

Výroba polotovarů bočnic a patních kruhů pro segmentové formy

Renáta Hnilová

Bakalářská práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Renata Hnilová**
Osobní číslo: **T14014**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Výroba polotovarů bočnic a patních kruhů pro segmentové formy**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte rešerši na dané téma
2. Vypracujte analýzu současného stavu
3. Navrhněte alternativní řešení výrobního postupu s ohledem na spotřebu materiálu
4. Provedte ekonomické zhodnocení řešení

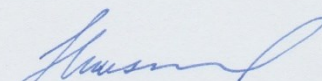
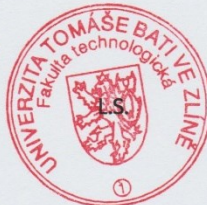
Rozsah bakalářské práce:
Rozsah příloh:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:
Dle doporučení vedoucího bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Libuše Sýkorová, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2017**
Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2017**

Ve Zlíně dne 31. ledna 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Renáta Hnilová

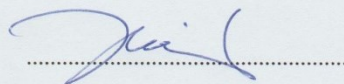
Obor: TZ

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 4.5.2017



¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) *Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.*

(3) *Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.*

²⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:*

(3) *Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).*

³⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

(1) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

(2) *Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

(3) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídá k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá výrobou polotovarů částí segmentových vulkanizačních forem pro výrobu automobilových plášťů. Bakalářská práce se skládá ze dvou částí. První část je teoretická, kde bude popsána teorie rozdělování kovových materiálů a nekonvenční technologie jejich dělení. Druhá část je praktická, zde bude řešen samotný technologický postup výroby polotovarů bočnic a patních kruhů kyslíkovým řezáním a zejména materiály, používané na polotovary. Cílem práce je navrhnout alternativní postup výroby a použité materiály pro ekonomické a časové zvýhodnění výroby.

Klíčová slova: segmentová forma, dělení materiálů, formát plechu

ABSTRACT

This thesis deals with the production of semi-finished parts of segmental vulcanizing molds for the production of automobile tires. This work consists of two parts. The first part is theoretical, which will describe the theory of metallic materials and unconventional technologies for their cutting. The second part is practical, it is dealt with a technological process of the production of semi-finished sidewall and bead rings by oxygen cutting and materials used for this parts. The primary objective is to propose an alternative manufacturing process and materials for economic and time saving in production.

Key words: segmented mold, cutting of materials, sheet metal format

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí své bakalářské práce, paní doc. Ing. Libuši Sýkorové Ph.D., za ochotu, vynaložený čas a cenné odborné rady, které mi pomohly řešit danou problematiku.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 ROZDĚLENÍ KOVOVÝCH MATERIÁLŮ	12
1.1 OCELI.....	12
1.1.1 Vlastnosti ocelí.....	12
1.1.2 Rozdělování ocelí.....	12
1.2 LITINY.....	17
1.2.1 Vlastnosti litiny	18
1.2.2 Dělení litin.....	18
1.3 NEŽELEZNÉ KOVY A JEJICH SLITINY	20
1.3.1 Hliník.....	20
1.3.2 Měď.....	21
2 TECHNOLOGIE DĚLENÍ MATERIÁLŮ	24
2.1 TEPelné DĚLENÍ KOVOVÝCH MATERIÁLŮ	24
2.1.1 Dělení kyslíkovým plamenem – FOC (Fuel Oxygen Cutting)	25
2.1.2 Dělení plazmovým paprskem – PBC (Plasma Beam Cutting).....	28
2.1.3 Dělení laserovým paprskem – LBC (Laser Beam Cutting)	31
2.2 NETEPelné DĚLENÍ KOVOVÝCH MATERIÁLŮ.....	34
2.2.1 Dělení vodním paprskem	34
2.3 POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH METOD DĚLENÍ MATERIÁLŮ	37
II PRAKTICKÁ ČÁST	39
3 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	40
4 VFC – VÝROBA FOREM CONTINENTAL.....	41
4.1 KONSTRUKCE FOREM A VÝROBA	41
4.2 BOČNICE, PATNÍ KRUHY	43
4.2.1 Materiál	43
4.2.2 Výroba polotovarů	45
4.2.3 Tepelné zpracování	46
4.2.4 Dokončovací operace	47
5 OPTIMALIZACE VYUŽITÍ TABULE PLECHU	48
5.1 STÁVAJÍCÍ STAV	48
5.2 NÁVRH ZMĚNY	50
5.2.1 Konkrétní příklad navrhované změny plánování	52
5.2.2 Ekonomické srovnání – nákup materiálu	55
5.3 NAKLÁDÁNÍ S ODPADEM	55
5.3.1 Konkrétní příklad využití odpadu	56
5.4 EKONOMICKÉ A PRAKTICKÉ VYHODNOCENÍ NAVRHOVANÝCH ZMĚN.....	58
ZÁVĚR	59
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	61
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	63
SEZNAM OBRÁZKŮ	64
SEZNAM TABULEK.....	66

SEZNAM PŘÍLOH.....67

ÚVOD

Tato bakalářská práce je zaměřena na problematiku výroby částí vulkanizačních forem metodou tepelného dělení kyslíkovým plamenem. Obsahem teoretické části práce je popsání materiálů, vhodných pro výrobu forem, a zároveň technologií tepelného a netepelného dělení materiálů. Hlavní náplní praktické části této práce je pak zejména návrh alternativního postupu výroby a použitého materiálu pro finanční i časovou úsporu ve výrobě.

Při výrobě vulkanizačních forem jsou používány různé kovové materiály a výrobní technologie. Každá z částí formy je vyráběna z jiného materiálu a jinou technologií. Dezénové části (segmenty) jsou odlévány z hliníku, případně frézovány ze speciálních hliníkových slitin, bočnice a patní kruhy jsou pak vyráběny z ocelových materiálů soustružením a frézováním. Ocelové polotovary pro bočnice a patní kruhy jsou vyráběny tepelným dělením, konkrétně řezáním kyslíkovým plamenem.

Jen těžko dnes najdeme průmyslové odvětví, které by alespoň z části nevyužívalo této metody dělení kovů. Její jednoduchost a zároveň přijatelné cenové náklady ji řadí mezi nejpožívanější metody tepelného dělení.

Bakalářská práce vznikla ve spolupráci se společností Continental Barum s.r.o., jedním z největších výrobců nejen automobilových plášťů ve světě. Výrobou forem se v této společnosti zabývá divize VFC – Výroba forem Continental, která od roku 2016 patří do skupiny CMM – Continental Molds and Machinery.

Tato práce je motivována zejména požadavkem společnosti na úspory při výrobě, jak časové, tak samozřejmě i finanční.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ROZDĚLENÍ KOVOVÝCH MATERIÁLŮ

Kovové materiály můžeme rozdělit na základní skupiny podle druhu materiálu a oblasti použití:

- Oceli
- Litiny
- Neželezné kovy a jejich slitiny

1.1 Oceli

Ocel je nejčastěji používaný kovový materiál. Je to slitina železa s uhlíkem, která obsahuje méně než 2,14% uhlíku. Jako oceli označujeme slitiny s převážnou částí železa. Pokud je obsah uhlíku ve slitině větší, než 2,14%, pak hovoříme o litině. Základním materiálem pro výrobu ocele je zpravidla surové železo vyrobené ve vysoké peci. Surové železo je vyráběno redukcí oxidů železa obsažených v železné rudě.

1.1.1 Vlastnosti ocelí

Vlastnosti ocelí ovlivňujeme legováním uhlíkem a dalšími prvky, tepelným nebo tepelně-mechanickým zpracováním. Takto můžeme upravit potřebné vlastnosti oceli pro konkrétní použití. Vlastnosti ocelí můžeme rozdělit na fyzikální (hustota, teplota tání, elektrická a tepelná vodivost, délková roztažnost), mechanické (elasticko-plastické deformační chování, houževnatost, křehkost, tvrdost, pevnost v tahu, mez kluzu, tažnost, odolnost opotřebení apod.), technologické vlastnosti (slévateľnost, obrobiteľnosť, svařitelnost, kalitelnost atd.) a chemické vlastnosti (zejména korozní chování). Samozřejmě nemůžeme opomenout zdravotní nezávadnost a vliv na životní prostředí.

