

Prezentácia stavu a výsledkov riešenia projektu

Názov projektu: Výskum a vývoj technologických uzlov CNC strojov na priestorové delenie materiálov energolúčovými technológiami

Druh projektu: aplikovaný výskum

Evidenčné číslo projektu: MŠSR-3804/2010-11

Logo riešiteľa:



Údaje o projekte

Riešiteľ: MicroStep, spol. s r. o.

Sídlo:

MicroStep, s. r. o., Vajnorská 158, 831 04 Bratislava

Prevádzky:

MicroStep, s. r. o., Tomášikova 28, 821 01 Bratislava

MicroStep, s. r. o., Nitrianska cesta 503/60, 95 801 Partizánske

MicroStep, s. r. o., Partizánska 2545, 962 05 Hriňová

Kontakt: varga@microstep.sk

Doba riešenia: 1.10.2010 - 30.09.2013

Vytvorenie / udržanie pracovných miest vo výskume a vývoji:

Počet nových pracovných miest vo výskume a vývoji: 10

Celkový počet pracovníkov výskumu a vývoja: 30

Zodpovedný riešiteľ: Ing. Alexander Varga, PhD.

Hlavný cieľ projektu

Projektu je zameraný na výskum a vývoj technologických uzlov CNC centier na delenie 3D priestorových dielcov energolúčovými technológiami, t. j. plazmou, plameňom, vysokotlakovým vodným lúčom a pevnolátkovým laserom.

Cieľom úlohy je vyriešiť vedenie rezacích hláv po nepresne definovaných povrchoch priestorových dielcov tak, aby bolo možné vytvárať rezy typu V, Y a K, vo všeobecnosti s premenlivými uhlami, ktoré sú potrebné pre následné zvaracie procesy. Ide napr. o rezanie dielcov rôznych kupolovitých tvarov, profilov rozmanitých prierezov, pričom obvykle ide o rezanie otvorov predstavujúcich prieniky takýchto geometrických útvarov.

Aplikačná oblasť takýchto systémov je mimoriadne široká a zahŕňa v sebe také významné oblasti ako je napr. výroba rúrových konštrukcií pre stavebníctvo, výrobu lodí, automobilový priemysel, výrobu technologických zariadení pre chemický priemysel, energetiku, atď. Záujem o takéto systémy na svetovom trhu rýchlo rastie pretože významne prispievajú k rastu produktivity výroby odbúravaním pomalých konvenčných metód mechanického opracovávanía.

V rámci projektu budú riešené mechaniky a riadiace systémy rezacích hláv vybavené sensorickým subsystémom identifikácie priestorovej orientácie a odchýlok tvarov rezaných dielcov od ich ideálne deklarovaných. Ďalej budú riešené riadiace algoritmy týchto hláv s integráciou technologických požiadaviek aplikovaného typu energolúčového rezacieho nástroja. Algoritmy majú zabezpečiť priestorovú adaptáciu rezacieho nástroja tak, aby boli dodržané technologické parametre rezania a bola dosiahnutá vysoká presnosť rezných povrchov. Riadiace algoritmy musia zabezpečiť dynamickú kompenzáciu odchýlok vznikajúcich vplyvom technológie (úkos vznikajúci z dôvodu tvaru plazmového oblúka, vodného lúča, atď.) Súčasťou projektu bude vývoj špecializovaného CAM systému na tvorbu programov pre tieto centrá.

Financie

Rok	2010	2011	2012	2013	Spolu
Plánovaná výška oprávnených nákladov na projekt	232000	927061	1022525	750162	2931748
Z toho vlastné prostriedky	117850	476124	519650	300065	1413689
Požadovaná dotácia	114150	450937	502875	450097	1518059
Podiel vlastných prostriedkov	50,80 %	51,36 %	50,82 %	40,00 %	48,22 %

Dopyt po výsledkoch / využitie výsledkov

Konečným cieľom projektu je rozšírenie produktov predkladateľa, firmy MicroStep, s. r. o., ktorá je výrobcou CNC strojov na delenie materiálov v oblasti najnáročnejších technológií priestorového delenia. Firma svoje produkty úspešne exportuje do 45 štátov sveta. Ide o vysoko sofistikované hi-tech produkty, pričom riešením projektu sa významne rozšíri konkurencieschopnosť firmy v oblasti najzložitejších rezacích systémov.

Popis prínosov za prvý rok riešenia

V prvom roku riešenia (od 1.10.2010 do 31.12.2010) úlohy „*Výskum a vývoj technologických uzlov na priestorové delenie materiálov energolúčovými technológiami*“ boli rozpracované:

- 3D rezacia hlava pre jednohorákové rezanie vo verzii na rezanie plazmou. Navrhnutá hlava bude nekonečne otočná s rozsahom náklonu horáka $\pm 120^\circ$
- 3D rezacia hlava na súčasné rezanie troma horákmi vo verzii na rezanie plameňom. Hlava je nekonečne otočná a rozsahom náklonu horákov $\pm 50^\circ$
- 3D rezacia hlava na rezanie vodným lúčom. Hlava je nekonečne otočná s rozsahom náklonu $\pm 90^\circ$
- 3D rezacia hlava na dynamickú kompenzáciu pri rezaní rovinných dielcov. Výkyvná hlava s rozsahom náklonov $\pm 7^\circ$
- CAM systém na tvorbu rezných plánov pre priestorové delenie materiálov

Tieto úlohy budú v ďalšej etape detailne riešené z hľadiska konštrukčných riešení, riešenia riadiaceho systému, programového vybavenia a výskumu technologických postupov rezania.

V nasledujúcej etape riešenia úlohy bude riešenie rozšírené na ďalšie technológie, technologické uzly zabezpečujúce pohyb týchto hláv a pohyb rezaného materiálu v pracovnom priestore týchto hláv tak, aby výsledky riešenia mohli byť priemyselne aplikovateľné.

Popis prínosov za druhý rok riešenia

V roku 2011 boli vývojové práce orientované na rozpracovanie koncepčných riešení z úvodnej etapy úlohy.

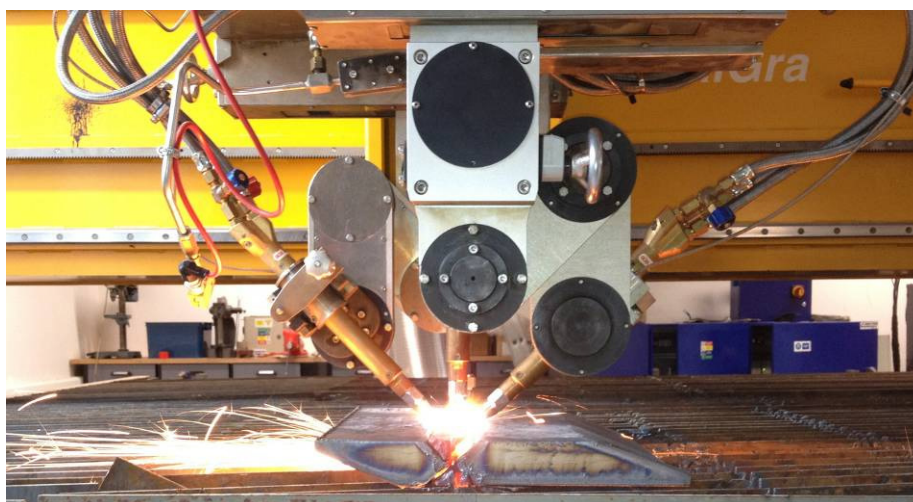
V tejto etape boli pripravené podrobné konštrukčné návrhy 3D hlavy na rezanie plazmou a na ich základe bol vyrobený prototyp hlavy. V súčasnosti sa prototyp nachádza v štádiu overovania a vývoja riadiacich programov. 3D hlava na jednohorákové rezanie kyslíkom je ku koncu sledovaného obdobia v štádiu ukončovania podrobnej konštrukčnej dokumentácie.

V roku 2011 bol ukončený vývoj autokalibračného systému rezacích hláv a výsledky boli adaptované na vyvíjané 3D hlavy. Na overenie dosiahnutých výsledkov v priemyselných podmienkach bola realizovaná aj priemyselná aplikácia tohto systému.

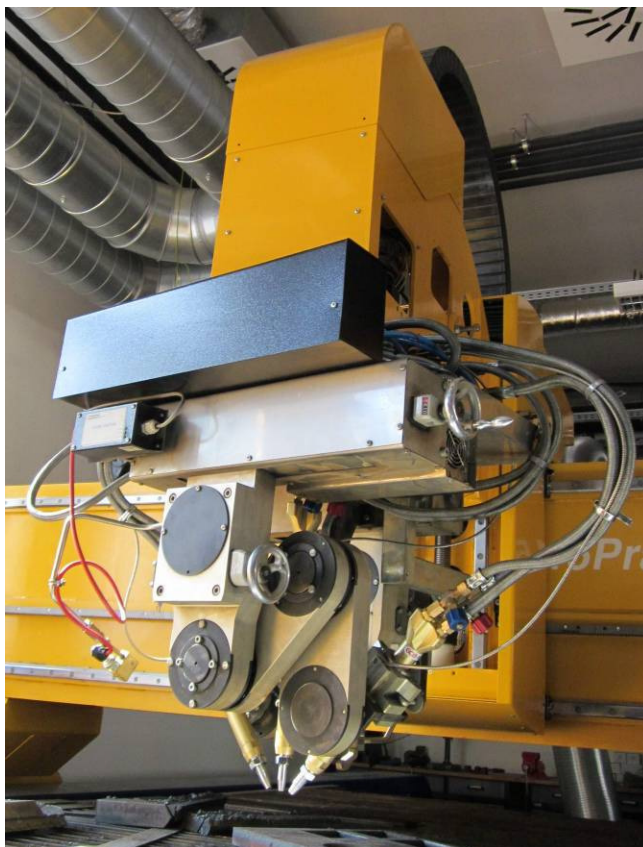


Obr. 1. Pohľad na 3D rezaciu hlavu s náklonom do 120° a s autokalibračným systémom

V súlade s plánom riešenia úlohy bol v roku 2011 realizovaný podrobný konštrukčný vývoj trojhorákovvej hlavy na rezanie kyslíkom, hlava bola realizovaná vo verzii s ručným nastavovaním náklonov a posuvov horákov. Následne prebiehal výskum technologických postupov v procese rezania a optimalizácia parametrov tohto procesu. Zároveň prebiehal vývoj programového vybavenia riadiaceho systému hlavy.



