Žilinská univerzita v Žiline
Strojnícka fakulta
Katedra obrábania a výrobnej techniky

INTEGRITA POVRCHU PO DELENÍ KOVOVÝCH MATERIÁLOV NAJČASTEJŠIE POUŽÍVAÝMI PROGRESÍVNYMI METÓDAMI

doc. Ing. Dana Stančeková, PhD.

doc. Ing. Andrej Czán, PhD.
Prof. Ing. Jozef Pilc, CSc.

2. mezinárodní podzimní škola povrchového inženýrství ZČU Plzeň 14. - 18. 10. 2013

Progresívne metódy obrábania

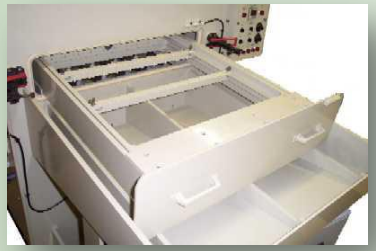
Mechanické procesy

Ultrazvukové obrábanie

Obrábanie vodným lúčom

Obrábanie brúsnym prúdom

Chemické a elektrochemické procesy



Chemické obrábanie

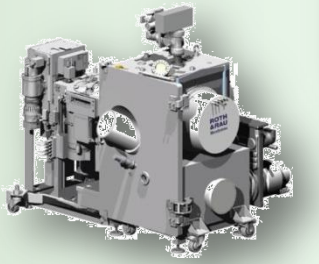
Elektrochemické obrábanie

Termoelektrické procesy

Laserové obrábanie

Elektroerozívne obrábanie

Obrábanie elektrónovým lúčom



Obrábanie iónovým lúčom

Plazmové obrábanie

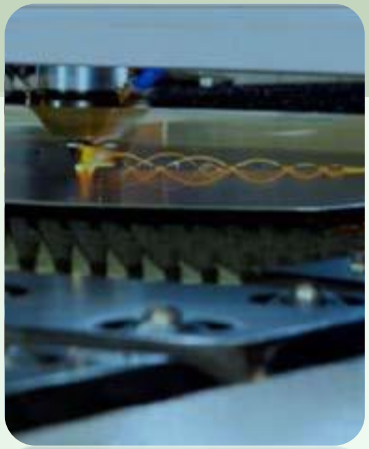
evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Najčastejšie používané progresívne technológie delenia materiálov v praxi

Rezanie vodným lúčom

Rezanie kyslíkovým plameňom

Rezanie plazmovým lúčom



Rezanie laserovým lúčom

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Integrita povrchu ???

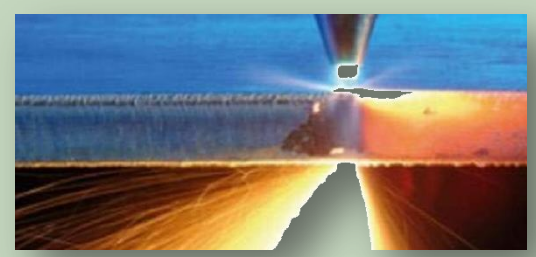
Pojem integrita povrchu je veľmi komplexná.
Jedná sa o určitý súbor charakteristík, ktorý súhrnne popisuje funkčné vlastnosti povrchu. Všetky tieto charakteristiky je možné sledovať pri známych podmienkach a parametroch.

Patria medzi ne predovšetkým:

- topografia povrchu,
- štrukturálne, fyzikálne a chemické zmeny v povrchovej vrstve,
- stupeň, hĺbka a charakter spevnenia,
- zmysel, veľkosť a priebeh reziduálnych pnutí.

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Rezanie kyslíkovým plameňom



Podstata rezania kyslíkom

Kovy sa v styku s kyslíkom okysličujú. Tento chemický proces za normálnych atmosférických podmienok prebieha pomaly. Pri dosiahnutí optimálnych podmienok zlučovania kovu s kyslíkom môže mať rýchly priebeh. Takéto rýchle okysličenie môžeme využiť v technickej praxi pre rezanie kovov kyslíkom. (Fabian, P., 2006)

Podmienky rezateľnosti sú:
- pri horení musí vznikať dostatočné množstvo tepla, aby sa udržala vyžadovaná teplota kovu,
- teplota, pri ktorej vzniká reakcia rezania musí byť nižšia alebo sa má rovnať taviacej teplote kovu,
- taviaca teplota vzniknutých kysličníkov musí byť nižšia alebo sa má rovnať taviacej teplote kovu,
- vzniknuté kysličníky musia mať dostatočnú tekutosť, aby mohli byť z rezu vyfukované kyslíkom.

(Fabian, P., 2006)

Rezateľnosť kovov v prúde kyslíka

Kov	Zápalná teplota [°C]	Taviaca teplota [°C]	Taviaca teplota oxidov[°C]	Rezateľnosť v prúde kyslíku
Čisté železo	1 050	1 528	1 525	veľmi dobrá
Mäkká oceľ 0,1 - 0,20,2%C	1 000 - 1 200	1 450 - 1500	1400	dobrá
Oceľ 1,7%C	1 250	1 400	1 400	uspokojivá
Šedá liatina 2,5-3,5 %C	1 350 - 1450	1 150 – 1 200	1400	len zvláštnymi spôsobmi

Delenie tavením a odparovaním

Spôsobom delenia materiálu tavením a odparovaním sa prevažne delia vo väčšine prípadov plošné materiály teda plechy, alebo profilové materiály. Podstata tohto delenia spočíva v tom, že umožňuje prevádzať rez nie len v rovine ako napr. píla, alebo nožnice, ale aj v rôznych krivkách a tvaroch. Delenie je možné vykonávať ručne, alebo strojovo. Pri strojovom delení sa delenie - pálenie robí na páliacich strojoch, ktoré sú už prevažne riadené CNC.

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Rezanie kyslíkovým plameňom

Výhody kyslíkového rezania:

- rezanie stredných a väčších hrúbok materiálu,
- malé obstarávacie náklady,
- malé prevádzkové náklady,
- pri strojovom pálení možnosť použitia v viacerých, horákov naraz,
- a iné.

Nevýhody kyslíkového rezania:

- rezanie len ocele s obsahom obmedzeného množstva uhlíka a ostatných prídavných prvkov,
- nižšia rýchlosť rezania,
- väčšia teplom ovplyvnená oblasť,
- deformácia materiálu dôsledkom tepla, potreba následného rovnania,
- nevhodnosť delenia materiálov hrúbky menšej ako 5 mm,
- a iné.

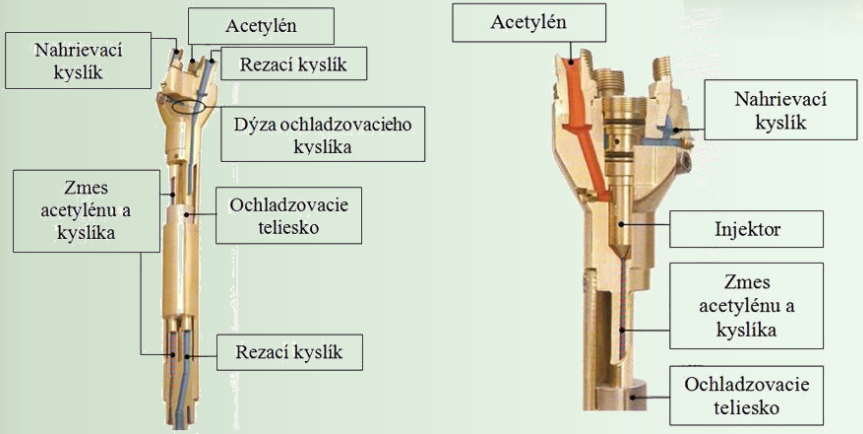
evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Integrita povrchu po rezaní kyslíkovým plameňom

Delenie kyslíkovým plameňom

Podstatou rezania kyslíkom je proces spaľovania materiálu predohriatého zdrojom tepla na zápalovú teplotu, čím sa v prúde kyslíka s ním zlučuje na kovové oxidy a tie sa v podobe tekutej trosky vyfukujú rezným kyslíkom z miesta rezania. Teplo, ktoré pri procese pálenia vzniká, predohrieva v smere rezania hrúbky nižšie vrstvy materiálu na zápalnú teplotu a tým umožňuje rezanie materiálu v celej hrúbke. Zápalová teplota bežných uhlíkových ocelí je okolo 1350°C v závislosti od chemického zloženia rezaného materiálu. Ako páliace médiá sa pri tomto druhu pálenia používajú dva druhy plynu, kyslík a acetylén.