1.1.2 Rozdělování ocelí

Oceli můžeme rozdělovat podle chemického složení, oblasti použití, případně mechanických vlastností. Značení ocelí se provádí několika způsoby - dle ČSN, od kterého se v současnosti již ustupuje, dále značení DIN, nebo EN.

Rozdělení ocelí podle chemického složení

Nelegované oceli

Jde o tzv. uhlíkové oceli. Většinou nejsou tepelně zpracovány, obsah legujících prvků je nižší než 2%.

Nízkolegované oceli

Tyto oceli obsahují kromě uhlíku méně než 5% legujících prvků. Jsou vhodné pro tepelné zpracování, kterým je možno upravit jejich mechanické vlastnosti.

Vysoce legované oceli

U těchto ocelí je obsah legujících prvků vyšší než 5%. Vlastnosti těchto ocelí ovlivňujeme vzájemnou kombinací legujících prvků. [1] [2]

Rozdělení podle oblastí použití – třídy ocelí

Oceli třídy 10 – např. S185 (10004)

Tyto oceli mají zpravidla nízký obsah uhlíku (do 0,2%). U těchto ocelí není v hotovém výrobku zaručen největší obsah fosforu a síry. Oceli třídy 10 se používají na různé stavební i strojní konstrukce, kde vyhovují svými mechanickými vlastnostmi. Používají se na mostní, jeřábové a lodní konstrukce. Dále se používají na šrouby, hřebíky a nýty, dále pak betonové výztuže. Z nejpevnějších ocelí třídy 10 se vyrábí kolejnice, součásti výhybek apod.

Oceli třídy 11 - např. S355 (11523), E335 (11600), 11SMn30 (11109)

U těchto ocelí je zaručen určitý obsah fosforu a síry (kromě ocelí automatových). Tyto oceli jsou v jakostech vhodných pro tváření. Jejich vlastnosti jsou odstupňovány v závislosti na obsahu uhlíku, tyto oceli je možno zušlechťovat, přičemž dosahovaná pevnost s obsahem uhlíku stoupá. Užívají se na svorníky, ozubená kola, hřídele. Některé z těchto ocelí se používají na části vystavené značným měrným tlakům a opotřebením (klíny, vodící hřídele, vřetena lisů). Zvláštní oceli jsou tzv. automatové, které obsahují síru nebo olovo. Tyto oceli dosahují dobré obrobitelnosti s kvalitním povrchem při velké řezné rychlosti a snadné lámavosti třísky.



Obr. 1 Ozubená kola

Oceli třídy 12 – např. C45 (12050), C60 (12061)

Ušlechtilé uhlíkové konstrukční oceli, u kterých je zaručeno kompletní chemické složení. Mají široké použití podle obsahu uhlíku, tepelným zpracováním lze získat velké množství užitečných vlastností. Tyto oceli se dají rozdělit na oceli k zušlechťování, oceli k tažení za studena, oceli s nízkým obsahem uhlíku určené k cementování, žárovečné oceli, oceli pro nosná lana. Jsou prokalitelné až do průměru 40 mm. Oceli třídy 12 se používají např. na hřídele pro elektromotory a dynama, velká ozubená kola, ozubené tyče, věnce, šneky, hnací soukolí apod.

Oceli třídy 13 – např. 28Mn6 (13141), P295GH (13030 – plech na tlakové nádoby)

Tyto oceli jsou legovány manganem nebo křemíkem, popř. oběma prvky. Používají se tam, kde ušlechtilá uhlíková ocel nevyhovuje a kde by naopak ocel chromová nebo chromniklová byla zbytečně nákladná. Oceli třídy 13 lze zušlechťovat, avšak k cementování se tyto oceli nehodí, neboť dlouhým ohřevem při cementování hrubnou a při kalení je pak nebezpečí vzniku trhlin. Tyto oceli jsou známy jako pružinové oceli, které jsou určeny pro výrobu velmi namáhaných pružin s vysokou pružností a dostatečnou houževnatostí a velkou mezí únavy.



Obr. 2 Listové pružiny

Oceli třídy 14 – např. 16MnCr5 (14220)

Tyto oceli jsou legovány chromem, popř. chromem a manganem či křemíkem a hliníkem. Jsou to nejvíce používané oceli, které umožňují dosáhnout velmi dobrých vlastností bez použití nedostatkových prvků. Obvykle se cementují, zušlechťují, kalí, některé jsou určeny také k nitridování. Chromové oceli jsou vhodným materiálem na součásti kuličkových a válečkových ložisek.



Obr. 3 Kuličková a válečková ložiska

Oceli třídy 15 – např. 42CrMo4 (15142), 51CrV4 (15260)

Jsou legovány kombinací chromu s vanadem nebo molybdenem popř. wolframem. Používají se hlavně na vysokotlaké kotle a trubky, na součásti parních turbín a jiné, dále na tepelně namáhané součásti, protože tyto oceli jsou žáropevné. Kromě toho se tyto oceli používají

pro velmi namáhané strojní součásti, a to buď jako oceli cementované, zušlechtěné, povrchově kalené nebo nitridované, zejména ve stavbě motorových vozidel, letadel, aj. Většina těchto ocelí je dobře svařitelná.

Oceli třídy 16 – 34CrNiMo6 (16343), S690QL (16224 - plech)

Jsou legovány niklem a chromem, popř. wolframem, vanadem, molybdenem. Jsou to nejja-kostnější oceli na vysoce namáhané strojní součásti menší a střední velikosti. Jsou dobře prokalitelné a umožňují dosáhnout největší meze kluzu a pevnosti při dobré houževnatosti. Do skupiny těchto ocelí patří oceli k cementování, oceli zušlechtitelné, ocel pro nízké tep-loty, oceli pro povrchové kalení atd. Některé z ocelí třídy 16 se používají jen ve stavu kale-ném na součásti, které mají být velmi tvrdé, pevné a odolné proti opotřebení.

Oceli třídy 17 – např. 1.4301 (17240), 1.4541 (17248)

Tyto oceli jsou vysokolegované, zejména chromem a niklem. Nejdůležitější z těchto ocelí jsou oceli korozivzdorné neboli „nerezavějící“ a oceli žáruvzdorné. Chromové korozi-vzdorné oceli se dle struktury dělí na tři skupiny. Martenzitické jsou kalitelné, vhodné pro méně agresivní prostředí (nožírství, potravinářství, zdravotnictví), poloferitické se používají pro méně agresivní prostředí (potravinářský průmysl) a feritické mají malý obsah uhlíku a jsou převážně žáruvzdorné. Používají se na součásti, které jsou vystaveny žáru a přitom nej-sou příliš mechanicky namáhány – např. součásti sklářských pecí.



Obr. 4 Nerezové kuchyňské nástroje

Oceli třídy 18 – Slinuté materiály

Jedná se o Slinuté karbidy nikoliv o oceli. Ocel třídy 18 podle ČSN neexistuje. Slinuté karbidy jsou produktem práškové metalurgie. Vyrábějí se lisováním směsi karbidotvorných a kovových prášků s pojivem, a dále slinováním při vysokých teplotách. Jako pojivo se běžně používá kobalt. Podle druhu slinutých karbidů se používají karbidy wolframu, titanu, tantalu, niobu a popř. karbidy chromu. Většinou se používá značení dle ISO.