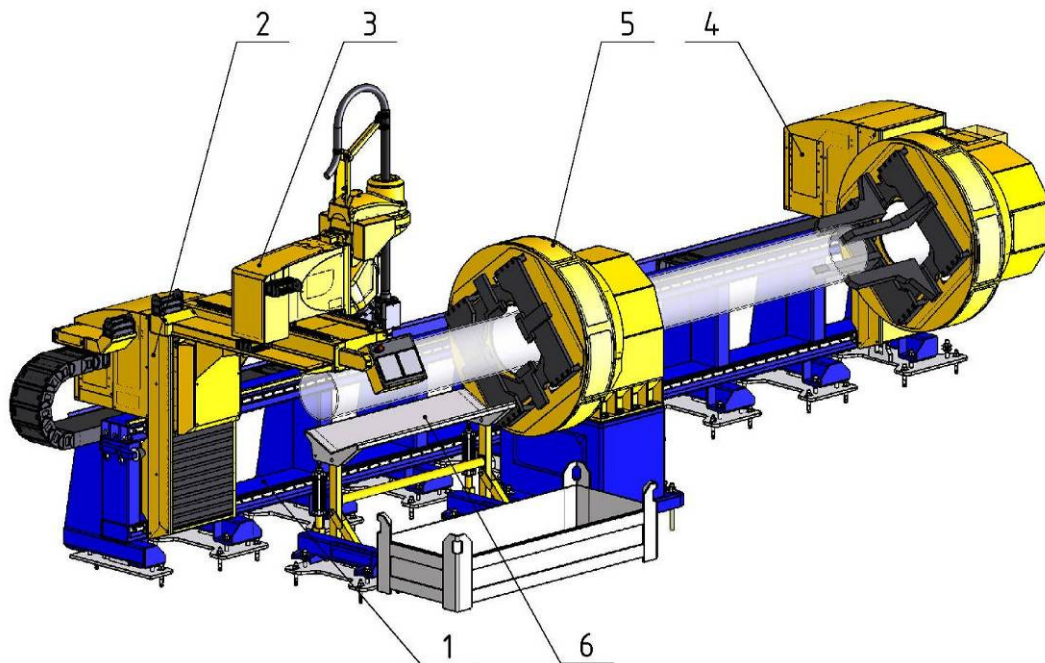
Obr. 2. Pohľad na 3D hlavu na rezanie kyslíkom v procese rezania



Obr. 3. Celkový pohľad na 3D hlavu na rezanie kyslíkom umiestnenú na skúšobnom stende

V oblasti rezania vysokotlakovým vodným lúčom bol v roku 2011 realizovaný vývoj kinematickej štruktúry 3D hlavy vo verzii s náklonom 7°. Hlava pre úkosové rezanie je v súčasnosti v štádiu navrhovania konštrukčnej dokumentácie. Súbežne bolo v roku 2011 rozpracovávané programové vybavenie pre tieto hlavy a pripravuje sa testovací stend na overovanie navrhovanej technológie a získanie parametrov pre realizáciu algoritmu rezania.

V roku 2011 bol v rámci riešenia úlohy navrhnutý modulárny systém, ktorý spolu s navrhovanými 3D hlavami tvorí komplexného riešenie na rezanie rúr a profilov. Boli navrhnuté detailné konštrukčné riešenia jednotlivých modulov a začala sa realizácia skúšobného stendu na testovanie riadiacich algoritmov pri rezaní rúr a profilov. Stend bude po dokončení v roku 2012 slúžiť aj na overovanie CAM systému vyvíjaného v rámci tejto úlohy.



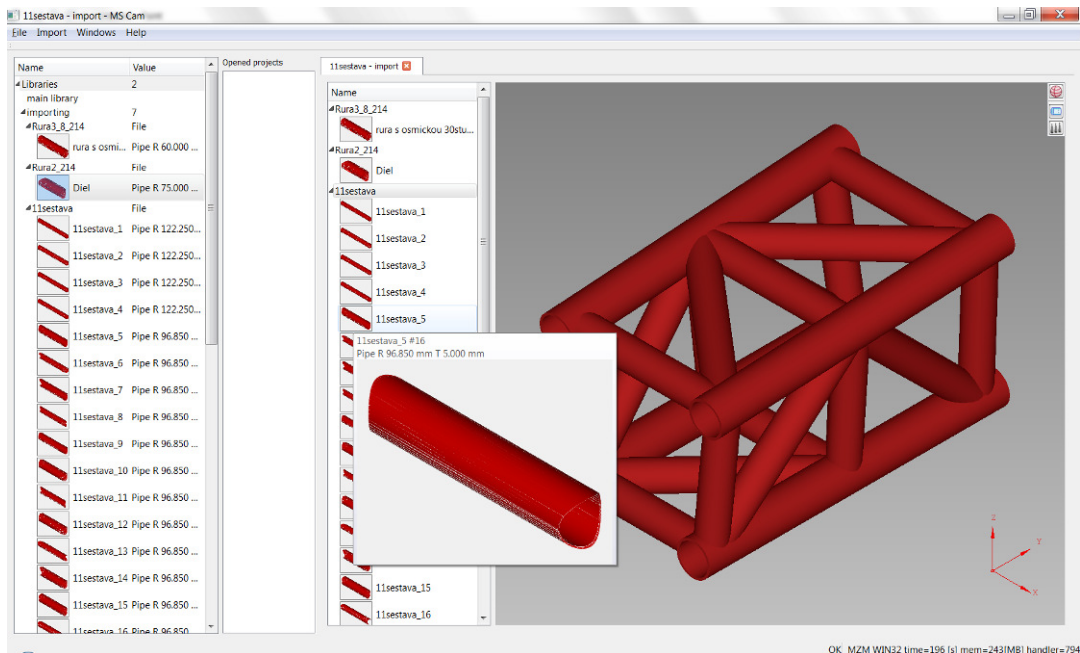
Obr. 4. Skúšobný stend na testovanie riadiacich algoritmov pri rezaní rúr a profilov

Význam komponentov na Obr. 4:

1. Rám stroja – X-ové vedenie,
2. Univerzálny suport,
3. Priečnik s plazmovým rotátorom,
4. Manipulačný nástavec,
5. Stacionárna podpera s rotačným skľučovadlom.

Vyvíjaný modulárny systém na rezanie rúr a profilov

Programový CAM prostriedok na tvorbu rezných plánov bol v roku 2011 značne rozpracovaný, pričom postup prác prebieha v súlade s časovým harmonogramom úlohy.



Obr. 5

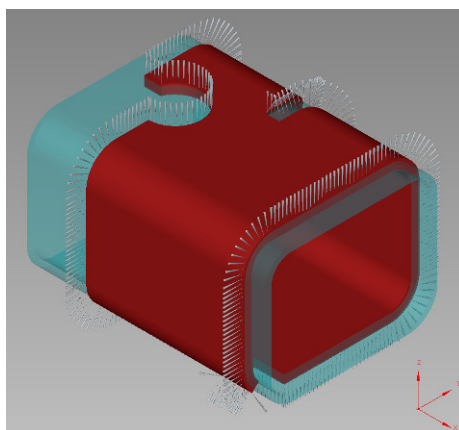
Na základe analýzy požiadaviek bola zvolená platforma OpenCascade Technology ako optimálny nástroj pre vývoj CAM systému. Vnútna reprezentácia trojrozmerných objektov sa realizovala pomocou hraníc (BREP - boundary representation), keďže táto metóda sa ukázala ako najvhodnejšia pre ďalšie spracovanie objektov za účelom definovania rezných dráh. Bola navrhnutá celková štruktúra systému a boli vyvinuté nasledovné moduly:

Modul importu trojrozmerných objektov do systému

V súčasnosti je možné importovať objekty vo formáte STEP, ktorý generuje väčšina bežne používaných CAD programov. Ďalšou možnosťou je vytvorenie objektov zvinutím dvojrozmerných tvarov zadaných vo formáte DXF.

Modul vizualizácie objektov

Vizualizácia trojrozmerných objektov s využitím knižníc OpenCascade umožňuje približovanie, posúvanie, rotáciu objektov a zobrazenie súradnicových osí.



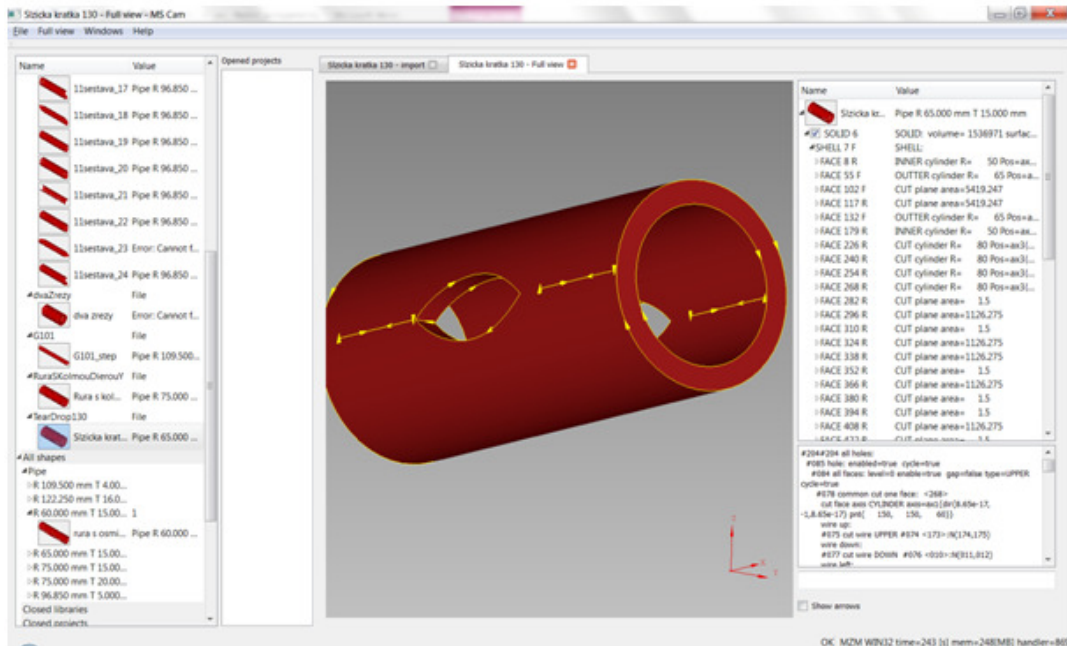
Obr. 6

Modul rozpoznávania definovaných tvarov objektov

V súčasnosti sú realizované algoritmy na rozpoznávanie rúr kruhového a obdĺžnikového prierezu, guľových plôch, torosferických kopúl, H-profilov a rovinných plechov.

Modul detailnej analýzy tvaru

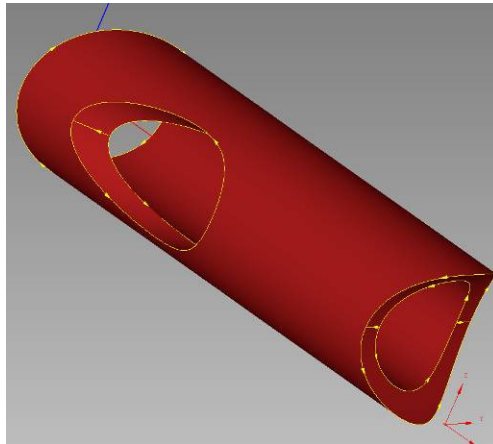
Je to pomocný modul, ktorý umožňuje zobraziť tvar aj s jeho detailnou štruktúrou tak, ako bol navrhnutý v pôvodnom systéme a slúži na podporu identifikácie problémov.