Rezací stroj CNC Pierce SCORPION 2500



Strojný horák BIR+A 32/220 počas technologickej prípravy

Integrita povrchu po rezaní kyslíkovým plameňom

Chemické zloženie vzoriek - oceľ C45+N (12 050)

prvok	C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni
%	0,449	0,540	0,240	0,013	0,008	0,020	0,020
prvok	Cr	Mo	V	Ti	Al	N	Nb
%	0,060	0,005	0,004	0,002	0,046	0,006	0,003

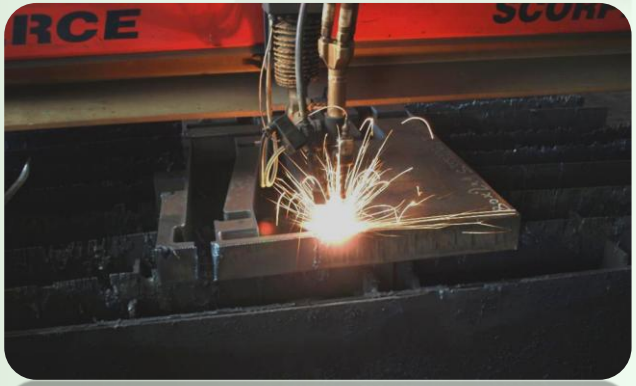
Rezacie trysky A-SD

Pre potreby tohto výskumu boli použité trysky A-SD od výrobcu RHONA, ktoré sú určené na strojné rezanie kyslíkom a acetylénom.

Trysky A-SD sa triedia podľa rozsahu hrúbok na použitie na jedotlivé hrúbky plechu. Jednotlivé trysky majú určenú vzdialenosť trysky od materiálu a šírku reznej špáry. Výrobca ďalej určuje pre jednotlivé hrúbky plechu a teoretické rýchlosti rezania, ktoré boli podrobené testovaniu.

Optimálne rezné pomery pre trysky A-SD

Hrúbka materiálu (mm)	Rozsah trysky (mm)	Šírka reznej špáry (mm)	Čas náhrevu (s)	Rezacia rýchlosť (mm/min)	Tlak (bar)		
					Acetylén	Nahrievací Kyslík	Rezací kyslík
20	10-25	2,7	15	380	0,4	1,8	5,5-6,5
25	25-40	2,7	15	350	0,4	1,8-2	5,5-6,5
30	25-40	2,7	20	320	0,4	1,8-2	5,5-6,5
40	40-60	2,8	30	290	0,4	1,8-2	5,5-6,5
50	40-60	2,9	30	260	0,5	2-2,3	5,5-6,5
60	60-100	3	30	250	0,5	2-2,5	5,5-6,5
80	60-100	3,1	40	210	0,5	2,2-2,5	6-6,5
100	60-100	3,3	50	190	0,5	2,5	6,5-7,5



evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Integrita povrchu po rezaní kyslíkovým plameňom

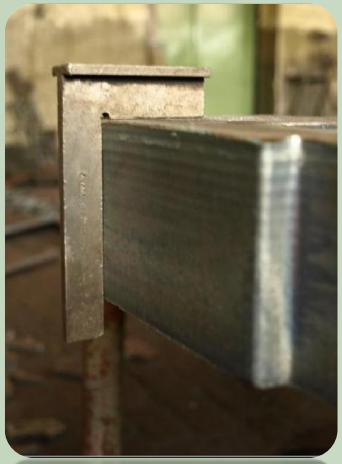
kolmosť vnútorných plôch oceľ C45+N(12 050), hrúbka 100 mm

Požadovaná kvalita rezanej plochy

Požadovaná kvalita rezanej plochy bola dosiahnutá postupnou úpravou tlakov plynov a znižovaním rezacej rýchlosti, čím sa dosiahli požadované výsledky.

Požadovaná kvalita rezu pred zbrúsením hrán, oceľ C45+N (12 050), hrúbka 100 mm

Porovnanie dobrej a zlej kvality rezanej plochy , oceľ C45+N (12 050), hrúbka 40 mm (v pravo) oceľ C45+N (12 050), hrúbka 20 mm (vľavo)



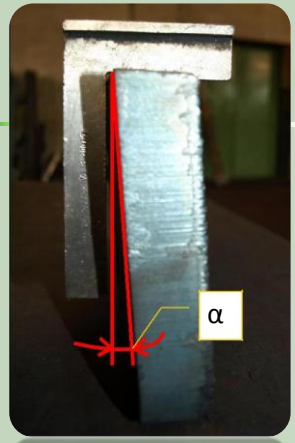
Kolmosť obvodových plôch oceľ C45+N (12 050), hrúbka 100 mm

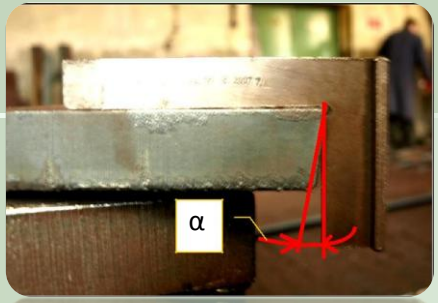
Požadovaná kvalita rezu pred zbrúsením hrán, oceľ C45+N (12 050), hrúbka 40 mm

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Integrita povrchu po rezaní kyslíkovým plameňom

Chyby spôsobené rezaním oceľových polotovarov podľa katalógových rezných pomerov pre trysky A-SD

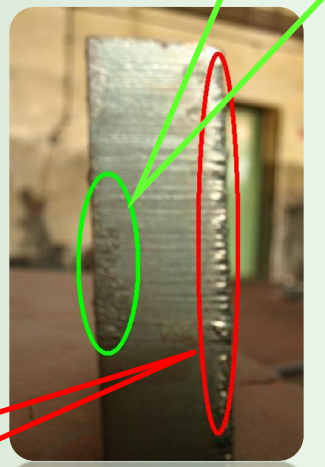


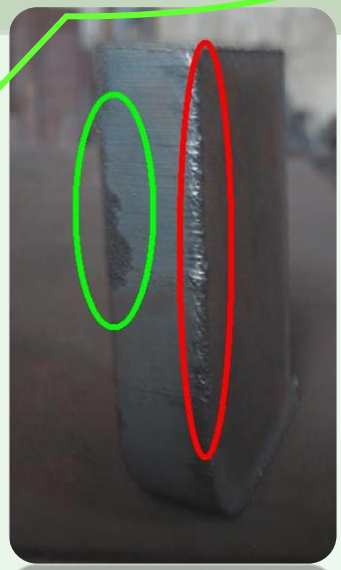


Odchýlky kolmosti, oceľ S235JR+N (11 375), hrúbka 20 mm

Na obrázku sú znázornené uhlom ***a*** odchýlky kolmosti rezanej plochy k povrchu plechu, čo spôsobilo príliš vysokou rýchlosťou rezania a veľká vzdialenosť trysky od materiálu.

vyznačené zoxidované miesta, ktoré vnikli pravdepodobne zanesením trysky počas opakovaného používania.





Natavená horná hrana oceľ C45+N(12 050), hrúbka 20 mm

vyznačené natavené horné hrany rezu, čo bolo spôsobené vysokým tlakom nahrievacieho kyslíka a acetylénu.

Katalógové hodnoty tlakov plynov pri hrúbke plechu 20 mm presahovali pri acetyléne 25 % a pri nahrievacom kyslíku ať 39% voči výsledným optimálnym rezným pomerom. Vysoký tlak nahrievacieho plameňa spôsoboval prílišné natavenie povrchu materiálu.

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Integrita povrchu po rezaní kyslíkovým plameňom

Chyby spôsobené rezaním oceľových polotovarov podľa katalógových rezných pomerov pre trysky A-SD

Ryhovaný rez, oceľ C45+N (12 050), hrúbka 20 mm

Povrch po rezaní kyslíkovým plameňom

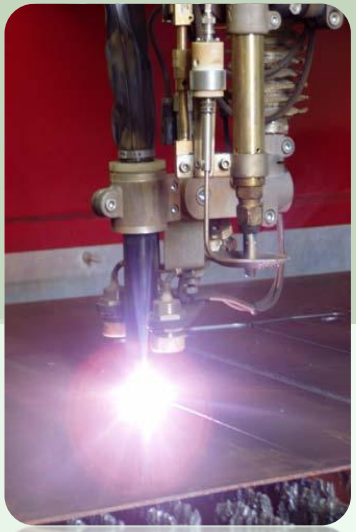
Obrázok 4.5 znázorňuje ryhy v rezanej ploche obrobku, čo bolo spôsobené pomalou rýchlosťou rezania a veľkou vzdialenosťou trysky od povrchu materiálu. Ryhy na rezanej ploche boli spôsobené rezacou rýchlosťou 330 $mm.min^{-1}$, čo sa ukázalo ako príliš pomalá rýchlosť pri hľadaní optimálnej rýchlosti rezania.