Oceli třídy 19 – např. 1.2080 (19436), 1.3339 (19830)

Jedná se o oceli nástrojové. Tyto oceli jsou specifické z hlediska chemického složení, výroby i užití. Jsou to uhlíkové, středně a vysoce legované ocele a používají se na výrobu různých nástrojů a forem.

Samostatnou skupinu nástrojových ocelí tvoří oceli rychlořezné. Jejich použití bylo a doposud je určeno pro výrobu vysoce namáhaných řezných nástrojů určených pro obrábění kovových součástí v tepelně nezpevněném stavu. Rychlořezné oceli jsou používány pro výrobu nástrojů na těžko obrobitelné materiály a pro nejvyšší výkony, zejména nože na kovy, vrtáky, zápichové nože, frézy, pilové listy a kotouče, soustružnické nože, frézy apod. [1] [2] [4]



Obr. 5 Obráběcí nástroje

1.2 Litiny

Litina je slitina železa s uhlíkem, obsahuje více než 2,14 % uhlíku. Slévání litiny je mladší než slévání bronzu. V Číně se litina vyráběla již od 4. století př. n. l., Evropané začali litinu vyrábět až ve 14. století. Nejdříve byla litina využívána především pro vojenské účely. Vyráběla se z ní děla, mozdíře, dělové koule, granáty. Na přelomu 18. a 19. století se litina

používala i ve šperkařství, v průběhu 19. století pak již byla rozšířena všude, kde ji bylo možno použít. Podstavce a konstrukce textilních či tiskařských strojů (litina tlumí nežádoucí chvění), čerpadel, lisů apod. V domácnostech pak byla litina zastoupena litinovými kamny, umývadly, mlýnky na maso, žehličky, věšáky na šaty atd. Výrazem litina se označují také výrobky umělecky zpracované, např. reliéfní desky kamen a krbů, náhrobky, kříže, dekorativní předměty. V poslední době výroba slitin železa upadá, ale i tak jsou jednou z nejdůležitějších skupin kovových materiálů.



Obr. 6 Výrobky z litiny

1.2.1 Vlastnosti litiny

Litina se vyrábí ze surového železa a litinového i ocelového šrotu s koksem a vápencem. Vyrábí se v kuplovně (také kupolní či kupolové peci), tavicí peci válcovitého tvaru při teplotě okolo 1500 °C, palivem je slévárenský koks. Při pomalém ochlazování vzniká šedá litina, při rychlém ochlazování vzniká bílá litina. Mají však nežádoucí vlastnosti a je nutné je dále zpracovávat. Podle toho, v jaké formě se uhlík vylučuje, přímo ovlivňuje vlastnosti slitin na bázi železa. Litiny jsou materiály, určené výhradně na výrobu odlitků. Mají vysokou odolnost vůči tlaku a teplotě a zároveň nízkou pružnost.

1.2.2 Dělení litin

Litiny se rozlišují a dělí podle způsobu vyloučení grafitu (uhlíkových krystalů) ze surového železa. Tvar a velikost grafitu určuje vlastnosti litin, jejich křehkost a tvrdost. Vyloučení grafitu lze rozlišit pod mikroskopem.

Šedá litina

Jde o hlavního představitele litin. Uhlík je zde přítomen většinou ve tvaru lupínkového grafitu. Ten dodává materiálu světle šedou až tmavě šedou barvu, má vysokou schopnost tlumit rázy a chvění, má dobré mazné vlastnosti. Podle způsobu výroby je možno rozdělit šedou litinu s lupínkovým grafitem na obyčejnou a očkovanou. U litiny očkované ovlivňujeme vylučování grafitu přidáváním hořčíku, tím vzniká litina tvárná. Ta je podstatně pevnější než běžná litina šedá, je houževnatější a tvárnější, používá se na výrobu ozubených kol, vačkových a klikových hřídelí apod. Je to litina s kuličkovým grafitem, mechanickými vlastnostmi je srovnatelná s ocelí.



Obr. 7 Použití šedé litiny v automobilovém průmyslu - blok motoru

Bílá litina

Je to v podstatě odlité surové železo. Uhlík se nevyloučí ve formě grafitu, zůstane vázán na železo ve formě karbidu železa. Odlitky z bílé litiny jsou příliš tvrdé a těžko obrobitelné. Proto se dlouhodobě žihají (až 6 hodin) při 900 °C, čímž povrch změkne a dá se snáze obrábět. Pak je litina označována jako temperovaná. Jde o litinu s vločkovým grafitem, která je vytvořena tepelným zpracováním, tzv. temperací. Složením je podobná šedé litině, je však o něco tvrdší.

Bílá litina se používá na součástky extrémně namáhané třením, jako jsou čelisti drtičů nebo koule v kulových mlýnech. Nejvíce je však využívána jako výchozí materiál pro výrobu temperované litiny. [1] [4]

1.3 Neželezné kovy a jejich slitiny

1.3.1 Hliník

Hliník byl v kovové formě izolován roku 1825 dánským fyzikem Hansem Christianem Ørstedem. Je to velmi lehký kov bělavě šedé barvy, velmi dobrý vodič elektrického proudu, široce používaný v elektrotechnice a ve formě slitin v leteckém průmyslu a mnoha dalších aplikacích. Hliník nalézá uplatnění především díky své poměrně značné chemické odolnosti a nízké hmotnosti. Vzhledem k poměrně dobré elektrické vodivosti se hliníku užívá jako materiálu pro elektrické vodiče. Hliník je však křehký, vodič se např. opakovaným ohybem snadno zlomí. Průchodem proudu se zahřívá a zvětšuje svůj objem. Tyto a další vlastnosti vedly v posledních letech k častějšímu používání mědi na úkor hliníku, zejména v domovních rozvodech.



Obr. 8 Použití hliníku ve stavebnictví (okenní rámy) a potravinářství (hliníková folie - alobal)

Vlastnosti hliníku a jeho slitin

Vlastnosti všech slitin hliníku lze měnit přesným chemickým složením, technologickými parametry tváření a tepelným zpracováním. U slitin je kladen požadavek zejména na dobrou schopnost tváření za tepla i za studena. Kombinace fyzikálních (tepelná vodivost), chemických (odolnost vůči korozi) a technologických vlastností umožňuje využití hliníkových materiálů téměř ve všech oblastech lidské činnosti.

Slitiny hliníku

Slitiny hliníku se využívají proto, že čistý hliník má poměrně malou pevnost. Nejvýznamnějšími prvky, které se vyskytují ve slitinách s hliníkem, jsou měď, hořčík, nikl, zinek, mangan a křemík.

Slitiny hliníku s mědí a hořčíkem

Tyto slitiny se častěji nazývají dural. Lze je vytvrzovat ohřevem na teplotu tání, následném ochlazení do vody a samovolném vytvrzení při normální teplotě. Jedná se o velmi pevnou, lehkou slitinu, která je však málo odolná proti korozi. Odolnost proti korozi se zvyšuje povlakováním. Duraly jsou nejpoužívanější slitiny k tváření, používají se v automobilovém a leteckém průmyslu na součásti, které pracují za běžných teplot. [1] [3]

1.3.2 Měď

Měď je ušlechtilý kovový prvek načervenalé barvy, který znal člověk už ve starověku. V období Římské říše se měď těžila hlavně na Kypru, proto dostala název cyprium (kov Kypru), později se zkrátil k cuprum. Ryzí měď se v přírodě nachází vzácně a vyskytuje se tedy převážně ve sloučeninách. Je základní součástí mnoha velmi důležitých slitin a velmi důležitá pro elektrotechniku.