Obr. 7

Modul vyhľadavanie rezných hrán a generovania teoretickej dráhy nástroja

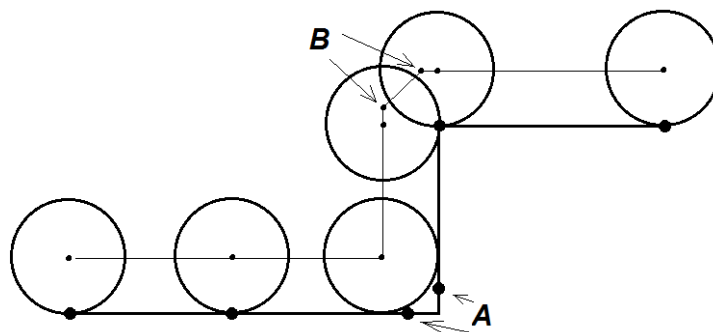
Modul na objekte automaticky vyhľadáva hrany, ktoré majú vzniknúť delením materiálu, z nich vytvára rezné plochy a tie delí na jednotlivé rezy (zložitejšie rezné plochy napr. v tvare Y alebo K sú výsledkom viacerých rezov). Z jednotlivých rezov sa generuje teoretická dráha nástroja – postupnosť bodov a smerov, ktorými sa teoretický nástroj pohybuje.



Obr. 8

Modul kompenzácie dráhy podľa polomeru nástroja

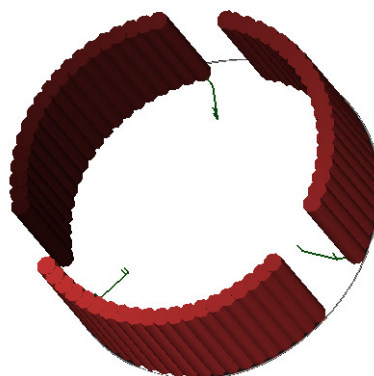
Skutočná rezná dráha sa posúva o polomer nástroja od teoretickej reznej dráhy, algoritmus pracuje iteratívnym spôsobom, každý úsek sa postupne skracuje tak, aby nekolidoval s nasledujúcimi úsekmi, niektoré kratšie úseky sa eliminujú úplne.



Obr. 9

Modul generovania mostíkov

V niektorých prípadoch je potrebné reznú dráhu prerušiť, aby odpad ostal počas celého procesu rezania spojený s materiálom a nedochádzalo k deformácii výsledného výrobku. Na takýto účel slúžia na vhodnom mieste generované mostíky.



Obr. 10

Modul generovania nábehov a výbehov

Niektoré technológie delenia materiálu vyžadujú začať prípadne aj ukončiť rez mimo kontúry hotového výrobku, aby neprišlo k jeho poškodeniu. Preto modul generuje nábehy na kontúru a výbehy z nej, ktoré majú definovaný tvar a dĺžku.

V rámci riešenia v roku 2011 boli podrobne rozpracované všetky časti úlohy zameranej na 3D rezanie energolúčovými technológiami.

Popis prínosov za tretí rok riešenia

V roku 2012 prebiehali práce na riešení úlohy v nadväznosti na výsledky dosiahnuté v roku 2011. Na základe podrobného konštrukčného návrhu bola v roku 2012 realizovaná hlava pre kyslíkové rezanie a bola nainštalovaná na testovací stend. Realizovaná hlava je znázornená na Obr. 11.



Obr. 11. 3D hlava na jednohorákové rezanie kyslíkom so senzorickým systémom

Hlava na jednohorákové rezanie kyslíkom je vybavená polohovacím systémom skenera tak, aby bola vhodná na riešenie úloh dodatočného úkosovania. Súčasťou riešenia bolo aj programové vybavenie riadiaceho systému pre tento typ 3D hlavy. V roku 2013 prebehnú technologické skúšky zamerané na overovanie riadiacich algoritmov.

V rámci riešenia úlohy bol v roku 2012 ukončený konštrukčný návrh 3D rezacej hlavy na rezanie vodným lúčom. Pri konštrukcii bola snaha v čo najväčšej miere eliminovať pružnosti kinematického reťazca a dosiahnuť čo najväčšiu presnosť riešenia. Z tohto dôvodu boli pre pohon oboch osí A a B použité priame momentové motory v snahe úplne eliminovať mechanické prevody na výstupe motora. Výhodou tohto riešenia je, že motor pôsobí na poháňanú časť priamo, čím sa eliminujú všetky nepriaznivé vlastnosti mechanických prevodov. Výsledkom je vyššia presnosť polohovania,

možnosť dosiahnutia vyšších rýchlostí a zrýchlení, zjednodušenie výroby mechaniky stroja a vyššia účinnosť pohonu. Na Obr. 12 je pohľad na realizovanú 3D hlavu.



Obr. 12. 3D hlava na rezanie vodným lúčom

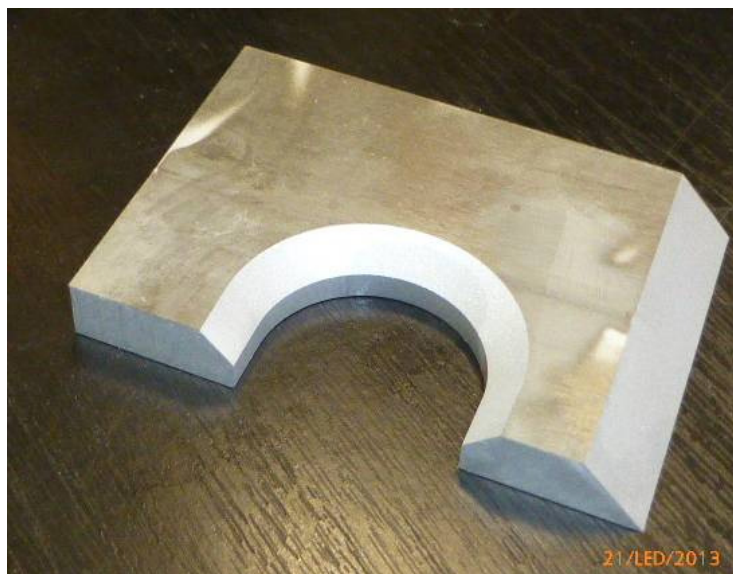
Ďalším cieľom riešenia bol návrh kompenzačnej hlavy s rozsahom kompenzácie 7° . V rámci riešenia bol navrhnutý mechanizmus s dvomi excentrami, ktoré sú usporiadané nad sebou a sú v nich umiestnené guľové ložiská umožňujúce naklápanie aj rotáciu rezacej hlavy pri kompenzácii. Posunutie rotačných osí excentrov a polomery otáčania guľových ložísk v excentroch sú zvolené tak, že v jednej krajnej polohe natočenia excentrov sa guľové ložiská nachádzajú priamo nad sebou a teda spojnice ich stredov (os rezacej hlavy) je kolmá na vodorovnú rovinu, v druhej krajnej polohe pri otočení excentrov o 180° je vzdialenosť stredov guľových ložísk maximálna a aj uhol elevácie je maximálny. Pri plynulom otáčaní excentrov a zachovaní podmienky že obidva excentre sa musia naraz otáčať o ten istý uhol, sa plynulo mení elevácia rezacej hlavy a poloha koncového bodu rezacej hlavy v smere osí X a Y sa nemení a nie sú preto potrebné dodatočné kompenzačné pohyby celým strojom.

Kompenzačná hlava uvedenej koncepcie bola v roku 2011 rozpracovaná do podoby konštrukčnej dokumentácie. V roku 2012 bol systém inštalovaný na testovací stend. Kompenzačná 3D hlava je znázornená na Obr. 13.



Obr. 13. Kompenzačná hlava na rezanie vodným lúčom

Jedným z cieľov vývojových aktivít firmy MicroStep je vytvoriť vlastný systém dynamickej kompenzácie pri rezaní vodným lúčom tak, aby boli eliminované nepriaznivé vlastnosti nástroja - reálneho vodného lúča a bola zabezpečená optimalizácia rezacieho procesu. Vyvíjaný systém obsahuje ucelené hardvérové aj softvérové riešenie umožňujúce rozšíriť rozsah použiteľných technologických parametrov (rýchlosť rezania), pri súčasnom dodržaní prijateľnej kvality rezania. Systém dynamickej kompenzácie vyvíjaný v rámci riešenia úlohy je označený skratkou **ABC** Automatic Bevel Compensation.

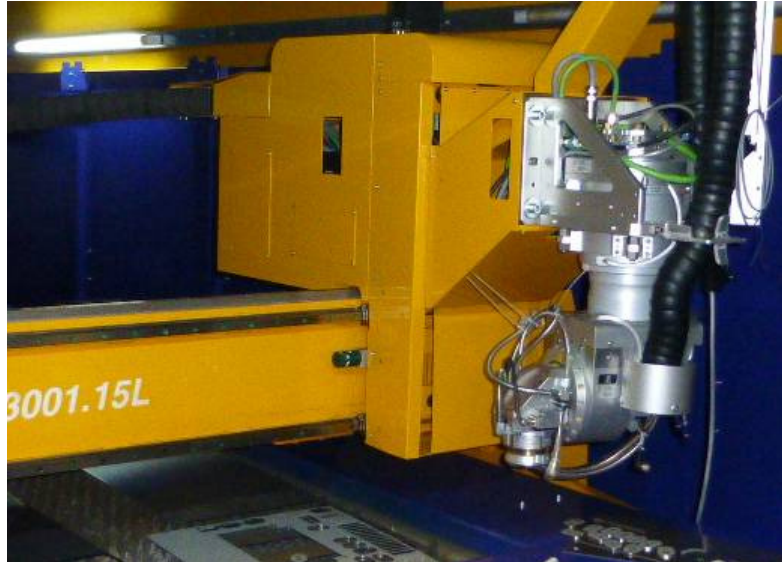


Obr. 14. Dielec vyrezaný vodným lúčom pomocou 3D hlavy

V roku 2011 bol v rámci riešenia úlohy začal vývoj systému na 3D rezanie pevnolátkovým vlákňovým laserom. Keďže riešenie tejto úlohy je silne závislé od aplikovanej optiky, bolo na základe analýzy rozhodnuté integrovať optický systém firmy *LT Ultra Precision*. Optická hlava tejto firmy umožňuje vychyľovanie lúča v dvoch osiach, samotný pohyb je realizovaný zabudovanými priamymi pohonmi.

V hlave je zabudovaná adaptívna optika na riadenie polohy ohniska. Súčasťou hlavy je zaintegrovaný kolimátor na úpravu výstupného lúča z optického kábla.

V rámci riešenia úlohy bol v roku 2012 dokončený návrh mechanickej konštrukcie suportu pre túto hlavu a systém bol inštalovaný na skúšobnom stende.



Obr. 15. 3D rezacia hlava na rezanie pevnolátkovým vláknovým laserom

Následne prebiehali práce na vývoji programového vybavenia riadiaceho systému umožňujúceho integrovať hlavu do celého rezacieho komplexu. V roku 2013 budú prebiehať funkčné skúšky a testovanie parametrov rezacieho procesu pre rôzne druhy materiálov.