Polotovar na obrázku má na dolnej časti reznej plochy natavené miniatúrne oxidické guľôčky, ďalej na hornej časti sa objavujú šikmé ryhy, čo bolo dôsledkom veľkej rýchlosti rezania 420 $mm.min^{-1}$.
K vyššie uvedeným chybám došlo za spolupôsobenia veľkého tlaku nahrievacieho plameňa, kde hodnoty tlakov plynov presahovali optimálne hodnoty približne o 25% . Nalepené oxidy telesa môžu indikovať nízky tlak rezacieho kyslíka, no tieto predpoklady sa napokon nepotvrdili.

Oxidické guľôčky dolnej časti rezanej plochy a ryhy na hornej časti rezanej plochy, oceľ S235JR+N (11 375), hrúbka 30 mm

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Rezanie plazmou



Plazma je vysoko ionizovaný plyn, zložený z iónov, elektrónov (a prípadne neutrálnych atómov a molekúl), ktorá vzniká odtrhnutím elektrónov z elektrónového obalu atómov plynu, alebo roztrhnutím molekúl (ionizáciou).

Teplota plazmy sa rozlišuje na dva druhy, a to na vysokoteplotnú a nízkoteplotnú. Vysokoteplotná plazma má strednú energiu nabitých častíc väčšiu než 100eV, čo zodpovedá rádovo 10^6K. Vyskytuje sa vo hviezdach a pri experimentoch s riadenou termonukleárnou syntézou.

Fyzikálne princípy rezania plazmou

Pri plazmovom rezaní sa kov natavuje teplom kontrahovaného plazmového oblúka a z miesta rezu sa odstraňuje kinetickou energiou plazmových plynov. Princíp v podstate spočíva vo využívaní pár ľubovoľného média ohriatych na takú teplotu, pri ktorej sa dostávajú do ionizovaného stavu a neriadia sa podľa obyčajných zákonov, ktoré platia pre plyny. Plazma je teda ionizovaný plyn, ktorého ionizácia sa dosiahla ohrevom na vysokú teplotu. Je charakterizovaná veľmi vysokou teplotou a elektrickou vodivosťou, čo umožňuje realizovať jej orientovanie (odchyľovanie, fokusácia, stlačovanie) pomocou magnetických alebo elektromagnetických polí. Rýchlosť pohybu častíc je veľmi vysoká (okolo 15 000 $m.s^{-1}$). Pri plazmovom obrábaní sa pomocou lúča plazmy, ktorý je zúžený na malý priemer pomocou trysky, taví rezaný materiál teplotou cca 10 000˚C a viac.

Na kvalitu rezu má vplyv rozloženie tepelného toku v reznej štrbine. Výborná kvalita rezu sa dosiahne rovnomerným prívodom tepla po celej hrúbke materiálu.
Plazma na rezanie vzniká použitím týchto médií:
- zmes plynov, stlačený vzduch, vodný prúd, kombinácia plynu a vody.

Pri rezaní klasickou plazmou sa najčastejšie používa zmes Ar a H. Na rozdiel od rezania kyslíkom, princíp rezania plazmou je založený na tavení rezaného materiálu extrémne vysokou teplotou.

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Rezanie plazmou

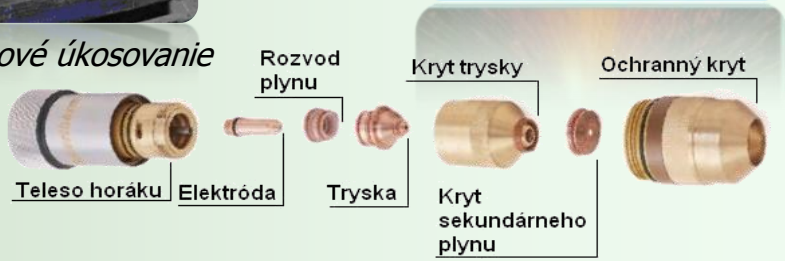
Vhodnosť použitia

Plazmové obrábanie sa používa pri obrábaní (rezaní) prevažne elektricky vodivých materiálov. Keďže pre výbeh lúča plazmy je potrebný voľný priestor, nie je možné ním vyrábať nepriechodné otvory, resp. dutiny. Pri menších hrúbkach materiálu je možné dosiahnuť vyššie rezné rýchlosti, ale ani v tomto prípade nie sú pokryté zvýšené náklady.

Okrem rezania materiálu sa plazmový lúč používa na zváranie, tepelné úpravy povrchu, vytváranie nových povrchových vrstiev, ale tiež ja na zlepšenie obrábateľnosti ohrevom koreňa triesky. (Mičietová, A., 2001)

Ukážka ručného plazmového rezania a rezania pod vodou pod vodou (homen.vsb.cz)

Ukážka zariadenie na plazmové úkosovanie a plazmový horák



Plazmový horák firmy Hypertherm

Výhody plazmového rezania:

- rezanie všetkých elektricky vodivých materiálov,
- vysoká rýchlosť rezania,
- menšia teplom ovplyvnená oblasť,
- veľká presnosť u moderných typov plazmových, zdrojov a horákov
- a iné.

Nevýhody plazmového rezania:

- vysoké obstarávacie a náklady,
- obmedzenie použitia pri väčších hrúbkach materiálov,
- prevádzkové náklady.

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Integrita povrchu po obrábaní plazmovým lúčom

CNC rezací stroj SCORPION 2500 GP určený na rezanie plameňom a plazmou. Stroj ma nainštalované dva horáky, jeden pre pálenie plynom (kyslík - acetylén) a druhý pre plazmové pálenie

Charakteristika zariadenia:

Zariadenie sa využíva pre plazmové rezanie do hrúbky max. 45 mm s vodou chladenými ručnými a strojovými plazmovými horákmi PB-S45 WH a PB-S45 W, pre rezanie všetkých elektricky vodivých materiálov. Ručné alebo mechanizované rezanie so vzduchom, O_2, Ar/H_2, $Ar/H_2/N_2$ alebo Ar/N_2 ako plazmovými plynmi, vhodné aj pre drážkovanie, obzvlášť vhodné pre čiastočne automatizované rezanie.

Delenie plazmou

Pri pálení plynom na páliacom stroji firmy VIKO s.r.o. je použitý strojný horák HARRIS 198-2T. Tento kompaktný horák je určený na delenie materiálov až do hrúbky 380 mm, má samostatne vedený rezací a nahrievací kyslík a horľavý plyn pri ich samostatnom ovládaní. Priemer tela horáka je 32 mm, dĺžka 250 mm.

Delenie kyslíkom

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Integrita povrchu po obrábaní plazmovým lúčom

Použitý materiál:
- plechy valcované za tepla, - hrúbky: 5, 10, 15, 20 mm,
- oceľ S235JRG2, podľa STN 11 375.1, podľa DIN RSt 37-2

Ocele na zvarované konštrukcie. Sú to ocele triedy 11 s nízkym obsahom uhlíka. Pretože zvárateľnosť zhoršuje najmä uhlík, obmedzuje sa jeho obsah v oceliach na zvárané konštrukcie na max. 0,20%, mimoriadne na max. 0,25%. Neuspokojené ocele sú vhodné na zvárané súčiastky s hrúbkou steny maximálne 16 mm, ocele uspokojené kremíkom do 25 mm. Pri väčšej hrúbke steny sa už používajú ocele uspokojené hliníkom alebo mikrolegované nióbom, vanádom alebo titánom.

Najbežnejšie sa používajú značky 11 343, 11 373 a 11 423. Ocele 11 375 a11 425 sa vyrábajú prevažne ako martenzitické ocele uspokojené, čo umožňuje zaručiť zvárateľnosť do väčších hrúbok súčastí ako u predchádzajúcich značiek. (Skočovský, P., 2001)

rezací stôl s horákmi a vzorkami

Výroba vzoriek

Po umiestnení a označení polotovarov prichádza na rad samotné rezanie vzoriek páliacim strojom. Pri rezaní polotovarov v hrúbkach 5, 10, 15, 20 mm potrebujeme, tak ako pre plazmovú, tak aj pre kyslíkovú technológiu viaceré veľkosti rezacích trysiek.