Vlastnosti mědi a jejích slitin

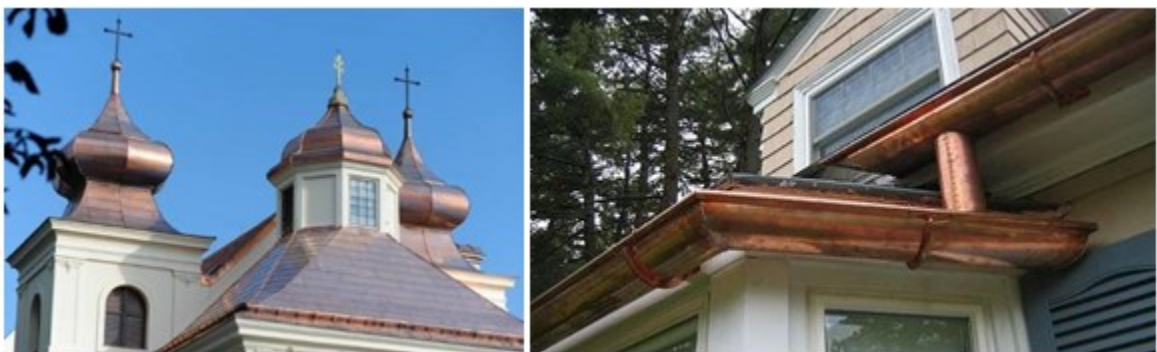
Měď se vyznačuje velmi dobrou tepelnou a elektrickou vodivostí a dobře se mechanicky zpracovává a je odolná proti atmosférické korozi. V čistém stavu vede velmi dobře elektrický proud, zároveň je i výborným vodičem tepla. Měď je velmi tažná a kujná a i proto se z ní elektrické vodiče vyrábí. Jestliže měď rozžhavíme a namočíme ve vodě, změkne. Časem opět sama ztvdne. Této vlastnosti využívali například mědikovci.

1.3.2.1 Čistá měď

Čistá měď nalézá uplatnění díky své odolnosti proti korozi, protože se na vzduchu působením atmosférické vlhkosti a oxidu uhličitého rychle pokryje tenkou vrstvičkou nazelenalého zásaditého uhličitanu měďnatého (měděnka), který ji účinně chrání proti další korozi. Čistá

kovová měď je poměrně měkká a proto se pro praktické aplikace často používají její slitiny s prvky.

Použití mědi je velmi široké, v oblastech běžné lidské činnosti ji můžeme použít např. na střešní krytiny (pro pokrývání střech zejména historických staveb), pro výrobu střešních okapů a doplňků, dále pro výrobu trubek pro rozvody vody a také na výrobu mincí. Díky vysoké elektrické vodivosti se uplatňuje při výrobě elektrických vodičů, dále pak při výrobě elektronických součástek, např. integrovaných obvodů. Vynikající tepelná vodivost mědi se uplatní při výrobě kotlů a zařízení pro rychlý a bezztrátový přenos tepla.



Obr. 9 Použití mědi ve stavebnictví

1.3.2.2 Slitiny mědi - bronzy

Bronz je patrně nejvýznamnější slitinou mědi. O jeho velkém významu hovoří již skutečnost, že např. jedna celá historická epocha vývoje lidstva se nazývá doba bronzová. Nejznámějším bronzem je slitina mědi s cínem. Pod pojmem bronz však rozumíme slitinu mědi s jakýmkoliv prvkem mimo zinku (taková slitina se nazývá mosaz). Přídavek cínu do kovové mědi odstraňuje její hlavní nedostatek - malou tvrdost. Přitom zůstává zachována vysoká odolnost proti korozi a relativně snadná opracovatelnost. V době bronzové sloužil tento kov jak pro výrobu zbraní, tak pro zhotovování celé řady nástrojů pro řemeslnou výrobu, užití v domácnosti i dekorativních předmětů.

I v současné době má bronz mimořádný význam. Existují stovky slitin tohoto typu, z nichž mnohé obsahují kromě mědi a cínu řadu dalších kovů jako nikl, mangan, olovo, beryllium, hliník nebo i fosfor a křemík.

Praktické využití bronzů je spojeno především s jejich vysokou odolností proti korozi, přestože jeho cena je výrazně vyšší než u železa nebo oceli. Z bronzu se vyrábějí kovové součástky čerpadel, která pracují s vysokými tlaky v agresivním prostředí, kluzná ložiska, pružinová pera a velmi často součásti lodí a ponorek, protože velmi dobře odolávají působení mořské vody. Stejně jako v minulosti je pak bronz materiálem pro výrobu soch, pamětních desek a mincí, medailí a podobných předmětů. [1] [3]

1.3.2.3 Slitiny mědi - mosazi

Mosazi tvoří asi 80% všech slitin mědi. Je to slitina mědi a zinku. Mosaz se používá již od starověku (1000 př. n. l.), tehdy ale jen ve velmi omezeném množství, protože ji bylo těžké vyrobit. Mosaz byla velmi drahá, používala se na výrobu mincí a šperků. Společným tavením zinku a mědi se jí podařilo vyrobit až na konci 18. století. Díky svým chemickým a fyzikálním vlastnostem se i dnes používá v mnoha průmyslových odvětvích. Zvláštním druhem mosazi je tombak, používaný k výrobě plášťů střel.

Dělí se do několika skupin, dle chemického složení na dvousložkové a vícesložkové, a také dle způsobu zpracování na tvářené a slévárenské.

Mosazi k tváření

Jsou jednofázové, tvořené tuhým roztokem. Vyrábějí se z nich trubky, plechy, dráty, které se zpracovávají tažením, lisováním, tlačením nebo ražením. Pro dosažení lepších vlastností se mosazi často legují dalšími prvky. Název je odvozen od prvku, který se po mědi a zinku vyskytuje ve slitině v největším množství.

Slévárenské mosazi

Používá se jich podstatně méně, než mosazí tvářených, jelikož jejich mechanické vlastnosti jsou horší. [1] [3]

2 TECHNOLOGIE DĚLENÍ MATERIÁLŮ

V dnešní jsou technologie beztržiskového dělení kovových materiálů využívány ve většině průmyslových odvětví.

Velmi významným faktorem, který ovlivňuje výsledek výroby, je optimální využití materiálů při jejich zpracování. To je ovlivněno již na samém začátku výrobního procesu, a to použitou technologií dělení materiálů. Vzhledem ke zpracovávání různých materiálů, jako jsou konstrukční nelegované i legované oceli, korozivzdorná ocel, neželezné kovy, je nutné volit flexibilní technologii řezání.

2.1 Tepelné dělení kovových materiálů

Tepelné dělení řadíme v rámci strojírenské výroby mezi operace přípravy materiálu. Je to technologie řezání, pracující na principech lokálního tavení, spalování nebo odpařování materiálu, případně jejich kombinace. Energie, potřebná ke vzniku tohoto procesu a jeho průběhu, je dodávána různými tepelnými zdroji. Tuto metodu lze aplikovat na velkou škálu konstrukčních materiálů: nelegované a nízkolegované oceli, vysokolegované oceli, neželezné kovy a jejich slitiny, a také nekovové materiály jako jsou plast, dřevo, kompozity apod.

V průmyslové praxi jsou používány tři základní metody tepelného řezání: kyslíkem, plazmou a laserem.