CAM systém na tvorbu rezných plánov pre 3D rezanie a SW riadiacich systémov

V roku 2012 bola funkčnosť MCAM doplnená o niekoľko modulov. Modul generovania optimálnej reznej dráhy vytvára postupnosť pohybov rezného nástroja tak, aby rezom vznikali na polotovare zidentifikované rezné hrany. Pre prípad rezania rúr kruhového prierezu – najmä veľkých priemerov – bola doplnená možnosť generovania reznej dráhy pre rozvinutý tvar - rovinný plech, ktorý sa následne skružuje. Modul generovania rezného programu vytvára NC kód pre konkrétny stroj, ktorý je definovaný svojou technológiou a kinematikou. Vygenerovaný rezný program je ovplyvnený uchytením východiskového polotovaru. Výsledný kód je možné priamo načítať do riadiaceho systému stroja iMSNC.

MCAM bol doplnený systémom parametrov, ktorý umožňuje parametrizovať všetky objekty a procesy systému. Užívateľ má možnosť parametrami ovplyvniť vizualizáciu tvaru (zobrazenie polotovaru, rezných dráh, tieňovaný dielec/drôtený model), nadefinovať vlastnosti dielca (materiál, názov, identifikačné údaje), vlastnosti vybranej reznej dráhy (metóda jej generovania, technológia rezania, mostíky, tvary nábehov a výbehov), nestovanie aj generovanie rezného programu (poloha uchytenia polotovaru, kinematika stroja). Systém parametrov je hierarchický - parametre možno definovať na niekoľkých úrovniach – úroveň užívateľa, programu MCAM alebo na úrovni centrálného riadenia výroby MPM.

Modul simulácie umožňuje skontrolovať rezný plán pred jeho spustením na reálnom stroji – simulácia v grafickom režime zobrazuje nielen pohyb nástroja, ale aj pohyb jednotlivých rotačných osí, keďže spojitosť pohybu v týchto osiach je dôležitým predpokladom výslednej kvality rezu.

Program MCAM má rozpracované plné napojenie na systém riadenia výroby MPM – požiadavky na rezanie rôznych typov polotovarov a rôznych materiálov je možné nadefinovať v systéme riadenia výroby a následne rozdeliť na jednotlivé úlohy pre MCAM. Pre samostatné používanie je MCAM vybavený možnosťou definovať tzv. lokálnu úlohu, ktorá definuje rezanie rôznych dielcov do jedného typu polotovaru a materiálu.

K programu MCAM bola vytvorená inštalčná procedúra, ktorá umožňuje jednoduchú a spoľahlivú inštaláciu podľa potreby užívateľa – rôzne jazykové mutácie, pripojenie na systém riadenia výroby MPM, inštalácia komponentov podľa výberu a pod. Program je vybavený ochranným USB kľúčom, ktorý umožňuje poskytovať užívateľovi časovo obmedzené aj viac užívateľské verzie.

Popis prínosov za štvrtý rok riešenia

V roku 2013 t.j. v štvrtom roku riešenia pokračovali práce na riešení úlohy v súlade s plánom. V predchádzajúcich etapách navrhnuté 3D hlavy na jednohorákové rezanie plazmou a kyslíkom, trojhorákové rezanie kyslíkom, 3D rezanie vodným lúčom a laserom, boli vývojovo ukončené. Práce prebiehali najmä v oblasti vývoja komplexného programového vybavenia týchto uzlov a ich implementácie do programového vybavenia rezacieho komplexu. V roku 2013 bol ukončený aj vývoj plne automatickej verzie trojhorákového rezacieho komplexu. V rámci riešenia prebehlo testovanie navrhnutých systémov zamerané na riadiace algoritmy a samotnú technológiu rezania jednotlivými energolúčovými zdrojmi. Na obr. 16 je znázornená automatická verzia trojhorákového kyslíkového rezacieho komplexu.



Obr.16. Trojhoráková hlava s automatickým nastavovaním náklonu horákov

Systemy na rezanie rúr a profilov

V nadväznosti na riešenie rezacích hláv na 3D rezanie plazmou a kyslíkom a laserom bol v rámci riešenia úlohy navrhnutý stavebnicový systém umožňujúci vytvorenie rôznych zostáv technologických komplexov na rezanie rúr a profilov. Tieto práce kulminovali v roku 2013, kedy boli ukončené práce na vývoji jednotlivých modulov a ich programovom vybavení.

V rámci riešenia úlohy vznikli dve modifikácie navrhovaného univerzálneho systému, ktoré využívajú jednotlivé navrhnuté moduly. Prvá modifikácia pod označením **ProfileCut** má rezací suport portálovej konštrukcie čo umožňuje inštaláciu viacerých rezacích hláv a kombináciu rezania rôznych priestorových útvarov - aj veľkorozmerných. Druhá modifikácia pod označením **PipeCut** je určená hlavne na rezanie rúr a útvarov s obmedzenou šírkou. Rozdiel týchto dvoch koncepcií z hľadiska aplikácie 3D hláv a programového vybavenia nie je významný.

ProfileCut

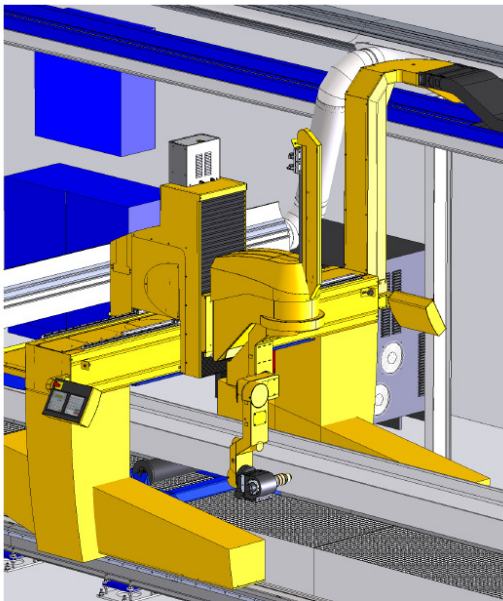
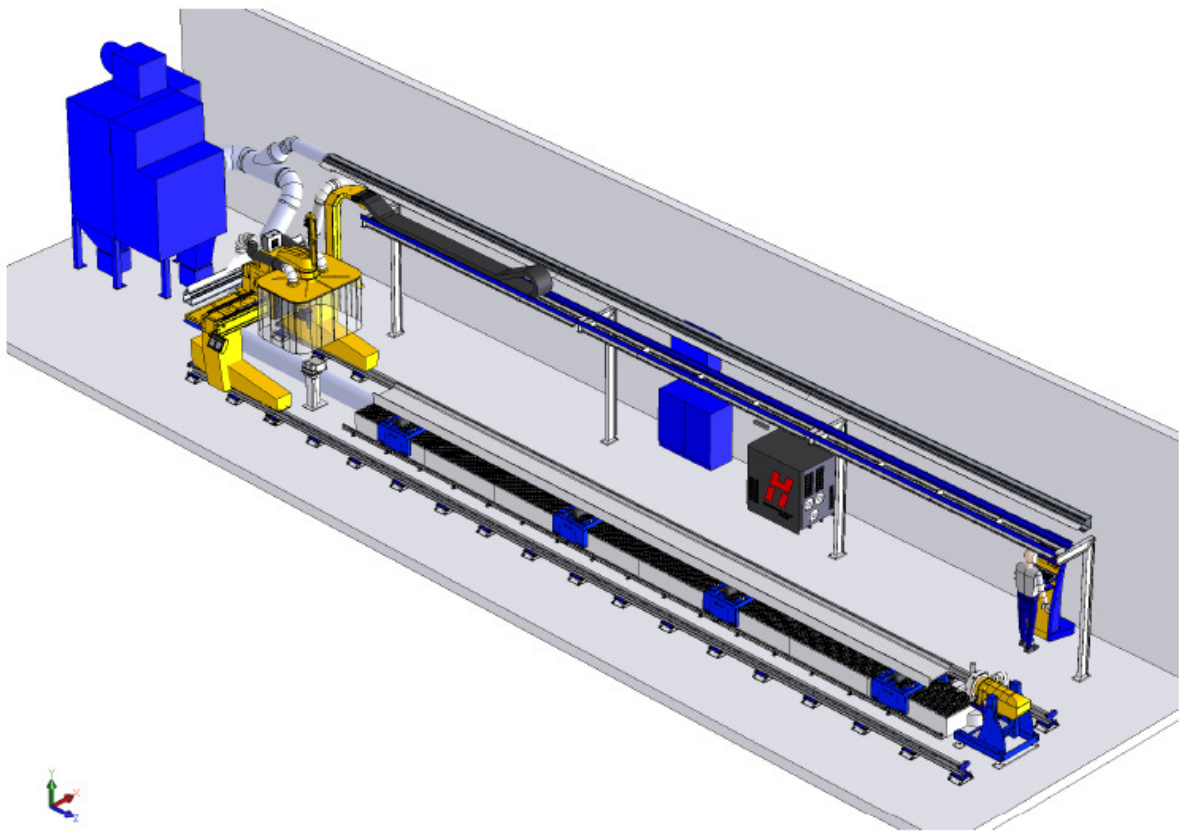
V rámci riešenia navrhnutý stavebnicový systém **ProfileCut** vychádza koncepčne z myšlienky, že pri rezaní profilov je najvhodnejšie tieto v procese rezania neotáčať. Práve v úlohe riešený typ 3D hlavy s náklonom horáka $\pm 120^\circ$, umožňuje ich rezanie bez otáčania. Otáčať je potrebné iba rúry kruhového prierezu a rúry s obdĺžnikovým a štvorcovým prierezom je postačujúce vedieť otočiť len o 90° . Pre takýto prístup k riešeniu bol navrhnutý stroj ProfileCut portálovej konštrukcie, pričom portál je vedený pozdĺž rezaného profilu. Na portáli je umiestnená 3D rezacia hlava pre jednohorákové rezanie s náklonom $\pm 120^\circ$ vyvinutá v rámci tejto úlohy. Medzi vedeniami portálu s rezacou technológiou je umiestnený podperný a odsávací systém pre rezanie profilu.

Rezaný profil je uložený na posuvných podperách, ktoré musia byť rozložené tak, aby neobmedzovali rezanie. Pod celým podperným systémom je umiestnená odsávaná vaňa, ktorá je rozdelená na sekcie.