Hrúbka polotovaru (mm)	Plazmový horák	Kyslíkový horák HARRIS 198-2T
	tryska	Vysokorýchlostná tryska VAX 6290
5	Lde 1.3	1VAX
10	Lde 1.3	2VAX
15	Lde 1.3	3VAX
20	Lde 1.4	3VAX

Použité rezacie trisky

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Integrita povrchu po obrábaní plazmovým lúčom

Kvalitatívne spracovanie rezaných plôch

Plech 20 mm - plazma

Plech 20 mm - kyslík

Plech 15 mm - plazma

Plech 15 mm - kyslík

Plech 10 mm - plazma

Plech 10 mm - kyslík

Plech 5 mm - plazma

Plech 5 mm - kyslík

optimum - 100 *optimum* *optimum +100* *optimum - 100* *optimum* *optimum +100*

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Integrita povrchu po obrábaní plazmovým lúčom

Teplota pri procese rezania

Teplotu v samotnom procese rezania a tepelne ovplyvnené polia boli merané termovízou kamerou moblR M8

Namerané teploty na povrchu rezanej plochy

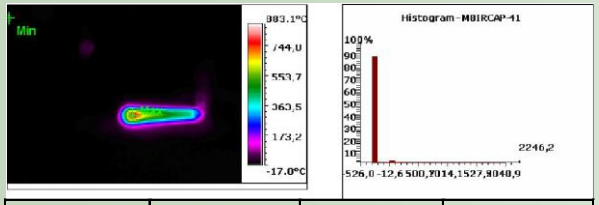
Hrúbka rezanej platne		5	10	15	20
rezanie kyslíkom	opt. rýchlosť - 100 mm/min	1 116,7	1 283,0	1 478,1	1 316,5
	opt. rýchlosť mm/min	848,6	787,0	990,9	981,6
	opt. rýchlosť +100 mm/min	723,6	734,7	722,5	657,9

Hrúbka rezanej platne		5	10	15	20
rezanie plazmou	opt. rýchlosť - 100 mm/min	360,2	525,8	727,7	1 117,2
	opt. rýchlosť mm/min	299,6	491,8	697,2	764,6
	opt. rýchlosť +100 mm/min	244,7	402,4	525,2	597,4

Skrátené protokoly z meraní teploty na rezaných plochách pri rezaní Hrúbka 5 mm

Rezanie kyslíkom

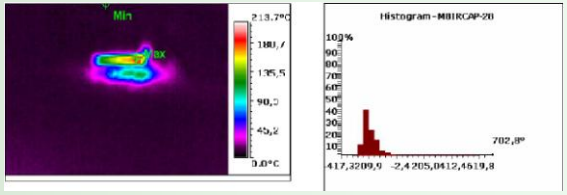
Report Date : 10.4.2011 Temperature Unit :



FileName	M8IRCAP-33	Ambient	20,0
Filter	2	AtmosphereTemp	20,3
Analyser Emiss	0,18	Date	10/4/2011 8:38:39 AM
Image Emiss	0,98	Max Temp	848,5
RelHum	70	Min Temp	5,2
Distance	30	Remark	

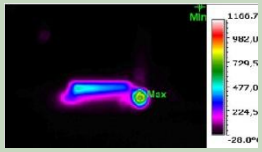
Rezanie plazmou

Report Date : 10.4.2011 Temperature Unit :

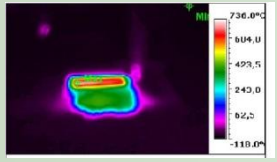


FileName	M8IRCAP-17	Ambient	20,1
Filter	2	AtmosphereTemp	19,0
Analyser Emiss	0,18	Date	10/4/2011 7:45:04 AM
Image Emiss	0,98	Max Temp	299,6
RelHum	70	Min Temp	13,1
Distance	30	Remark	

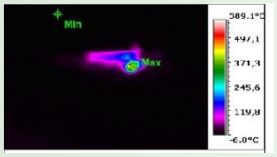
Protokol z meraní teploty na rezanej ploche pri rezaní kyslíkom pri reznej rýchlosti optimum



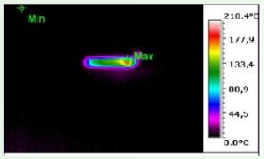
Optimum – 100



Optimum + 100



Optimum – 100



Optimum + 100

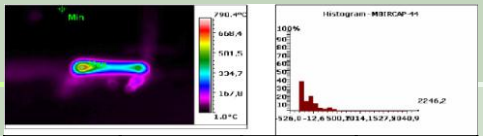
evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Integrita povrchu po obrábaní plazmovým lúčom

Skrátené protokoly z meraní teploty na rezaných plochách pri rezaní Hrúbka 5 mm

Hrúbka 10 mm
Rezanie kyslíkom

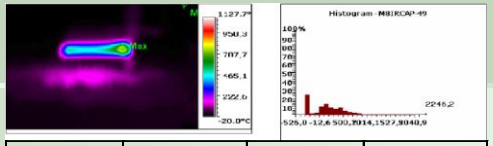
Report Date : 10.4.2011 Temperature Unit :



FileName	M8IRCAP-33	Ambient	20,4
Filter	2	AtmosphereTemp	20,5
Analyser Emiss	0,18	Date	10/4/2011 8:55:00 AM
Image Emiss	0,98	Max Temp	787,0
RelHum	70	Min Temp	5,6
Distance	30	Remark	

Hrúbka 15mm
Rezanie kyslíkom

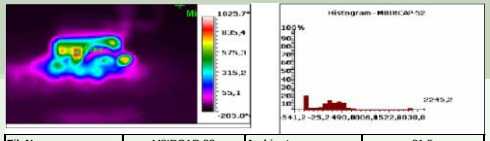
Report Date : 10.4.2011 Temperature Unit :



FileName	M8IRCAP-33	Ambient	20,4
Filter	2	AtmosphereTemp	20,5
Analyser Emiss	0,18	Date	10/4/2011 9:17:00 AM
Image Emiss	0,98	Max Temp	990,9
RelHum	70	Min Temp	3,6
Distance	30	Remark	

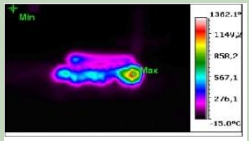
Hrúbka 20 mm
Rezanie kyslíkom

Report Date : 10.4.2011 Temperature Unit :

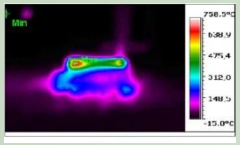


FileName	M8IRCAP-33	Ambient	21,5
Filter	2	AtmosphereTemp	22,3
Analyser Emiss	0,18	Date	10/4/2011 9:33:01AM
Image Emiss	0,98	Max Temp	981,5
RelHum	70	Min Temp	2,5
Distance	30	Remark	

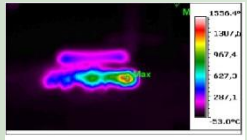
Protokol z meraní teploty na rezanej ploche pri rezaní kyslíkom pri reznej rýchlosti optimum



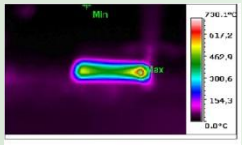
Optimum – 100



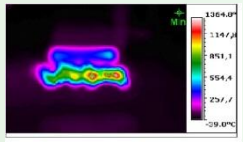
Optimum + 100



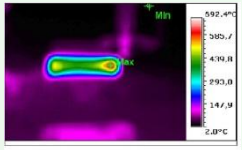
Optimum – 100



Optimum + 100



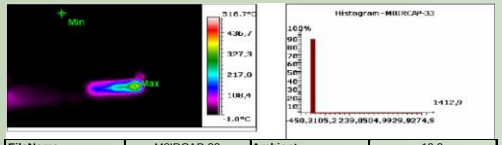
Optimum – 100



Optimum + 100

Rezanie plazmou

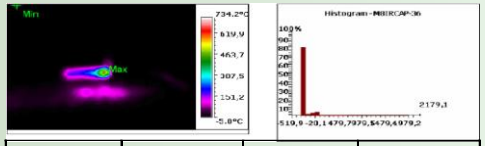
Report Date : 10.4.2011 Temperature Unit :



FileName	M8IRCAP-33	Ambient	19,3
Filter	2	AtmosphereTemp	19,0
Analyser Emiss	0,18	Date	10/4/2011 8:10:39 AM
Image Emiss	0,98	Max Temp	491,8
RelHum	70	Min Temp	6,4
Distance	30	Remark	