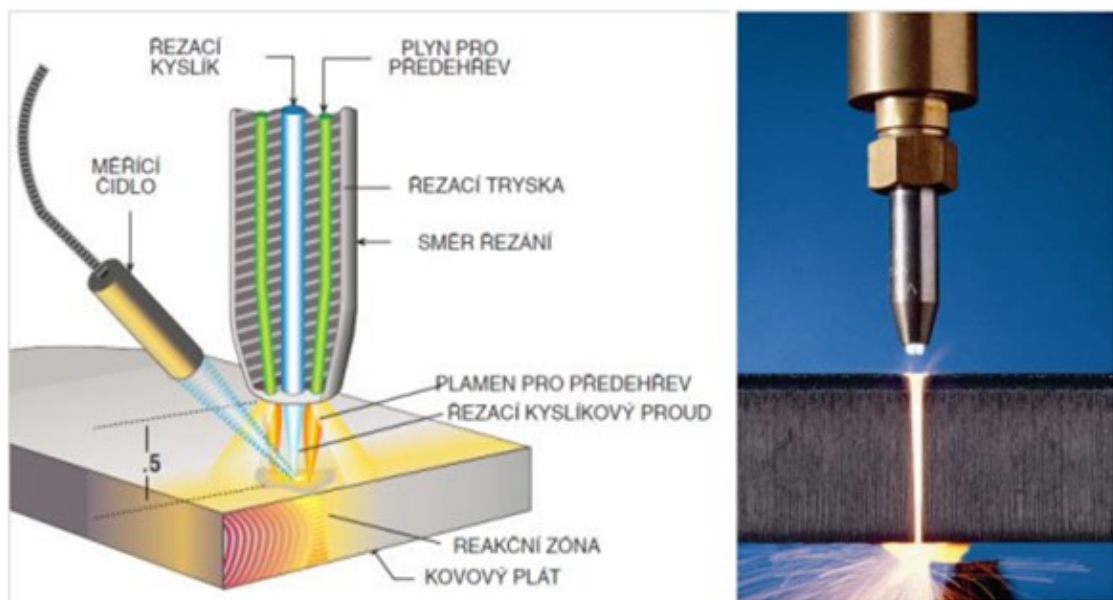
Řezání kyslíkovým plamenem je jistě nejvíce využívanou tepelnou metodou dělení kovů. Ve strojírenské výrobě však nacházejí stále častěji uplatnění modernější metody – řezání laserovým a plazmovým paprskem. Avšak i tyto moderní metody mají své výhody a nevýhody a nejsou vždy použitelné. V mnoha oblastech má tedy dělení kyslíkem stále své nezapustitelné místo. Velkou výhodou dělení kyslíkovým plamenem je možnost dělení i velmi tlustých materiálů při nízkých nákladech. Naopak nevýhodami jsou delší doba řezání a velké tepelné ovlivnění děleného materiálu. Touto metodou jdou dělit pouze nelegované, případně nízkolegované oceli.

Metoda řezání plazmovým paprskem je výhodná pro svou vysokou řeznou rychlost. Dělit lze všechny elektricky vodivé materiály. Nevýhodou je však schopnost řezání pouze středně silného materiálu. [5] [7] [10]

Další tepelnou metodou je laserový paprsek. Ten opět disponuje vysokou řeznou rychlostí, je však schopen dělit pouze tenký materiál a jeho použití je velmi nákladné. Použitelný je pro velkou oblast konstrukčních materiálů.

2.1.1 Dělení kyslíkovým plamenem – FOC (Fuel Oxygen Cutting)

Tato metoda je známá cca od přelomu 19. a 20. století, kdy byl v roce 1988 vynalezen princip kyslíkového kopí a v roce 1901 pak první acetylenový hořák pro dělení materiálů. V roce 1908 si nechal patentovat svůj první hořák pan John Harris, jehož firma má dodnes významné zastoupení na světovém trhu. Již ve 20. letech minulého století byly hořáky tak konstrukčně propracované, že i ty dnešní jsou jim velmi podobné. V 90. letech 20. století se pak díky intenzivnímu vývoji řezacích a nahřívacích hubic zvyšuje řezací rychlost o 20%. [5]



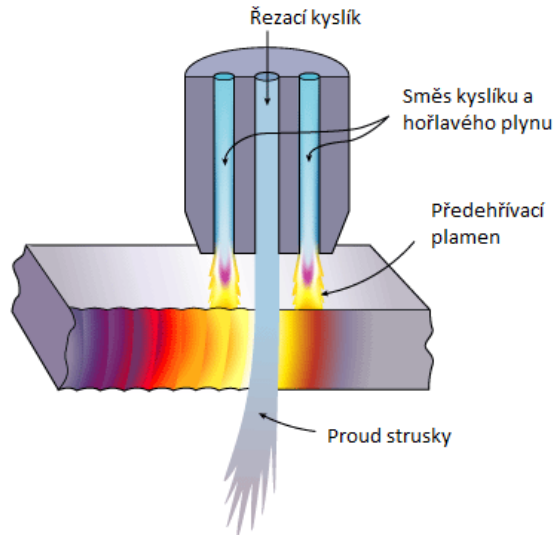
Obr. 10 Schéma a ukázka řezání kyslíkem [8]

Princip dělení kyslíkovým plamenem

Řezání kyslíkem je nejstarší metoda tepelného dělení materiálu, nejvíce se používá pro řezání uhlíkových ocelí zejména větších tloušťek, kde nelze použít plazmového nebo laserového dělení. Ať už ruční nebo strojové, řezání kyslíkovým plamenem je jednou z nejefektivnějších metod dělení.

Tato metoda spočívá v přehřátí řezaného materiálu vhodným hořlavým plynem ve směsi s kyslíkem na zápalnou teplotu. Pak je do trysky hořáku pod tlakem přiveden řezací kyslík,

který exotermickou reakcí se spalovaným kovem spaluje přehřátý materiál. Produkty hoření (oxidy) jsou vyfukovány ve formě strusky proudem kyslíku a vzniká řezná spára. [7]



Obr. 11 Princip dělení kyslíkovým plamenem [8]

Pro kvalitní řez musí být splněny následující podmínky:

- zápalná teplota řezaného materiálu musí být nižší než jeho teplota tavení
- tavicí teplota oxidů musí být nižší než tavicí teplota řezaného kovu
- zplodiny hoření (oxidy) musí být dostatečně tekuté
- při hoření kovu se musí uvolnit dostatečné množství tepla pro udržení řezného procesu

Těmto podmínkám vyhovují právě nelegované oceli, které se mohou dělit kyslíkem do tloušťky i více než 1 000 mm. Dobré kvality řezu se dosahuje do tloušťky cca 300 mm. Za optimálních podmínek můžeme docílit rychlosti řezu až $800 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, což je v porovnání s laserem a plazmou rychlost velmi nízká.

Řezání kyslíkem se uplatní především tam, kam rozsah použití ostatních metod nedosahuje. Jedná se především o dělení nelegovaných ocelí velkých tlouštěk.

Tepelně ovlivněná oblast

Kvůli vystavení materiálu vysoké teplotě při dělení je úzká oblast okolo řezu tepelně ovlivněna. V této oblasti dochází k nežádoucím změnám vlastnosti materiálu, např. vznik trhlin,

zakalení, změně chemického obsahu prvků a podobně. Šířka ovlivněné oblasti se zmenšuje s tloušťkou materiálu a s vyšší řeznou rychlostí. [6]



Obr. 12 Tepelně ovlivněná oblast na obrobku [6]

Zařízení pro kyslíkové dělení

Zařízení pro řezání kyslíkem lze rozdělit podle aplikace na ruční řezání a strojní řezání. Rozdíl je zejména v konstrukci řezacího hořáku. Zařízení pro řezání kyslíkem se skládá z následujících částí:

- tlakové lahve - zásobárna technických plynů
- redukční ventil - regulace pracovního tlaku plynu
- tlakové hadice - přívod plynu z lahve do hořáku
- suchá předloha - připojení hadice k hořáku - ochrana proti zpětnému šlehnutí
- hořák pro řezání kyslíkem

Hlavním úkolem zařízení používaného pro řezání kyslíkem je vytvoření směsi hořlavého plynu s kyslíkem o požadovaném poměru, vytvoření dostatečného množství tlaku plynu a jeho výstupní rychlosti, zároveň zajištění bezpečnosti obsluhy a samotného procesu.