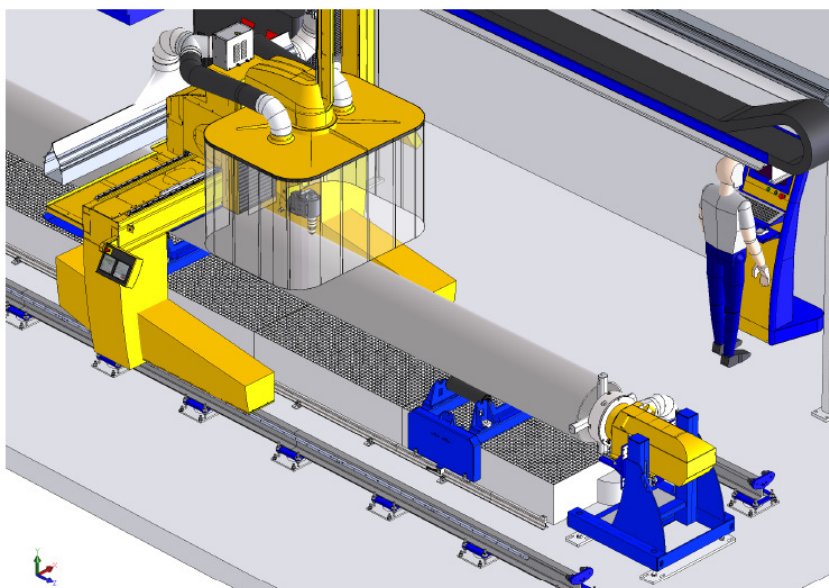
Otvárané sú sekcie, nad ktorými sa reže. Okrem odsávania cez túto vaňu, je zabezpečené aj odsávanie z hornej strany, z okolia rezacej hlavy. Na Obr. 17 je znázornená zostava takéhoto stroja.

Podpery pod rezaným profilom sú posúvateľné na kolajnicových vedeniach, pričom ich počet musí byť zvolený tak aby celý profil bol rozrezateľný na požadovaný počet dielov. Odpad padá na odsávanú vaňu.

Pre rezanie rúr je potrebné vymeniť podperné vozíky a systém musí byť doplnený o polohovadlo zabezpečujúce otáčanie rezanej rúry - Obr.18. Pre rezanie rúr veľkého priemeru možno presunúť miesto ich rezania vedľa odsávaného stola, nad ktorým sú rezané otvorené profily. Pri rezaní rúr sú tieto odsávané cez otvor v sklučovadle polohovadla.



Obr. 17. ProfileCut



Obr. 18. Prípád rezania rúr na zostave ProfileCut

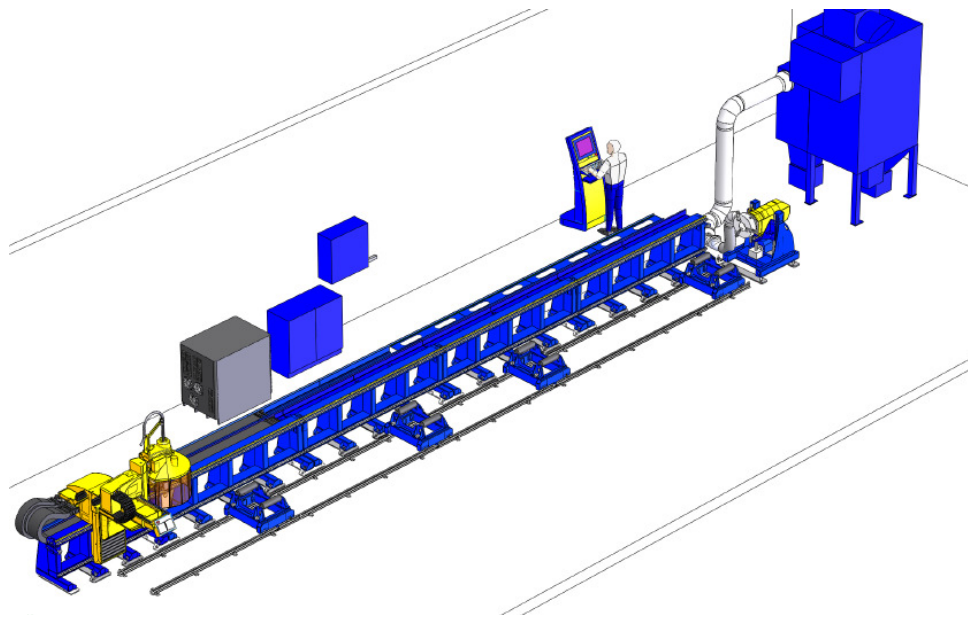
Stroj môže byť vybavený kyslíkovou, alebo plazmovou 3D hlavou, resp. oboma, v závislosti od rozsahu hrúbok stien rezaných profilov. Okrem samotnej rezacej technológie musí byť systém vybavený skenerom na identifikáciu polohy profilu v mieste rezania. Skener môže byť umiestnený na samostatnom suporte, tak aby obsahol svojim meracím rozsahom celý veľkostný rad rezaných profilov, alebo je uchytený k suportu 3D hlavy. Výber riešenia závisí od toho, či zostava obsahuje jednu, alebo dve rezacie hlavy. V prípade dvoch rezacích hláv je skener na samostatnom suporte.

Navrhnutý stroj ProfileCut spolu s programovým vybavením pre identifikáciu polohy rezaného polotovaru pomocou líniového skenera a programovým produktom mCAM, ktorý bol taktiež vyvinutý v rámci tejto úlohy, predstavuje komplexné riešenie na rezanie rúr a profilov.

PipeCut

Modulárny systém PipeCut bol navrhovaný tak, aby pomocou tejto stavebnice bolo možné zostaviť dva základné typy komplexov na rezanie rúr a profilov.

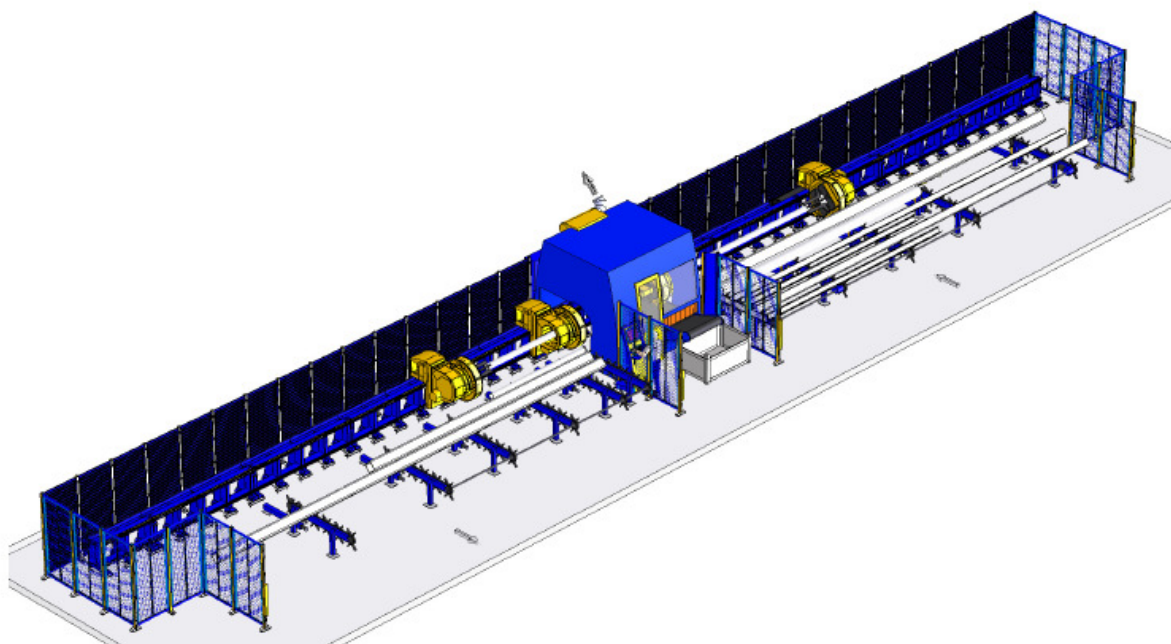
Pri prvom type je rúra, resp. profil umiestnený na podperách umožňujúcich jeho rotáciu. V procese rezania je otáčaný polohovadlom a rezacia hlava sa pohybuje na pozdĺžnej dráhe po celej dĺžke rezaného profilu. V tomto prevedení je stroj PipeCut ekvivalentný stroju ProfileCut s tým rozdielom, že konštrukčne umožňuje aplikáciu iba jednej rezacej hlavy a neumožňuje vzhľadom k obmedzenej šírke portálu kombinovať rezanie rúr a profilov s rezaním plechov. Systém PipeCut je určený najmä na rezanie rúr. Aj na takomto stroji možno samozrejme rezať profily, avšak je potrebné ich uchytať do prípravkov. Modulárnosť navrhutej konštrukcie poskytuje priestor pre vznik a návrh rozličných pracovných nastavcov prispôbených potrebám konkrétnych aplikácií.



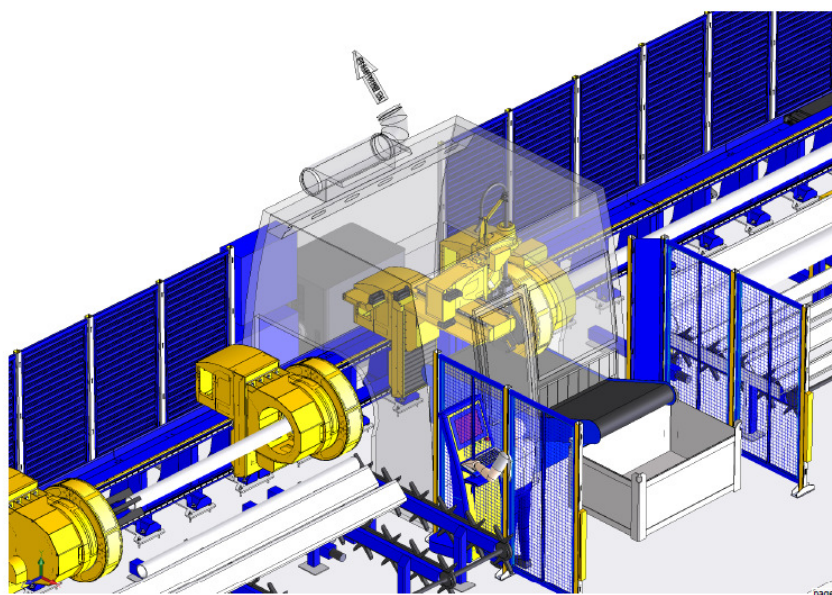
Obr. 19. PipeCut

V rámci riešenia úlohy v rokoch 2010 až 2013 boli navrhnuté jednotlivé komponenty vyššie spomenutých stavebnicových systémov. Prebehol konštrukčný návrh jednotlivých uzlov a bol vytvorený skúšobný stend pre overovanie navrhnutých riadiacich algoritmov. V roku 2013 boli práce na systéme ukončené , bola ukončená realizácia testovacieho stendu a overené navrhnuté riadiace algoritmy.