Rezanie plazmou

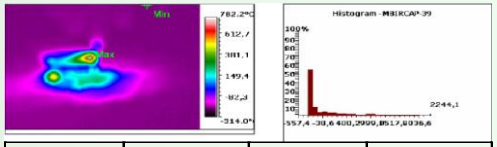
Report Date : 10.4.2011 Temperature Unit :



FileName	M8IRCAP-33	Ambient	19,3
Filter	2	AtmosphereTemp	19,4
Analyser Emiss	0,18	Date	10/4/2011 8:13:39 AM
Image Emiss	0,98	Max Temp	697,2
RelHum	70	Min Temp	6,4
Distance	30	Remark	

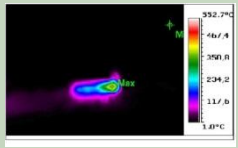
Rezanie plazmou

Report Date : 10.4.2011 Temperature Unit :

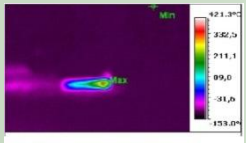


FileName	M8IRCAP-33	Ambient	19,5
Filter	2	AtmosphereTemp	19,6
Analyser Emiss	0,18	Date	10/4/2011 8:13:39 AM
Image Emiss	0,98	Max Temp	764,5
RelHum	70	Min Temp	4,3
Distance	30	Remark	

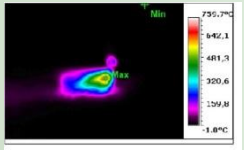
Protokol z meraní teploty na rezanej ploche pri rezaní kyslíkom pri reznej rýchlosti optimum



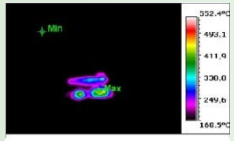
Optimum – 100



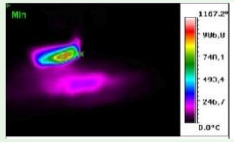
Optimum + 100



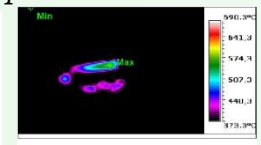
Optimum – 100



Optimum + 100



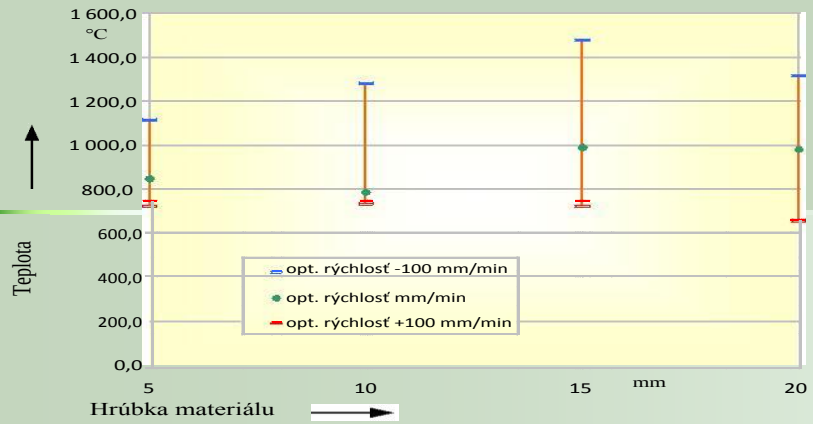
Optimum – 100



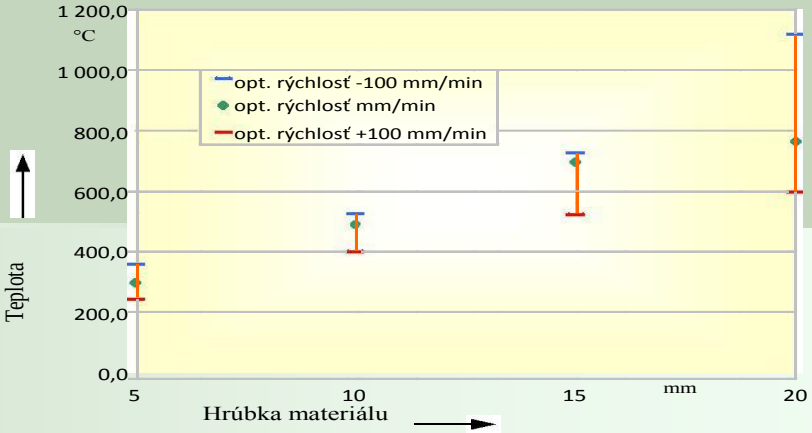
Optimum + 100

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

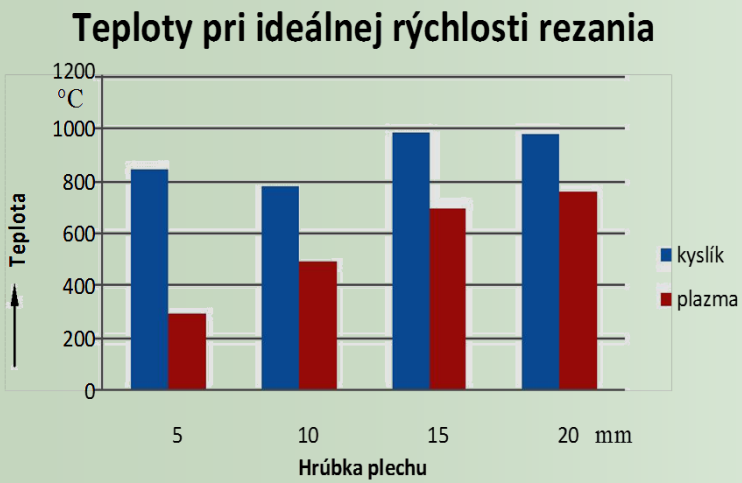
Integrita povrchu po obrábaní plazmovým lúčom



Grafické znázornenie nameraných teplôt pri rezaní kyslíkom



Grafické znázornenie nameraných teplôt pri rezaní plazmou



Porovnanie teplotných ovplyvnení pri optimálnych rýchlostiach pri rezaní kyslíkom a plazmou

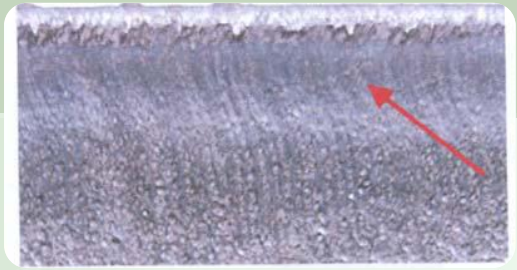
Merania teploty na plochách rezaných plazmou alebo kyslíkom sme robili preto, aby sme zistili, ako sú tieto plochy ovplyvnené teplom, ktoré vzniká pri rezaní a následne, či vzniká štruktu-rálna zmena v povrchovej vrstve, nakoľko sa odrezané kusy potom zvárajú do celkov a nevhodná zmena štruktúry, môže spôsobiť nežiaduce následky po zhotovení konečných prvkov. Po experimentálnych skúškach sme nakoniec zistili, že v mieste rezu materiálu nevznikajú také teploty, ktoré by daný povrch ovplyvňovali, takže pri výbere z týchto technológií nemusíme brať ohľad na tepelné ovplyvnenie, ale skôr na ostatné aspekty.

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

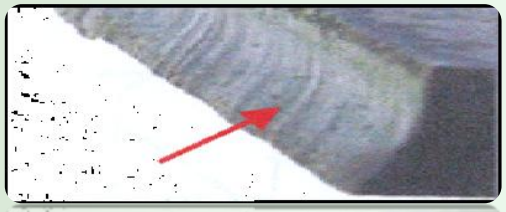
Integrita povrchu po obrábaní plazmovým lúčom

Povrch po rezaní plazmovým lúčom

Geometrické nepresnosti pri delení plazmou



Vydutie reznej hrany



Vyhĺbenie reznej plochy

Natavenie hornej hrany rezu

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Rezanie laserovým lúčom

Princíp činnosti lasera

Laser je z fyzikálneho hľadiska kvantovo-elektronický zosilňovač elektro-magnetického žiarenia najčastejšie v oblasti viditeľného svetelného spektra a priľahlých vlnových dĺžkach. Laser je zdrojom veľmi silného monochromatického a časovo aj priestorovo koherentného žiarenia. Princíp lasera je založený na stimulovanej emisii fotónov v aktívnom prostredí lasera. (MIČIETOVÁ, A., 2001)

Ak vybudíme atómy do vyšších energetických stavov vonkajším zdrojom energie, budú do pôvodného energetického stavu vyžarovať nekoherentné svetelné žiarenie. Pri laseri sa tieto emitované fotóny pohybujú v optickom rezonátore tvorenom protiľahlými vysokoleštenými a rovnobežnými zrkadlami. Pri prechode fotónu okolo exitovanej častice dôjde k jej stimulácií a vyžiareniu fotónu rovnakej vlnovej dĺžky a smeru pohybu, ku pôvodný fotón zodpovedajúci za túto emisiu. Tak dochádza k postupnému zväčšovaniu toku fotónov, schopných vybudiť ďalšiu stimulovanú emisiu.