Zpětné šlehnutí plamene

Při řezání kyslíko-acetylenovým plamenem je velkým nebezpečím tzv. zpětné šlehnutí. Jedná se o vniknutí plamene do těla hořáku. Zpětné šlehnutí může skončit v hubici, což se projevuje ostrým zvukem připomínajícím střelbu. Pokud se zpětné šlehnutí nezastaví, může

pokračovat dále před mísicí komoru do injektoru, kde se projevuje střílením a charakteristickým pískáním. Zpětné zahoření se může rozšířit i do hadic a redukčního ventilu, kde vzniká nebezpečí roztržení hadic, hoření redukčního ventilu a v krajním případě i výbuchu tlakové lahve. Pro zabránění pokračování zpětného šlehnutí se používají zejména suché předlohy a pojistky proti zpětnému šlehnutí. Zpětné šlehnutí zapříčiňují kromě nízké rychlosti proudu plynu také nečistoty v injektoru hořáku a tlakových hadicích, znečištěné (ucpané) hubice hořáku nebo jiná poškození hořáku nebo redukčního ventilu. Příčinou může být také přehřátí hořáku nad teplotu 350 °C, což je teplota vznícení kyslíko-acetylenové směsi. [6]

Výhody

- nízké pořizovací náklady
- jednoduché použití
- není potřeba elektrické sítě
- teoretická neomezenost tloušťkou řezaného materiálu
- možnost použití více hořáků najednou

Nevýhody

- pouze pro kovy
- nižší kvalita řezu
- pomalá rychlost
- velká TOO (tepelně ovlivněná oblast)
- nebezpečí práce s technickými plyny

2.1.2 Dělení plazmovým paprskem – PBC (Plasma Beam Cutting)

Pojem plazma byl poprvé definován v roce 1923 jako speciální stav plynů, někdy označován jako čtvrtý stav hmoty o vysoké tepelné energii. V roce 1951 byla vyvinuta svařovací metoda TIG - svařování wolframovou elektrodou v ochranné atmosféře interního plynu, v roce 1957 pak následoval první plazmový hořák na principu metody TIG. V 70. letech pak bylo objeveno podvodní řezání, které dokázalo potlačit hluk a nečistoty při řezání. V 80. letech byla vývojem zvýšena rychlost a kvalita řezu.

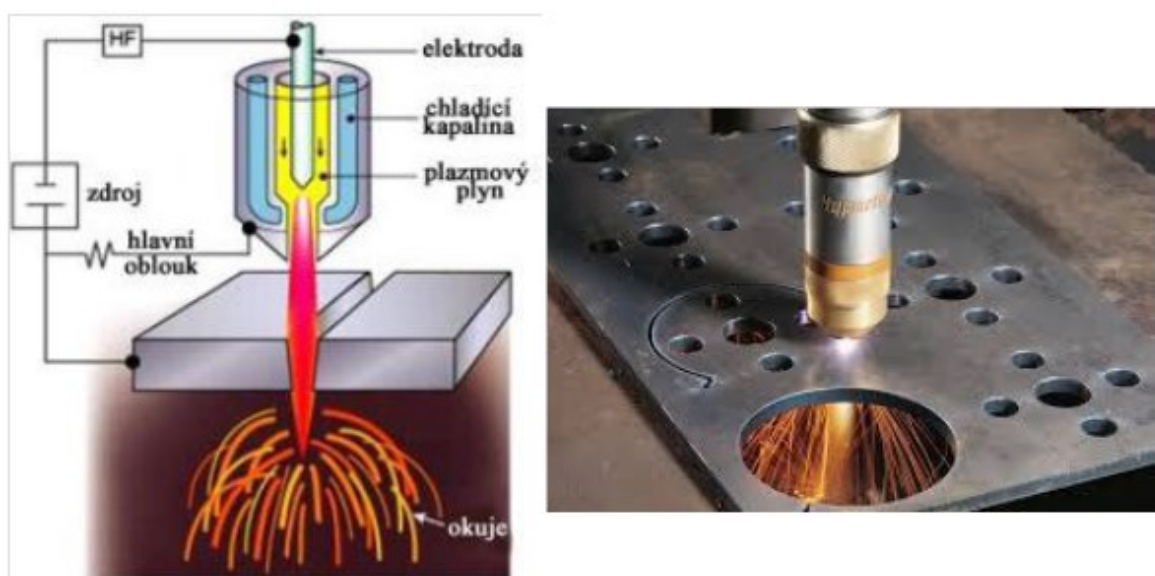
Plazma je nazývána jako ionizovaný plyn, který je elektricky vodivý. Tento zvláštní stav plynu obsahuje záporně nabitě částice elektronů a kladné částice iontů. Nechová se dle fyzikálně termodynamických zákonů a je často označována jako čtvrtý stav hmoty. Plazma může vzniknout několika způsoby, avšak pro tepelné dělení kovů se využívá jen technická plazma. Ta vzniká pomocí elektrického výboje mezi katodou a anodou, která mění elektrickou energii na teplo.

Princip dělení plasmou

Tato metoda pracuje na principu zahřátí malé oblasti řezaného materiálu na teplotu tavení pomocí plazmatu. Materiál je roztaven řádově v milisekundách. Roztavený materiál je následně vyfukován energií plazmatu a vytváří se tak řezná spára.

Teplota plazmatu dosahuje až $30\,000^{\circ}\text{C}$. Díky její velké energii je pak dosahováno vysokých řezných rychlostí - za optimálních podmínek 6 m/min, avšak kvalita řezu vykazuje vyšší drsnost a mírné podkosení $2 - 4^{\circ}$.

Výkon řezného procesu je dán typem proudového zdroje, konstrukcí hořáku, ale také použitým plazmovým a fokusačním plynem. Vzduchové plazmy, které se velmi často používaly v minulosti, jsou dnes často nahrazovány modernějšími, které využívají kromě vzduchu i různé plazmové plyny a směsi plynů. Plazmovým plynem může být argon nebo plyny vodíku, dusíku a kyslíku. [9]



Obr. 13 Schéma a ukázka řezání plasmou [8]

Zařízení pro dělení plazmou

Každé technologické zařízení pracující s plazmatem tvoří:

- plazmový hořák
- zdroj elektrického proudu
- řídicí jednotka
- manipulační zařízení, tj. souřadnicový pracovní stůl, manipulátor nebo robot

V plazmovém hořáku dochází k přeměně elektrické energie na tepelnou energii usměrněného proudu plazmatu. Důležitým parametrem plazmového hořáku je stabilizace elektrického oblouku. Podle druhu použitého stabilizačního média se plazmové hořáky dělí na plazmové hořáky s plynovou stabilizací a plazmové hořáky s vodní stabilizací.

Plazmou lze řezat všechny elektricky vodivé materiály jako je ocel včetně ušlechtilé, nerez, slitiny, barevné kovy a jejich slitiny. Dělit lze zejména středně silné materiály. Nelegované oceli do tloušťky cca 50 mm, vysokolegované oceli a hliník pak zhruba do 30 mm.