Pri druhom type zostavy PipeCut, je rúra uchytená v podávači, ktorý zabezpečuje jej otáčanie a zároveň ju zasúva do rezacej zóny cez stojacu poperu. Rezacia zóna je v tomto prípade krátka. Tento typ je vhodný najmä na rezanie rúr malého priemeru, cca 200 ÷ 300 mm a rúry tenkostenné, lebo môže dochádzať k významnejšiemu priehybu podávanej rúry. Model takejto verzie stroja PipeCut je znázornený na Obr. 20. Stroj je zostavený na báze rovnakých modulov , ako v prípade predchádzajúcej zostavy. Na univerzálnom vedení sa pohybuje 5 rovnakých suportov , pričom na dvoch sú uchytené rotačné, automaticky ovládané sklučovadlá, na ďalších dvoch opäť rotačne ovládané automatické lunety, ktoré slúžia k podopieraniu rezaného polotovaru, pričom medzi nimi je na podpore uchytená rezacia hlava. Stroj je doplnený o systém nakládky rezaných polotovarov a systém odoberania hotových dielcov. Samotná zóna, v ktorej sa reže, je uzavretá v odsávanej kabíne. Krátke dielce a odpad z koncov padá po odrezaní na dopravníkový pás , ktorý ich vynáša z rezacej zóny do kontajnera. Dlhšie dielce sú po odrezaní začiatku dielca presunuté cez druhú lunetu do výstupnej časti stroja, uchytené druhou čelusťou a následne je rezaný koniec dielca. Po ukončení rezania dielca celá zostava s dielcom sa vysunie z rezacej časti a odoberacia časť dielec prevezme na výstupný dopravník. V rámci riešenia úlohy boli navrhnuté jednotlivé funkčné moduly okrem modulov samotného nakladania polotovarov a odoberania hotových dielcov. Pred každým rezaním je poloha dielca kontrovaná skenerom.



Obr. 20. Zostava stroja PipeCut s postupným podávaním rúry do rezacej zóny

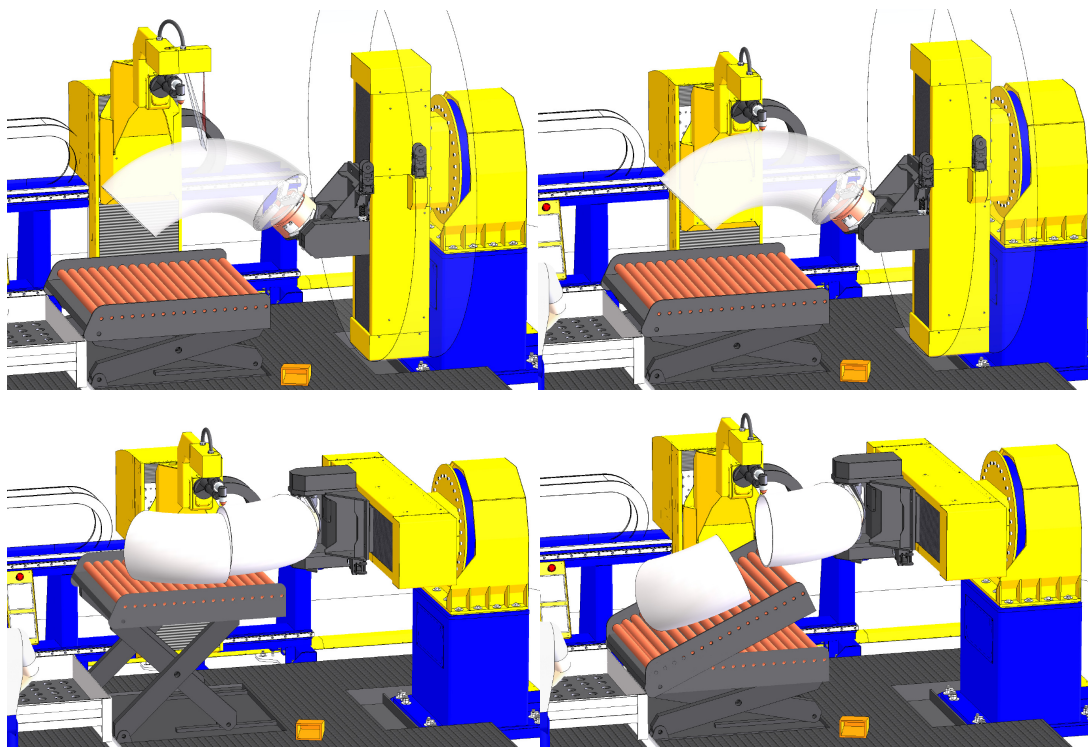


Obr. 21. Detail rezacej časti stroja PipeCut s automatickým podávaním

Ako testovací stend stroja PipeCut bol navrhnutý systém s postupným podávaním rezaného profilu do rezacieho priestoru. Z hľadiska riadenia je práve táto zostava systému najzložitejšia. Je to z dôvodu potreby synchronizácie procesu polohovania obrobku a rezacieho procesu. V roku 2012 bola výroba testovacieho stendu ukončená a v roku 2013 boli práce zamerané na návrh riadiacich algoritmov a komplexného programového vybavenia.

Modulárnosť navrhutej konštrukcie stroja PipeCut poskytuje priestor pre vznik a návrh rozličných pracovných nástavcov prispôbených potrebám konkrétnych

aplikácií. Jednou z významných úloh v priemysle, okrem rezania dielcov z rúr je aj rezanie rúrových kolien , pričom až riešenie oboch úloh predstavuje komplexnú technológiu potrebnú k výrobe rúrových konštrukcií resp. potrubných systémov. V rámci riešenia úlohy boli navrhnuté moduly umožňujúce využiť systém PipeCut aj na riešenie tohto problému. Stavebnica PipeCut bola rozšírená o špeciálne polohovadlo s tromi stupňami voľnosti, ktoré umožňuje otáčať kolenom a zároveň ho naklápať tak, aby miesto rezu bolo v osi rotácie. Samozrejme presné uchytenie rezaného kolena prakticky nie je možné a preto reálna os rotácie sa vždy od ideálnej líši. Systém je preto vybavený skenerom, ktorý v mieste rezu presnú polohu povrchu kolena identifikuje. Ďalším navrhnutým modulom je univerzálny nakladač a odoberací stôl, ktorého poloha je ovládaná presným polohovým servom. Stôl predstavuje podložku pri zakladaní kolena do pneumaticky ovládaného sklučovadla. Po uchytení sa stôl presunie do parkovaj polohy a pred koncom dorezania deliaceho rezu sa vysúva pod koleno tak aby odrezaná časť padla naň z minimálnej výšky. V následnom kroku odoberací stôl odrezaný dielce vyklápa do kotajnera. Navrhnutá zostava ďalej obsahuje univerzálne vedenie a suport rezacej hlavy. Na overenie a vývoj riadiacich algoritmov rezania kolien bol v rámci úlohy zostavený skúšobný stend. Na nasledujúcom obrázku – Obr. 22 je zobrazená pracovná postupnosť pri rezaní.



Obr.22. Proces rezania kolena na stroji PipeCut – zameranie, rezanie, odobratie

Stroj PipeCut v zostave na rezanie kolien môže byť realizovaný samostatne, alebo môže byť kombinovaný s rezaním rúr napr. tak, že z jednej strany systému bude polohovadlo na rúry a z druhej strany polohovadlo na rezanie kolien. Systém na

rezanie kolien bol vystavený na výstave Welding – Cutting v Essene v septembri 2013 a bol veľmi pozitívne prijatý odbornou verejnosťou.

Nové funkcie strojov

Okrem vývoja vyššie uvedených 3D hláv , ich riadiacich algoritmov a komplexného programového vybavenia CNC systému umožňujúceho vytvárať rôzne konfigurácie strojov s týmito uzlami boli práce v roku 2013 zamerané aj na ukončenie vývoja niektorých nových funkcionalít pre energolúčové rezacie stroje. Týmito sú :

- Dodatočné úkosovanie dielcov
- Automatické riadenie reznej výšky
- Rozšírená adaptívna kompenzácia parazitných úkosov.

Dodatočné úkosovanie - ABP : Popri rezaní priestorových útvarov, ako sú rúry, profily rôzneho prierezu, kupoly, atď. samozrejme aj s úkosmi, je významnou oblasťou 3D rezania aj rezanie úkosov rovinných dielcov. Úkosy sú spravidla vytvárané z potrieb následného zvarovania , pričom podľa požadovaného tvaru sú označované ako V,A,Y,X a K rezy.

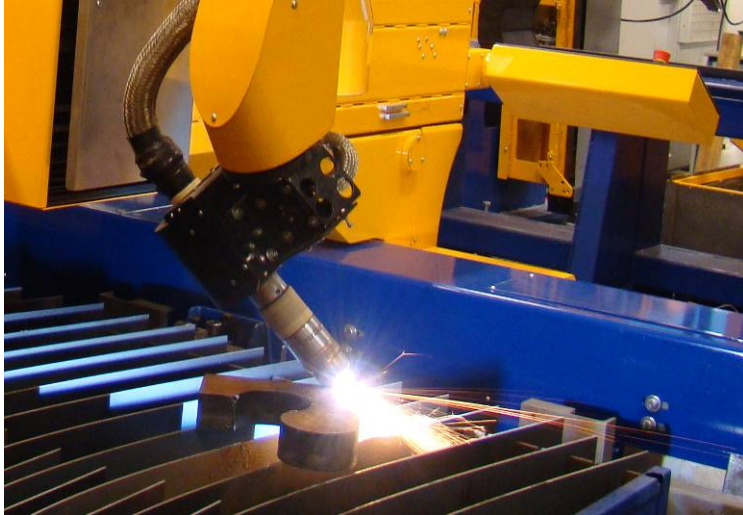
Úkosové rezanie môžeme rozdeliť do dvoch skupín :

- Priame úkosové rezanie do plného materiálu - tabule plechu - **DBP** (Direct Beveling Proces). Ide o prípad, kedy dĺžka energetického lúča je pre materiál danej hrúbky dostatočná aj pre rezanie pod uhlom, alebo technologicky je to možné.
- Dodatočné úkosovanie kolmo vyrezaných dielcov – **ABP** (Additional Beveling Process). Ide o prípady kedy DBP nie je možné.

Skratky DPB a ABP boli zavedené riešiteľmi úlohy.



Obr. 23. Priame úkosové rezanie - DBP



Obr. 24. Dodatočné rezanie úkosu - ABP

V súčasnosti žiadny výrobca neponúka CNC stroje na delenie materiálov, v ktorých sú obe technológie DBP aj ABP integrované. Cieľom riešiteľov bolo integrovať tieto technológie do jedného systému.

V rámci riešenia úlohy bol takýto systém vyvinutý do aplikačnej podoby. Systém ABP vyvinutý v rámci riešenia úlohy bol vystavený na svetovej výstave Welding – Cutting v Essene 2013 a vzbudil mimoriadnu pozornosť.