Fotóny sa môžu pohybovať v ľubovoľnom smere, ale tie, ktoré sa pohybujú rovnobežne s osou optického rezonátora medzi zrkadlami, sa od nich odrážajú. Niektoré z týchto fotónov po odraze od nepriepustného zrkadla prechádzajú jedným zo zrkadiel, ktoré je polopriepustné a vytvárajú veľmi intenzívny, monochromatický a priestorovo i časovo koherentný zväzok. Ostatné oscilujú ďalej v rezonátore a generujú ďalšie fotóny. (MIČIETOVÁ, A., 2001)

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Rezanie laserovým lúčom

Výhody a nevýhody laserového rezania

Laserové rezanie má najmä tieto výhody:

- bezkontaktné obrábanie (bez priameho poškodenia nástroja),
- adaptabilnosť (zmena technológie nevyžaduje výmenu nástroja), nie je potrebná rezná kvapalina (nevznikajú mechanické triesky), prevádzka je tichšia voči iným technológiám,
- laserový zväzok možno separova ť a samostatne viesť sériou zrkadiel, tepelne ovplyvnená oblasť je minimálna,
- technologický proces možno automatizova ť a robotizovať, toxické látky možno odstraňovať jednoduchým odsávaním, úspora materiálu,
- veľmi úzka rezná medzera, vysoká kvalita rezných plôch,
- vysoká rýchlosť rezania vo všetkých smeroch,
- podstatné rozšírenie technologických možností. (http://kvs.sjf.stuba.sk)

Nevýhody laserového rezania sú:

- vysoká zriaďovacia cena,
- požiadavky kvalifikovanej obsluhy,
- bezpečnostné opatrenia na vysokej úrovni,
- nízka účinnosť procesu 0,2 - 15% podľa druhu materiálu, vznik kužeľovitosti rezu. (http://kvs.sjf.stuba.sk)

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Integrita povrchu po obrábaní laserovým lúčom

Experimentálna časť sa zaoberá hodnotením kvality povrchu po laserovom rezaní najmä z hľadiska drsnosti materiálu vplyvom týchto parametrov:

- hrúbka materiálu, výkon lasera,
- priemer trysky,
- druh rezného plynu, rýchlosť,
- tlak rezného plynu,
- ohnisková vzdialenosť.

Cieľom bolo analyzovať používané rezné parametre pre najčastejšie rezané hrúbky materiálov používaných zadávaeľom. Zadávateľ chcel tiež optimalizovať rezné parametre najmä zvýšiť rezné rýchlosti, za podmienky zachovania alebo zlepšenia kvality povrchu materiálu a kusových časov výrobkov.

Analyzované hrúbky základného sú: **2 mm, 3 mm, 5 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm.**

Základný materiál pre experimenty

Na základe požiadavky firmy Elmax Žilina a.s . bol zvolený materiál oceľ 11375 podľa STN, označený aj ako S235JRG2 pod ľa EN 10025/90 +A1/93

TRUPMF TruLaser 3030 vo firme ELMAX Žilina a.s.

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Integrita povrchu po obrábaní laserovým lúčom

Technické údaje lasera TruFlow 3200
(http://www.sktrumpf..com)

maximálny výkon	3200 W
nastaviteľný rozsah výkonu v krokoch po 1%	100 - 3200W
vlnová dĺžka	10,6 µm
režim lúča	TEM_{00}
taktovacia frekvencia	10 Hz - 10 kHz
laserové plyny	CO_2, N_2, He
spotreba elektrickej energie zariadenia	20 - 40 kW

Maximálne hrúbky obrábaného plechu (http://www.skrumpf.t.com)

konštruk čná oceľ	20 mm
nehrdzavejúca oceľ	6 mm
hliník	5 mm

Veľmi dôležitá je čistota dodaných plynov, pretože by ne čistoty mohli spôsobi ť poškodenie najmä optickej časti zariadenia a vyradiť laser úplne z činnosti. Preto výrobca určil čistotu týchto plynov.

Čistota laserových plynov
(podniková literatúra firmy Trumpf Slovakia s.r.o)

laserový plyn	čistota
dusík (N_2)	5,0 (99,999%)
hélium (He)	4,6 (99,996%)
oxid uhličitý (CO_2)	4,5 (99,995%)

Čistota rezných plynov (podniková literatúra firmy Trumpf Slovakia s.r.o)

rezný plyn	čistota
kyslík (O_2)	4,5 (99,995%)
dusík (N_2)	5,0 (99,999%)

Použitý merací prístroj pre meranie drsnosti po vrchu

Pri všetkých kontrolných meraniach bol použitý prís troj MITUTOYO SURFTEST SJ 201P Merací prís-troj je umiestnený v klimatizovanom laboratóriu, s udržiavanou priemernou teplotou $t = 20^0C$. Prístroj bol pred každou sériou meraní kalibrovaný pod ľa etalónu drsnosti, ktorý je súčasťou balenia prístroja.

Mitutoyo Surftest SJ-201P pri praktickom meraní

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Kritéria pre hodnotenie integrity povrchu

a) parametre procesu - tieto parametre zahŕňajú:

- výkon lúča,
- rýchlosť posuvu,
- šírku vytváranej drážky,
- druh lúča,
- ohnisko vzdialenosti,
- priemer zaostreného lúča,
- uhol vychýlenia lúča α, ktorý je v dôsledku prechodu lúča materiálom,
- prídavný plyn,

b) parametre materiálu obrobku - tieto sú charakterizované:

- fyzikálno - chemickými vlastnosťami materiálu,
- typom materiálu (plech, sklo, keramika, kompozit, atď.)
- termo -fyzikálnymi vlastnosťami (tepelná vodivosť, viskozita taveniny, atď.)

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Integrita povrchu po obrábaní laserovým lúčom

Rezné parametre zadané výrobcom

hrúbka	2mm	3mm	5mm	6mm	8mm	10mm
výkon lasera (W)	1400	2000	2000	2250	3200	3200
priemer trysky (mm)	0,8	1,4	1	1	1,4	1,4
druh rezného plynu	O_2	N_2	O_2	O_2	O_2	O_2
hrúbka rezu (mm)	0,250	0,250	0,300	0,300	0,350	0,400
rezná rýchlosť (m/min)	5,000	2,700	3,100	2,800	2,200	1,800
tlak plynu (bar)	1,2	1,5	0,8	0,8	0,6	0,5
spínacia frekvencia(Hz)	10000	20000	10000	10000	10000	10000
ohnisková vzdialenosť (mm)	-1,5	-2,5	0,0	1,0	1,0	1,5

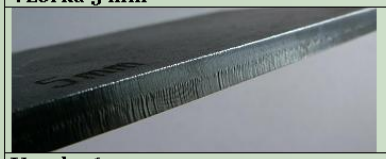
Optimalizované rezné parametre

hrúbka	2mm	3mm	5mm	6mm	8mm	10mm
výkon lasera (W)	1600	2000	2100	2300	3200	3200
priemer trysky (mm)	0,8	1	1	1	1,4	1,4
druh rezného plynu	O_2	O_2	O_2	O_2	O_2	O_2
hrúbka rezu (mm)	0,250	0,250	0,300	0,300	0,350	0,400
rezná rýchlosť (m/min)	5,300	3,200	3,800	3,400	2,600	2,100
tlak plynu (bar)	1,2	1,5	0,8	0,8	0,6	0,5
spínacia frekvencia(Hz)	10000	10000	10000	10000	10000	10000
ohnisková vzdialenosť (mm)	-0,5	-1	1,0	1,5	1,5	0,5

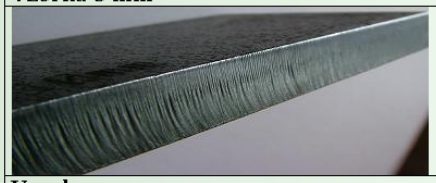
evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Integrita povrchu po obrábaní laserovým lúčom