Nízké provozní náklady jsou dosahovány díky vysokým rezným rychlostem při zachování standardní kvality řezu a zároveň možnosti využití současného provozu více hořáků na jednom stroji. Mezi nevýhody plazmového řezání patří značná hlučnost procesu a vývin velkého množství škodlivých emisí. Tyto nežádoucí účinky lze do značné míry eliminovat řezáním pod vodou. [9] [10]



Obr. 14 Plazmové řezání pod vodou [10]

U plazmových technologií se používají tyto druhy plynů:

- plazmové plyny - jsou přiváděny do elektrického oblouku, kde dochází k jejich ionizaci a disociaci. Jako plazmový plyn může být používán jednoatomový argon anebo dvouatomové plyny vodíku, dusíku, kyslíku a vzduchu
- fokusační plyny - zaostřují paprsek plazmatu po jeho výstupu z trysky hořáku. Používá se argon, dusík nebo směs argonu a vodíku, popř. argonu a dusíku
- ochranné plyny - obklopují paprsek plazmatu a pracovní místo na obrobku a chrání je před účinkem atmosféry. Používá se argon a dusík

Výhody

- vysoká rychlost řezání (až 10x vyšší než při řezání kyslíkem)
- možnost provozu jednoho nebo více hořáků podle velikosti výrobní dávky
- možnost řezání vysoce pevné konstrukční oceli s menším tepelným příkonem
- malé tepelné ovlivnění při řezání pod vodou

Nevýhody

- pouze pro vodivé materiály
- vyšší drsnost řezu, podkosení
- omezenost tloušťkou řezaného materiálu - max. 50 mm
- velký hluk
- vznik UV záření

2.1.3 Dělení laserovým paprskem – LBC (Laser Beam Cutting)

První laser, který uplatňoval principy světla s využitím stimulované emise záření, byl vytvořen v roce 1958 A. L. Schawlowem a C. H. Townesem. V roce 1961 byl pak do provozu uveden plynový laser (CO₂) a následující rok polovodičový laser. Do dnešní doby prošel laser obrovským vývojem. Aktuálně dosahované výkony laserů se pohybují od 10⁻³ W do 1015 W a obdobný vývoj je i u jejich velikosti, zdrojů energie či typů aktivního prostředí.

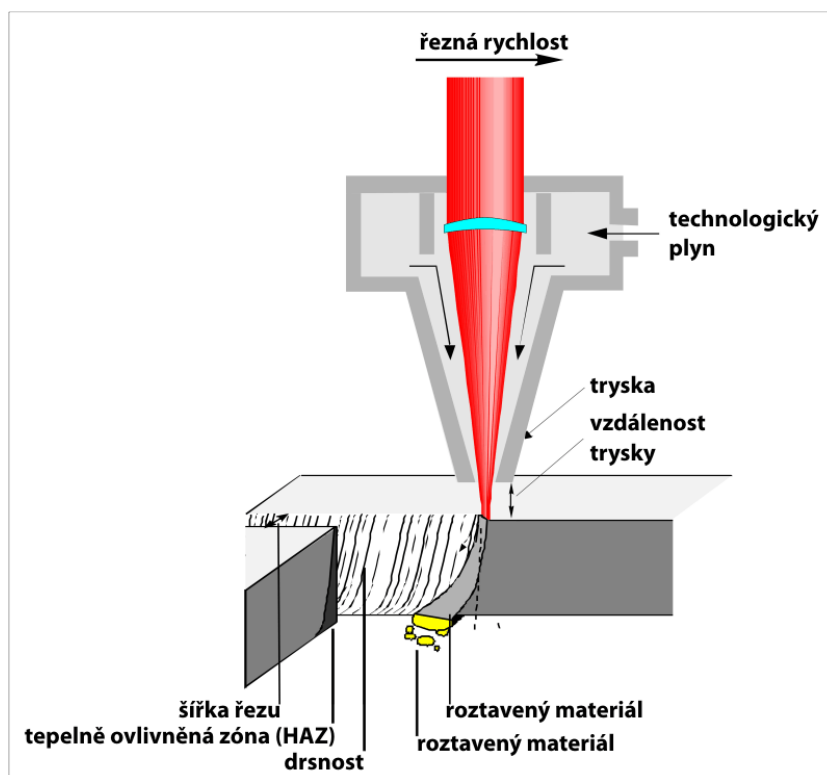
[11]



Obr. 15 Ukázka řezání laserem

Princip laserového dělení

Zjednodušeně řečeno je při této metodě laserový paprsek zaměřován pomocí optické soustavy zrcadel na řezaný obrobek. Tam dochází k rychlému ohřevu a odpaření řezaného materiálu a vzniká řezná spára. Optická soustava minimálně dvou zrcadel se nazývá rezonátor. Zrcadla v rezonátoru zdaleka nemusí být rovinná. Naopak, v řadě případů je výhodné použít nejen konkávní, ale i konvexní zrcadla. Jak fotony prochází rezonátorem od jednoho zrcadla k druhému, tak jejich počet rychle narůstá a dochází k uvolnění velké energie v podobě laserového paprsku fotonů. [12]



Obr. 16 Princip řezání laserem [8]

Podle vynaložené energie záření se materiál z místa řezu odstraňuje různými způsoby – taví se, hoří, nebo se vypařuje. Dělení kovu může tedy být tavné, oxidační nebo sublimační.

Tavná metoda

Dělený materiál se lokálně nataví a vzniklá tavenina se pomocí proudu vysoce čistého interního plynu oddělí od základního materiálu. Maximální řezná rychlost se zvyšuje lineárně s výkonem laseru a zároveň se přibližně lineárně snižuje s tloušťkou řezaného materiálu a s jeho teplotou.

Oxidační metoda

U této metody se jako interní plyn používá kyslík, jinak je stejná jako metoda tavná. Vzájemným působením roztaveného povrchu materiálu s kyslíkem dochází k exotermické reakci a tím většímu ohřevu materiálu. Tím dosáhneme vyšších maximálních řezných rychlostí, zároveň však také horší kvality řezu, vyšší drsnosti a také větší tepelně ovlivněné oblasti.

Sublimační metoda

Při této metodě se materiál v místě řezu odpařuje. Výhodou je minimální řezná spára, je však zapotřebí vysoká hustota energie laserového paprsku. Tloušťka řezaného materiálu však nesmí překročit průměr paprsku, tím předejdeme možnému zpětnému svaření řezu. Maximální řezná rychlost je nepřímo úměrná odpařovacímu teplu materiálu a přímo úměrná rychlosti proudění řezného plynu.

Laserem je možné dělit všechny typy konstrukčních materiálů. Laserové dělení materiálu vyniká především vysokou rychlostí řezu, která při optimálních podmínkách dosahuje až 12 m/min. Dosažení této rychlosti je závislé na mnoha faktorech. Za zmínku stojí zejména jakost a tloušťka řezaného materiálu, tlak asistenčního plynu, průměr trysky a tvar výpalku. Další výhodou je vynikající kvalita řezu, a to jak při řezání nelegovaných ocelí, nerezových ocelí, tak i hliníku. Podmínkou dosažení vysoké kvality řezu je použití řezných (asistenčních plynů) požadované čistoty. [11] [12] [13]

Výhody

- vysoká rychlost a kvalita řezu s minimálními deformacemi
- možnost řezání jak kovových tak nekovových materiálů
- malá šířka řezné spáry

Nevýhody

- vysoké investiční a provozní náklady
- použití je limitováno druhem a tloušťkou řezaného materiálu - přibližně 25 mm u nízkolegovaných ocelí a na cca 15 mm v případě nerezových ocelí a slitin hliníku

2.2 Netepelné dělení kovových materiálů

2.2.1 Dělení vodním paprskem

Zástupcem netepelných metod dělení materiálů je vodní paprsek. Vodní paprsek je pro řezání využíván od 50. let 20. století. V tomto období probíhaly experimenty s použitím vodního paprsku při řezání dřeva. V 70. letech byla pak tato technologie vylepšena, když se začalo při řezání používat přidávání abraziva. [14]