Pri systéme s dodatočným úkosovaním - ABP boli riešené nasledovné čiastkové úlohy:

- vytvorenie rezacieho programu samostatne pre kolmé rezanie kontúry , samostatne pre rezanie horného úkosu a samostatne pre rezanie dolného úkosu. Tieto programy sa inak vytvárajú pre úkosovanie plazmou a inak pre úkosovanie kyslíkom. Program na rezanie dolného úkosu pri rezaní plazmou sa vytvára na zrkadlový obraz dielca, nakoľko dolný úkos sa reže po pretočení súčiastky hornou stranou dole. Na vytváranie rezných programov pre dodatočné úkosovanie / ABP / bol rozšírený CAM systém ASPERWIN vyvinutý riešiteľom, ktorý je určený na tvorbu rezných plánov pri 2D rezaní s možnosťou tvoriť rezné plány aj pre úkosové rezanie s vyššie uvedenými typmi úkosov – t.j. pre DBP.
- identifikácia polohy dielca - dielec, ktorý bol kolmo vyrezaný, prakticky aj na inom stroji, je premiestnený na voľnú časť rezacieho stola a následne je potrebné jeho polohu presne zamerať. Nad takto zameranú súčiastku potom systém presunie rezný program úkosov. Je veľmi dôležité , aby tento proces bol rýchly, nakoľko významne ovplyvňuje produktivitu stroja. Časové požiadavky na tento proces sú na úrovni jednej resp. dvoch minút pri veľkých dielcoch / rozmery rádovo metre /. Okrem zamerania polohy dielca v rovine X,Y je pri identifikácii polohy získavaná aj informáciu o výškovom profile dielca.
- automatická kalibrácia meracej a rezacej časti – je to mimoriadne dôležité pre dosiahnutie požadovanej presnosti rezania. Tento problém rieši systém ACTG vyvinutý v rámci úlohy.

So samotným procesom presného úkosového rezania súvisia aj ďalšie nové funkcie vyvinuté v rámci riešenia úlohy :

ATHC Automatic Torch High Control - Automatické riadenie výšky horáka pri úkosov rezaní.

Pri úkosovom rezaní, je pre udržanie presnosti vyrezaného dielca potrebné zabezpečiť dodržiavanie konštantnej vzdialenosti rezacieho horáka v priebehu rezania nad materiálom. Úkosovaný dielec nie je rovný a neleží presne v rovine rovnobežnej s rovinou XY stroja. Pri plazmovom úkosovaní je táto adaptivita odvodená od napätia plazmového oblúka. Toto napätie je priamo úmerné vzdialenosti horáka od rezaného materiálu, je však závislé aj od iných parametrov, ako je prúd plazmy, hrúbka rezaného materiálu, atď. V procese rezania preto musí prebehnúť priradenie správnej hodnoty napätia oblúka k požadovanej reznej výške.

Na riadenie konštantnej reznej výšky bol v rámci riešenia úlohy vyvinutý systém, kombinujúci programové riadenie v priestore s adaptívnym riadením podľa napätia plazmového oblúka so samoučením. Tento systém riadenia reznej výšky bol označený skratkou **ATHC** a prebieha nasledovne - po štarte rezania je meracím systémom, integrovaným v držiaku horáka, odmeraná poloha materiálu. Na základe meraní v troch bodoch je identifikovaná rovina v 3D priestore, na ktorej leží začiatok rezu. Následne začína rezanie po vypočítanej 3D trajektórii, ležiacej na tejto rovine. Po ustálení pomerov v oblúku je odmerané napätie, zodpovedajúce správnej hodnote vzdialenosti horáka od materiálu a systém prechádza do režimu adaptívneho riadenia výšky podľa napätia oblúka. Tento proces je ešte zložitejší pri rezaní úkosu s premenlivým uhlom. Meracie body sú automaticky generované pri tvorbe rezného plánu CAM systémom, pričom v závislosti od tvaru začiatku rezu sú generované dve alebo tri meracie body. V prípade ak rezaná kontúra začína dlhou priamkou sú generované dva meracie body ležiace na tejto priamke. V prípade ak ide o zložitejšiu kontúru sú generované tri body. Dva body definujú priamku ktorá, leží na povrchu materiálu a po tejto priamke začína rezanie. Tri body určujú rovinu , v ktorej začiatok rezu leží.

Pri dodatočnom úkosovaní , kedy systém je vybavený meracím skenerom sú tieto informácie získané priamo pri identifikácii polohy súčiastky.

Pri rezaní kyslíkom informáciu o vzdialenosti horáka od materiálu nie je k dispozícii a preto adaptivita rezného procesu musí byť zabezpečená zameraním výškového profilu úkosovanej súčiastky.

ABC Automatic Bevel Compensation - *kompenzácia parazitných úkosov*

Jedným z cieľov vývojových aktivít v rámci riešenia bolo vytvoriť vlastný systém dynamickej kompenzácie pri rezaní vodným lúčom tak, aby boli eliminované nepriaznivé vlastnosti nástroja - reálneho vodného lúča, a tak dosiahnuť optimalizáciu procesu. Vývoj systému bol ukončený, pričom obsahuje ucelené hardvérové aj softvérové riešenie umožňujúce rozšíriť rozsah použiteľných technologických parametrov (rýchlosť rezania) pri súčasnom dodržaní prijateľnej kvality rezania. Pre zvýšenie presnosti bol systém s 3D hlavou v oboch prevedeniach doplnený o autokalibračnú funkciu, tak ako je to deklarované vyššie.

Ďalšou úlohou, ktorá bola riešená je rozšírenie funkcie ABC na technológiu plazmového rezania.

Okrem mechanických nepresností rezacieho stroja, na presnosť rezaných dielcov významne vplýva aj tvar reznej štrbiny, ktorá vzniká pri rezaní plazmovým oblúkom, t.j. presnosť samotnej technológie.

Táto skutočnosť vedie k potrebe zavedenia ďalších korekcií, jednak na uhol náklonu horáka a jednak na rozmer rezaného dielca tak, aby výsledný vyrezaný dielec mal požadované rozmery. Tieto korekcie sú pritom iné pre prípad časti kontúry dielca, ktorá je „podrezávaná“ a časti kontúry, ktorá je „nadrezávaná“, pričom obe sú funkciou uhla náklonu horáka, ale aj veľkosti rezacieho prúdu. Ide teda z hľadiska požiadaviek na riadiaci systém stroja o problém podobný problému kompenzácie uhla, ako v prípade vodnolúčového stroja, s tým rozdielom že v prípade plazmy veľkosť kompenzačného uhla nie je funkciou rýchlosti, ale prúdu plazmy.

Pre minimalizáciu odchýlok vznikajúcich odchýlkou reznej štrbiny od ideálneho tvaru, sme pre plazmové rezanie implementovali systém adaptívnej kompenzácie uhla náklonu, tiež pod označením **ABC** (Adaptive Bevel Compensation). Tento systém korekcií spolu s vyššie opísaným systémom autokalibrácie **ACTG** a riadenia reznej výšky **ATHC** významne prispievajú k zvýšeniu presnosti úkosového rezanie dielcov plazmou.

Databázu údajov do systému kompenzácie úkosu je potrebné získať rezaním kontrolných vzoriek pre rôzne hodnoty prúdu, hrúbky materiálu a typu materiálu.

CAM systém na tvorbu rezných plánov pre 3D rezanie

V rámci riešenia projektu bol vyvinutý CAM systém na tvorbu rezných plánov pre rezacie centrá určené na 3D delenie materiálu označený ako mCAM.

mCAM je systém určený na vytváranie rezných plánov zo vstupných modelov v neutrálnom formáte STEP. Tento formát modelov možno vygenerovať z takmer všetkých bežne používaných 3D CAD programov, ako je napríklad na napr. SolidWorks, Katia , atď.. Podmienkou je, aby vo vstupnom STEP súbore boli diely korektné popísané ako B-rep modely t.j.reprezentované pomocou hraníc, kde hranicami modelu sú steny - plochy. Okrem základného vstupu vo forme 3D modelov navrhnutý systém mCAM umožňuje načítať povrch telesa, zväčša rúry, ako jeho rozvinutý plášť vo formáte 2D DXF súboru a tiež načítať priestorový CNC kód popisujúci jednotlivý diel. Tieto možnosti sa využívajú najmä na pripojenie ku konštrukčným softvérom, ktoré neumožňujú vygenerovať korektný STEP model. Načítanie CNC kódu využívame napríklad na prepojenie s knižnicou štandardných tvarov / SolidSel – tiež vývoj riešiteľa / , ktorá umožňuje vytvárať bežne používané diely na základe parametrizácie ich tvaru.

Jednotlivé diely sú zobrazené v 3D grafike, užívateľ má možnosť zvoliť si zobrazenie dielu buď ako tieňovaný objekt, alebo ako drôtený model. Vizualizácia umožňuje približovanie, posúvanie, rotáciu objektov a zobrazenie súradnicových osí. Taktiež možno zobrazit' navrhovanú dráhu nástroja. Pomocou týchto funkcií je možné prehliadať si konštrukčné detaily na jednotlivých dieloch, čo minimalizuje výskyt chýb vo výstupných CNC kódach.

V načítaných súboroch systém mCAM vyhľadá známe tvary – rúry, profily obdĺžnikového a IPE prierezu, guľové plochy a torosferické kopuly, ale aj plošné tvary s premenlivými úkosmi. Na týchto tvaroch automaticky rozozná, ktoré plochy sú povrchom pôvodného polotovaru a ktoré vznikajú jeho rezaním tzv. rezné plochy.

V niektorých prípadoch, najmä pri plošných tvaroch, nie je toto rozhodnutie jednoznačné a preto má užívateľ možnosť určiť ho buď automaticky orientáciou uloženia v STEP modeli alebo interaktívne pri spracovaní v mCAM, teda ukázaním na plochu, ktorá je plochou pôvodného polotovaru. Na základe identifikovaných rezných hrán vytvára rezné plochy a tie delí na jednotlivé rezy. Zložitejšie rezné plochy ako napr. Y- a K-rezy sú totiž výsledkom dvoch až troch jednotlivých rezov

Z jednotlivých rezov je následne generovaná teoretická dráha nástroja, čiže postupnosť bodov a smerov, ktorými sa teoretický nástroj pohybuje. Táto úloha je jadrom celého systému a správne vytvorenie teoretickej dráhy nástroja je nevyhnutným predpokladom kvalitného rezu. Pre kvalitu rezu je totiž dôležité nielen to, aby teoretická dráha nástroja čo najpresnejšie sledovala želaný tvar rezu, ale najmä to, aby bola realizovateľná z hľadiska kinematiky a dynamiky stroja, na ktorom sa budú diely rezať. Dráha nástroja musí tiež brať do úvahy vlastnosti technológie, ktorou budú diely rezané. Z hľadiska dynamiky strojov je potrebné, aby bola generovaná dráha čo najhladšia – teda aby neprichádzalo k skokovým zmenám v jednotlivých osiach. Systém je navrhnutý tak, aby tieto požiadavky bolo možné parametrizovať podľa konkrétnej situácie. Užívateľ má možnosť nastaviť napr. maximum úkosu, pri ktorom sa ignoruje natočenie nástroja, to znamená, že systém má možnosť pri malých hodnotách úkosu spojiť zmeniť natočenie nástroja do žiadaného smeru – lúč síce nebude presne sledovať teoretický tvar kontúry, výrezaný tvar však bude presnejší, ako keby prichádzalo k náhlejšiemu zmene polohy nástroja, ktorá by spôsobila zakmitanie energetického lúča.