Rezné parametre zadané výrobcom

Vzorka 2 mm	
	R_a = 0,88 µm R_z = 3,81 µm R_t = 6,81 µm
Vzorka 3 mm	
	R_a = 3,68 µm R_z = 19,42 µm R_t = 24,16 µm
Vzorka 5 mm	
	R_a = 1,83 µm R_z = 8,08 µm R_t = 14,73 µm
Vzorka 6 mm	
	R_a = 1,01 µm R_z = 4,37 µm R_t = 5,78 µm
Vzorka 8 mm	
	R_a = 2,17 µm R_z = 11,05 µm R_t = 18,82 µm
Vzorka 10 mm	
	R_a = 4,06 µm R_z = 20,47 µm R_t = 29,26 µm

Optimalizované rezné parametre

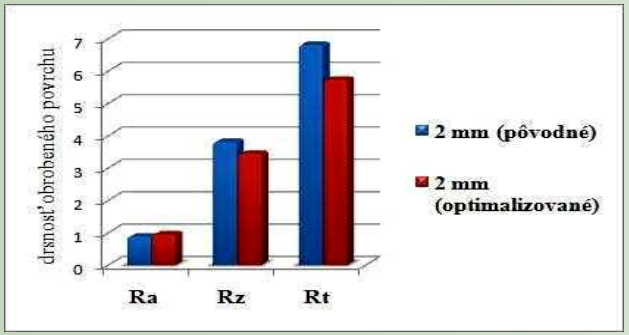
Vzorka 2 mm	
	R_a = 0,95 µm R_z = 3,44 µm R_t = 5,73 µm
Vzorka 3 mm	
	R_a= 0,60 µm R_z= 2,79 µm R_t= 4,29 µm
Vzorka 5 mm	
	R_a = 0,71 µm R_z = 3,56 µm R_t = 5,64 µm
Vzorka 6 mm	
	R_a = 0,94 µm R_z = 3,90 µm R_t = 6,40 µm
Vzorka 8 mm	
	R_a = 0,94 µm R_z = 5,00 µm R_t = 8,66 µm
Vzorka 10 mm	
	R_a = 3,77 µm R_z = 18,47 µm R_t = 21,63 µm

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

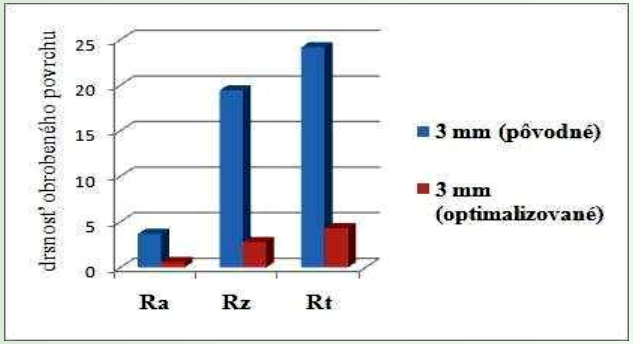
Integrita povrchu po obrábaní laserovým lúčom

ZHODNOTENIE DOSIAHNUTÝCH VÝSLEDKOV

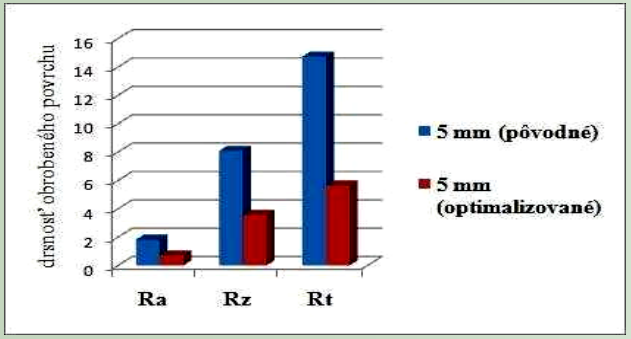
hrúbka materiálu 2 mm - pri zvýšení reznej rýchlosti (+0,3 m.min^{-1}) došlo len k **nevýraznému zníženiu drsnosti** obrobeného povrchu (+ 0,07 µm), ďalej sa upravila ohnisková vzdialenosť.



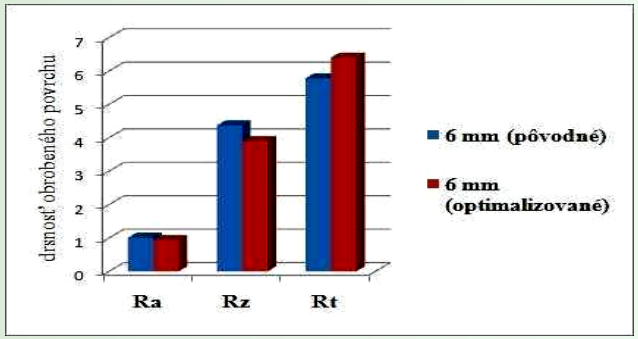
hrúbka materiálu 3 mm- došlo najmä k **zmenám rezného plynu z N_2 na O_2 a zvýšeniu reznej rýchlosti** (+0,5 m.min^{-1}), spínacej frekvencie a ohniskovej vzdialenosti. Podstatne sa znížila drsnosť obrobeného povrchu (-3,08 µm) najlepšie zo všetkých materiálov.



hrúbka materiálu 5 mm- **zvýšil sa výkon lasera, upravila sa ohnisková vzdialenosť a zvýšila sa rezná rýchlosť** - najviac zo skúšaných vzoriek (+0,7 m.min^{-1}). Drsnosť obrobeného povrchu sa zlepšila len nepatrne.



hrúbka materiálu 6 mm- nepatrne sa zvýšil výkon lasera, ohnisková vzdialenosť a rezná rýchlosť (+0,6 m.min^{-1}). Zlepšila sa aj kvalita obrobeného povrchu.

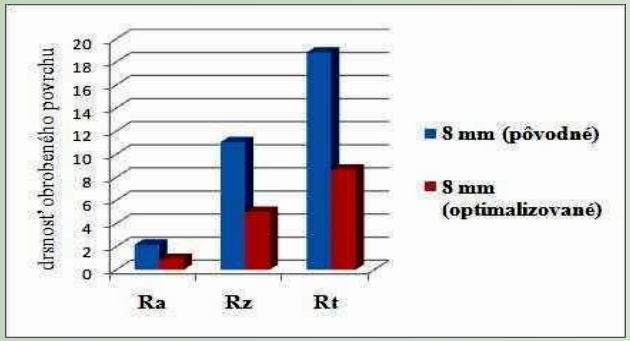


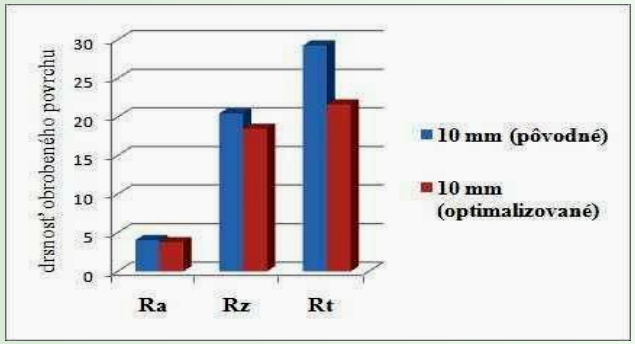
evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Integrita povrchu po obrábaní laserovým lúčom

hrúbka materiálu 8 mm- upravila sa len ohnisková vzdialenosť a rezná rýchlosť (+0,4 m.min^{-1}). Výsledná drsnosť obrobeného povrchu sa zlepšila.

hrúbka materiálu 10 mm- upravila sa ohnisková vzdialenosť a rezná rýchlosť len minimálne (+0,1 m.min^{-1}). Výsledná drsnosť obrobeného povrchu sa dostatočne zlepšila. Pre ďalšie zvýšenie reznej rýchlosti je obmedzujúci hlavne výkon lasera.





Zhodnotenie

Ako cieľ práce bolo stanovené vyhodnotiť vzorky narezané podľa rezných parametrov zadávateľa a optimalizovať rezné parametre. Následne narezať podľa týchto parametrov a porovnať so vzorkami zadávateľa. Všetky žiadané hrúbky materiálov boli kvalitatívne analyzované, rezné parametre optimalizované a aj vzorky narezané podľa týchto parametrov boli analyzované z čoho sme dospeli k záveru, že sa nám pri optimalizácií parametrov podarilo zvýšiť všetký rezné rýchlosti, čím sa znížili jednotlivé kusové časy výrobkov za podmienky zlepšenia kvality obrobených povrchov.

