průchod hranicí středů sklo-vzduch způsobuje určité ztráty, což neumožňuje dosáhnout tak vysoké účinnosti jako u vláknových laserů, kde světlo neopouští sklo, dokud nedosáhne hlavy. Díky tomu je možné dosáhnout vyšší účinnosti a nižší náklady na údržbu.





www.kimla.pl

ul. Baltycka 30, 42-202 Częstochowa, Poland
phone: +48 34 365 88 85, fax: +48 34 360 86 11
email: kimla@kimla.pl
www.kimla.pl www.laserfiber.pl

Obchodní zástupce

KIMLA-CZECH s.r.o.
Nové sady 2, 602 00 Brno
Tel: +420 604 641 204
info@kimla-czech.cz
www.kimla-czech.cz