Skutočná rezná dráha sa vytvára kompenzáciou teoretickej dráhy nástroja s ohľadom na šírku štrbiny, ktorá vzniká pri rezacom procese. Keďže väčšina rezacích procesov vyžaduje začať prípadne aj ukončiť rez mimo kontúry hotového výrobku, aby neprišlo k jeho poškodeniu napr. dierovaním plazmou, mCAM automaticky podľa zadaných parametrov pre konkrétny typ polotovaru a materiál rozšíri dráhu nástroja o nábehy a výbehy. Dĺžky a tvary nábehov a výbehov možno parametrizovať podľa použitého materiálu a jeho hrúbky. Tvar nábehov a výbehov sa líši podľa toho, či sa jedná o vnútorný rez, teda dieru, alebo vonkajší rez. mCAM automaticky hľadá vhodné miesto na nábeh a výbeh tak, aby čo najmenej poškodili reznú hranu. V prípade potreby ich skráti resp. zmení prednastavený tvar, aby v žiadnom prípade nezasiahli do výsledného dielca. Poradie rezov je generované taktiež automaticky – správne poradie je dôležité najmä v prípade zložitejších rezov ako sú K- a Y- rezy. Pre prípad rezania najmä veľkých dielov, ktoré by sa pri úplnom oddelení od polotovaru počas rezného procesu neprimerane deformovali a zapríčiňovali nielen nepresnosť výsledných rozmerov dielu, ale aj potenciálne kolízie pri rezaní, mCAM umožňuje vytvoriť mostíky, t.j. na zvolených miestach prerušiť reznú dráhu tak, aby diel ostal spojený s odpadom až do ukončenia rezného procesu. Dĺžky a počet mostíkov môže užívateľ interaktívne meniť.

Navrhnutý systém mCAM generuje rezné plány na základe definovaných úloh. Pod úlohou rozumieme zoznam požadovaných rezaných dielov a dostupného materiálu. mCAM automaticky rozdelí diely podľa druhu polotovaru, z ktorého sú rezané. Pre jednotlivé druhy polotovarov potom spustí tzv. nestovaciú úlohu t.j. rozloží diely na daný polotovar tak, aby bol materiál čo najlepšie využitý. Za týmto účelom sa pri ukladaní diely „zasúvajú“ do seba a rotačné aj otáčajú okolo svojej osi. mCAM umožňuje zadať do jednej nestovacej úlohy polotovary rôznych dĺžok. Pre rovinné diely je mCAM vybavený jednoduchým obdĺžnikovým nestingom.

Generovanie rezných programov prebieha na základe parametrov, ktorými je popísaný rezací proces. Je to napríklad spôsob uchytenia polotovaru pri rezaní – v prípade rúr strana stroja, kde je umiestnené rotačné polohovadlo, v prípade profilov určenie, či sa profil otáča alebo sa nakláňa rezný nástroj. mCAM dáva aj možnosť vygenerovať rezný program pre rúry veľkého priemeru tak, aby ich bolo možné rezať z plechu a následne skružiť. Keďže pri skružovaní sa materiál deformuje, užívateľ má možnosť zadať tzv. stredovú rovinu, teda úroveň v priereze rúry, v ktorej nedôjde k žiadnej deformácii. Zohľadnením tohto parametra sa výsledný tvar čo najviac priblíži k zadanému modelu.

Pred generovaním rezného programu sú tiež definované pomocné operácie napr. zameranie skutočnej polohy a tvaru polotovaru pomocou taktilného snímača alebo laserového skenera. Užívateľ má možnosť zadať, či sa zameranie realizuje len v jednom bode alebo stroj zameriava rovinu rezu. mCAM dokáže generovať aj viacnástrojové programy – napríklad kombináciu plazmového rezania a markovania/popisovania. Užívateľ má možnosť zmeniť kódy nástrojov, ktorými sú jednotlivé kontúry vyrezané podľa nastavných kódov na stroji. mCAM umožňuje označovať rezané diely pomocnými textami napr. názov dielu. V tomto prípade mCAM automaticky vyhľadá vhodné miesto na umiestnenie textu -teda tak, aby sa tam text v požadovanej veľkosti zmestil.

Pri generovaní rezného plánu sa uplatňujú nastavené obmedzenia kinematiky stroja resp. technologické obmedzenia ako napr. minimálny uhol medzi plazmovým horákom a materiálom. Po vygenerovaní rezného plánu je možné výsledok skontrolovať simuláciou.

Experimentálne pracovisko

Aby bolo možné testovať vyvíjané 3D technologické hlavy, riadiace algoritmy týchto hláv a technológiu rezania, bol od začiatku riešenia úlohy postupne realizovaný portálový systém vybavený riadiacim systémom a jednotlivými typmi rezacích hláv.

V roku 2011 bol stend rozšírený o jednohorákovú 3D hlavu na rezanie plazmou, bola implementovaná 3D hlava na trojhorákové rezanie kyslíkom .

V roku 2012 bola na stend inštalovaná aj 3D hlava na jednohorákové rezanie kyslíkom vybavený polohovým systémom skenera. Aby bolo možné komplexne testovať vyvíjané programové vybavenia, bol stend rozšírený aj o vŕtaciú hlavu potrebnú k testovaniu nadväzností technológií rezania a vŕtania ako aj systému ACTG. V procese riešenia úlohy vznikol komplexný stend vhodný aj na pokračujúci vývoj rezacích technológií, ako aj na demonštráciu vyvíjaných systémov pre potenciálnych odberateľov. Na Obr. 25 je pohľad na konečnú verziu vývojového stendu.



Obr. 25. Skúšobný stend osadený 3D hlavami na rezanie plazmou a kyslíkom

Na overovanie 3D CAM systému ako aj overenie navrhnutých stavebnicových modulov systému na rezanie rúr a profilov bol navrhnutý testovací stend.

Ide o systém s postupným podávaním rezaného profilu do rezacieho priestoru. Z hľadiska riadenia je práve táto zostava systému najzložitejšia. Je to z dôvodu potreby synchronizácie procesu polohovania obrobku a rezacieho procesu.



Obr.26. Skúšobný stend na 3D rezanie rúr a profilov

V rámci riešenia úlohy bol v roku 2013 realizovaný druhý stend PipeCut umožňujúci vývoj delenia zložitých 3D útvarov. Systém je znázornený na Obr.27 , pričom ide o systém umožňujúci deliť kolená potrubných systémov a im podobné 3D útvary.



Obr.27. Skúšobný stend na 3D rezanie kolien potrubných systémov

Samozrejme v oboch prípadoch ide o komplexné systémy testujúce celý proces prípravy programov až po reálny technologický proces rezania. Po skončení úlohy budú stendy využité na pokračujúci vývoj v predmetnej oblasti.

Popis hlavných prínosov za celé obdobie riešenia

V rámci riešenia úlohy boli navrhnuté hlavy pre 3D rezacie systémy na delenie materiálov technológiou plazmového , kyslíkového, vodnolúčového a leserového rezania. Výsledkom riešenia sú navrhnuté kinematické štruktúry týchto hláv a ich riadiace systémy vrátane programového vybavenia .V systémoch sú adaptované riadiace algoritmy akceptujúce technologické postupy potrebné pri rezaní príslušnou technológiou. V rámci riešenia úlohy vznikli originálne riešenia aj v oblasti kalibrácie CNC strojov s takýmito 3D hlavami , ako aj senzorických systémov identifikácie polohy povrchu rezaného materiálu. V súvislosti s riešením úlohy boli podané 4 európske patentové prihlášky. V náväznosti na navrhnuté 3D rezacie hlavy boli navrhnuté modulárne systémy na rezanie rúr a profilov rôznych prierezov, ako aj iných 3D útvarov. Boli navrhnuté jednotlivé moduly tak , aby z nich bolo možné zostavovať kompletne zákaznicky orientované CNC stroje . Významnou časťou riešenej úlohy bol vývoj CAM systému umožňujúci automatickú tvorbu CNC programu rezacieho stroja na základe podkladov z návrhového CAD systému , v ktorom sú rezané dielce navrhované.

V rámci úlohy navrhnutý MCAM umožňuje na základe 3D modelov v STEP formáte generovať priamo riadiace programy 3D CNC rezacieho stroja. Všetky riešené

čiasťkové úlohy predstavujú spolu komplexnú bázu, ktorá umožňuje stavbu zložitých CNC strojov na delenie materiálov pre rôzne oblasti priemyslu. Príkladom môže byť výroba oceľových nosníkov priemyselných výrobných hál, výroba lodí, nádrží pre chemickú výrobu, potravinársku výrobu, atď.

Hlavným prínosom riešeného projektu je vytvorenie nových produktov pre oblasť delenia materiálov a rozšíreného výskumného kolektívu, ktorý je schopný ďalej rozvíjať tú oblasť priemyslu.

Dopyt po výsledkoch / využitie výsledkov

Konečným cieľom projektu bolo rozšírenie produktov riešiteľa, firmy MicroStep, s. r. o., ktorá je výrobcou CNC strojov na delenie materiálov energolúčovými technológiami / plazma, kyslík, vodný lúč a laser /, na oblasti najnáročnejších technológií priestorového delenia. Firma svoje produkty úspešne exportuje do 50 štátov sveta, pričom celkovo bolo dodaných ku koncu roku 2013 zákazníkom 1750 CNC strojov. Ide o vysoko sofistikované hi-tech produkty, pričom riešením projektu sa významne rozšírila konkurencieschopnosť firmy v oblasti najzložitejších rezacích systémov. Firma MicroStep svoje produkty a technické novinky predstavuje technickej verejnosti najmä na výstavách. V rámci týchto výstav boli prezentované okrem produktov aj nové technické riešenia, ktoré sú predmetom riešenia úlohy. Najvýznamnejšou z týchto výstav bola svetová výstava **SCHWEISSEN & SCHNEIDEN** v Essene (SRN), ktorá sa uskutočnila v dňoch 16.9. – 21.9.2013. Táto výstava organizovaná každé štyri roky, predstavuje najvýznamnejšiu prezentáciu výrobcov v oblasti zvaracej a rezacej techniky na svete.

Na tejto výstave bol prezentovaný okrem iných, systém dodatočného úkosovania ABP / jeden z výsledkov riešenia projektu /, ako úplná novinka v oblasti štandardných rezacích strojov/ a systém na rezanie kolien v potrubných systémoch. Pohľady na vystavené stroje v stánku firmy MicroStep na tejto výstave sú na nasledujúcom obrázku.





Obr. 28. Pohľad na vystavované exponáty v stánku firmy MicroStep, spol. s r. o. na výstave SCHWEISSEN & SCHNEIDEN, Essen (SRN),2013

Celkovo v rokoch 2011 – 2013, t.j. v priebehu riešenia úlohy sa riešiteľ – firma MicroStep, spol. s r. o. zúčastnila celkovo na 50. výstavách, v rámci ktorých boli postupne prezentované priebežné výsledky riešenia úlohy. V roku 2014 budú dodané zákazníkom prvé produkty, obsahujúce riešenia vzniknuté v tejto úlohe.

Viac o produktoch firmy : www.microstep.eu