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Hodnotenie teplom ovplyvnenej oblasti

Teplom ovplyvnená zóna je oblasť materiálu, v ktorej došlo k ovplyvneniu štruktúry základného materiálu vplyvom vysokej teploty.

V teplom ovplyvnenej zóne dochádza k nasledujúcim zmenám:

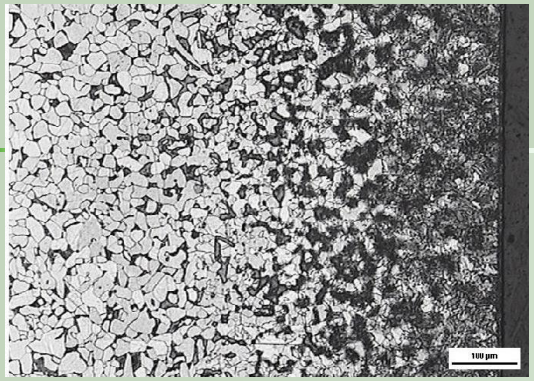
- zhrubnutie zrna,
- zmeny chemického zloženia povrchovej vrstvy,
- tvorba trhlín,
- zvýšenie povrchového napätia a s tým spojené deformácie povrchu,
- zmena mechanických vlastností povrchovej vrstvy.

Vzorky na metalografické hodnotenie boli pripravené z konštrukčnej ocele triedy 11 a z antikoróznej ocele triedy 17, boli vypálené výpalky hrúbky materiálu 6 mm plazmou a laserom pri optimálnych rezných parametroch udávaných výrobcami páliacich strojov. Ďalej boli z týchto výpalkov odobrané vzorky za stáleho intenzívneho chladenia, preto je vylúčené tepelné ovplyvnenie materiálu týmto zásahom. Na pozorovanie a následnú dokumentáciu mikroštruktúr bol použitý mikroskop NEOPHOT 32 s počítačovým programom Lucia meradlo 5.0.

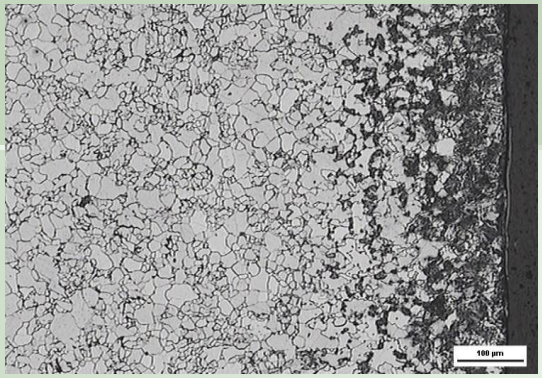
evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Integrita povrchu po obrábaní laserovým lúčom

rezané plazmou



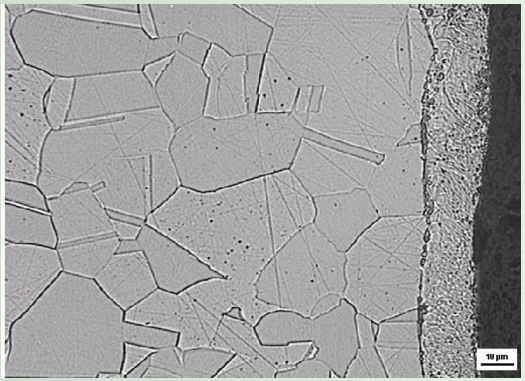
rezané laserom



Mikroštruktúra v teplom ovplyvnenej oblasti
Konštrukčná oceľ triedy 11, Nital 3%, (Môcik, 2010)

Teplom ovplyvnená oblasť: /µm/		
Materiál	Konštrukčná oceľ	Antikorózna oceľ
Rezanie plazmou	340	120
Rezanie laserom	120	17

Na obrázkoch je vidieť základnú feriticko-perlitickú štruktúru ocele. Štruktúra v teplom ovplyvnenej zóne je tvorená ihlicovitým martenzitom.



Mikroštruktúra v teplom ovplyvnenej oblasti
Antikorózna oceľ triedy 17.
10 ml HNO_3 + 30 ml HCl + 30 ml glycerín (doba leptania 90 sec)
(Môcik, 2010)

Obrázky predstavujú mikroštruktúru antikoróznej ocele. Základnú štruktúru tvorí austenit a v teplom ovplyvnenej oblasti možno pozorovať karbidy $(Cr, Fe)_{23}C_6$, ktoré sa vylúčili na hraniciach zŕn vplyvom vysokej teploty pri rezaní.

Zo získaných hodnôt veľkosti teplom ovplyvnenej oblasti, nameraných na mikroštruktúrach, možno konštatovať, že pri rezaní laserovým lúčom možno dosiahnuť oveľa menšiu oblasť ovplyvnenú teplom. (Môcik, 2010)

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

c) kvalita rezu: - pri sledovaní kvality rezu treba brať do úvahy tieto parametre:

- veľkosť jednotlivých zón rezu, ktoré zároveň môžu slúžiť ako kritéria pre hodnotenie rezaného povrchu,
- drsnosť povrchu reznej dráčky,
- zaoblenie hrán vplyvom rezania,
- nepravidelnosť hrán,
- šírka tepelne ovplyvnenej oblasti,
- odchýlka kolmosti - kužeľovitosti rezaného otvoru,
- tvorenie trhlín,
- množstvo otrepov vo forme kvapiek nataveného a stuhnutého materiálu na spodnej časti rezu,
- úbytok materiálu,
- šírka rezu (šírka kráteru),
- vychýlenie lúča (tvorba drážkovania s rozdielnym polomerom zaoblenia),
- zmena štruktúry povrchu materiálu (rekryštalizácia),
- spevnenie materiálu,
- veľkosť zvyškových napätí.

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

ZÁVER

Prednáška obsahuje teoretické znalosti o integrite povrchu a tepelne ovplyvnenej vrstvy po aplikácii progresívnych metód delenia materiálov. Zaoberá sa vybratými progresívnymi metódami delenia materiálov, ktoré využívajú princípy nekonvenčných metód obrábania a charakterizuje zmeny vlastností rezaných materiálov po aplikáciách delenia. Výber konkrétnych technológií prezentovaných v práci je zámerný, zohľadňuje masovo najviac zastúpené progresívne metódy delenia materiálov v praktickom využívaní. Súhrn výsledných vlastností rezaných povrchov, odborne nazývaný integrita povrchu, sa po aplikácii navrhnutými technológiami, abrazívnym vodným lúčom, laserovým a plazmovým lúčom, značne odlišujú. Delenie materiálov kyslíkom, laserom a plazmou sú termické procesy, pri ktorých sa vytvára teplo a tým sa mení mikroštruktúra v teplom ovplyvnenej oblasti, majú špecifiká, ktoré v niektorých prípadoch nemôžeme zanedbávať. Obrábanie abrazívnym vodným lúčom nevyužíva teplo na svoju prácu a ani nemení mikroštruktúru v delenej časti materiálu, vyznačuje sa vlastnosťami, ktoré mu napríklad umožňujú deliť nevodivé materiály. Každá z uvádzaných technológií je jedinečná, dáva možnosť efektívneho výberu technológie pre konkrétnu požiadavku vyplývajúcu z požiadaviek výrobku.

Poznatky uvádzané v práci sú založené na teoretických a praktických základoch zosnímaných v uvádzanej literatúre a konkrétnych experimentálnych pokusoch.

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Použité zdroje

FABIAN, P., *Technológia,* 2006, s.

(http://kvs.sjf.stuba.sk)

MEDERA Ľ., (2010): *Hodnotenie kvality povrchu materiálu po laserovom rezaní vo firme ELMAX Žilina a.s.,* Diplomová práca, ŽU v Žiline, s. 58

MIČIETOVÁ, A., 2001: *Nekonvenčné metódy obrábania.* Žilina: EDIS, 2001, Žilina*:* EDIS, 2001, 376 s., ISBN 80-7100-853-2.

MÔCIK S., (2010): *Kvalita povrchu pri rezaní laserovým a plazmovým lúčom.* Diplomová práca,

ŽU v Žiline, s. 55

SKOČOVSKÝ, P., BOKÚVKA, O., KONEČNÁ, R., TILLOVÁ, E., 2001: *Náuka o materiáli pre odbory strojnícke.* Žilina: EDIS, 2001, ISBN 80-8070-593

ŠČOTKA P., (2010): *Porovnanie a výber spôsobu delenia materiálov pre stanovené hrúbky materiálu vo VIKO s.r.o.,* Diplomová práca, ŽU v Žiline, s. 63

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Ďakujem za pozornosť