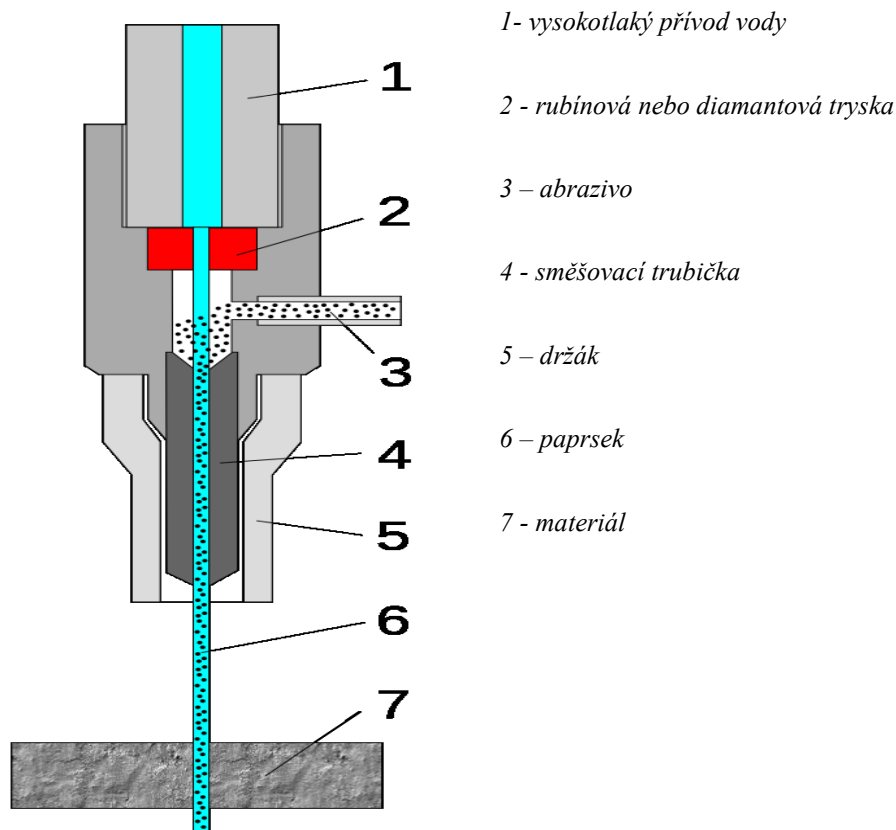
Řezání vodním paprskem je moderní a ekologická technologie dělení nejrůznějších materiálů. Tato metoda je využívána v mnoha oborech, ve strojírenství, stavebnictví, v automobilovém i elektrotechnickém průmyslu atd.



Obr. 17 Ukázka řezání vodním paprskem

Princip řezání vodním paprskem

Technicky náročná technologie řezání vodním paprskem má zcela jednoduchý princip. Voda je pod vysokým tlakem až 650 MPa tryskou usměrněna ve vodní paprsek o rychlosti několikanásobně vyšší než rychlost zvuku. Při zpracování měkkých materiálů se používá čistý vodní paprsek, pro tvrdší materiály je přidáváno abrazivo v množství dle druhu a tloušťky řezaného materiálu. Nejčastěji se používá přírodní olivín nebo přírodní granát, a to podle tvrdosti děleného materiálu. Dráha řezu je řízena programem počítače a může být tvarově i velmi složitá a to s přesností standardně +/-0,2 mm. [15]



Obr. 18 Schéma řezání vodním paprskem [14]

Výhody

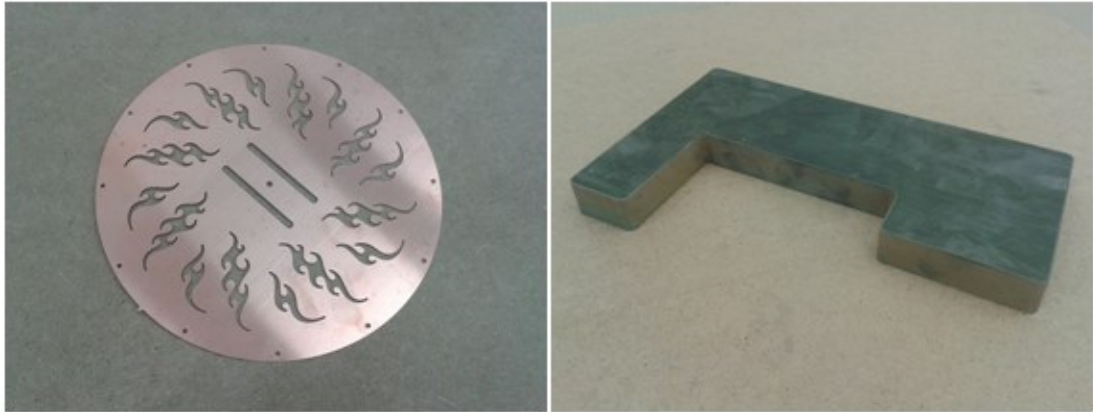
Tato technologie je výjimečná oproti tepelným metodám tím, že dělený materiál není nijak tepelně ani silově namáhán. Teplota řezu i u tvrdých materiálů dosahuje maximálně 60 °C a jde tedy vždy o studený řez. Obráběný díl nevykazuje fyzikální, chemické ani mechanické změny a je následně snadno obrobitelný.

Vzhledem k malému prořezu mohou být obrobky z tabule plechu řezány blízko sebe, čímž se dosáhne úspory materiálu. Řez vodním paprskem má vysokou kvalitu i při malé řezné spáře, a to bez ohledu na to, jak je materiál tlustý. Lze dělit i velmi tlustý materiál, např. u oceli jsou to i tloušťky 300 mm. Díky minimálnímu silovému působení paprsku na řezaný materiál nedochází ke vzniku mikrotrhlin. Při vlastním řezání nevznikají žádné ekologicky nevhodné zplodiny, spotřeba vody na řezání je velmi malá (závisí na tlaku a velikosti použité trysky).

Tato metoda je univerzální, lze dělit většinu materiálů při velkém rozsahu řezaných tlouštěk. Nevhodné je pouze pro materiály s vysokým vnitřním pnutím – např. kalené sklo, nebo nasákavé materiály, které je po kontaktu s vodou nutno vysoušet. [15] [16]

Mezi materiály běžně obráběné vodním paprskem patří například:

- pěnové materiály, plasty, gumy
- dřevo, překližka, balza
- sklolaminát, kompozity
- mramor, žula, pískovec, sklo, dlažba
- slitiny hliníku, titanu, mědi, niklu
- ocel konstrukční, legovaná, nástrojová, tepelně zpracovaná, návarová s extrémní tvrdostí

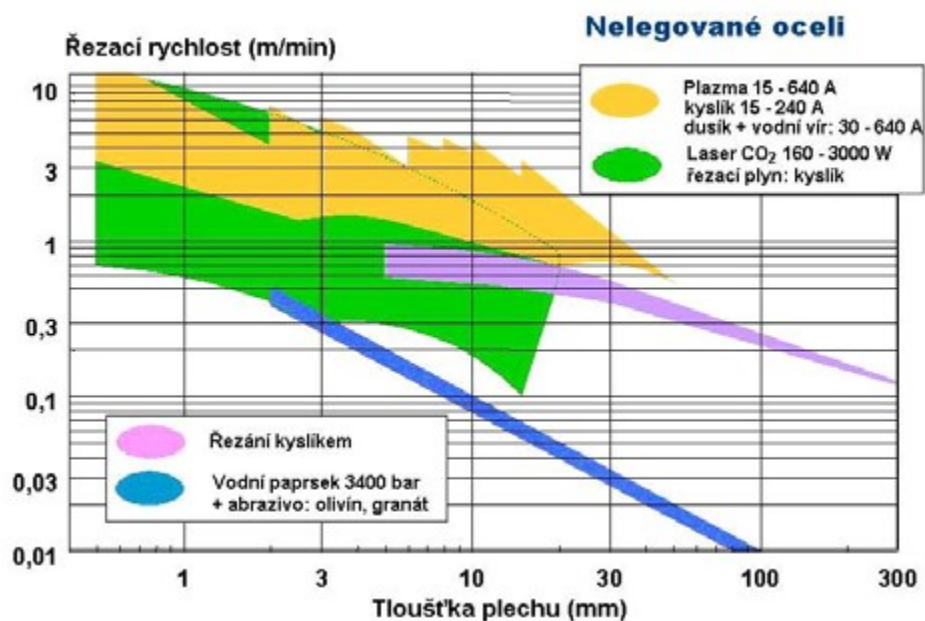


Obr. 19 Měděný a ocelový plech po obrobení vodním paprskem

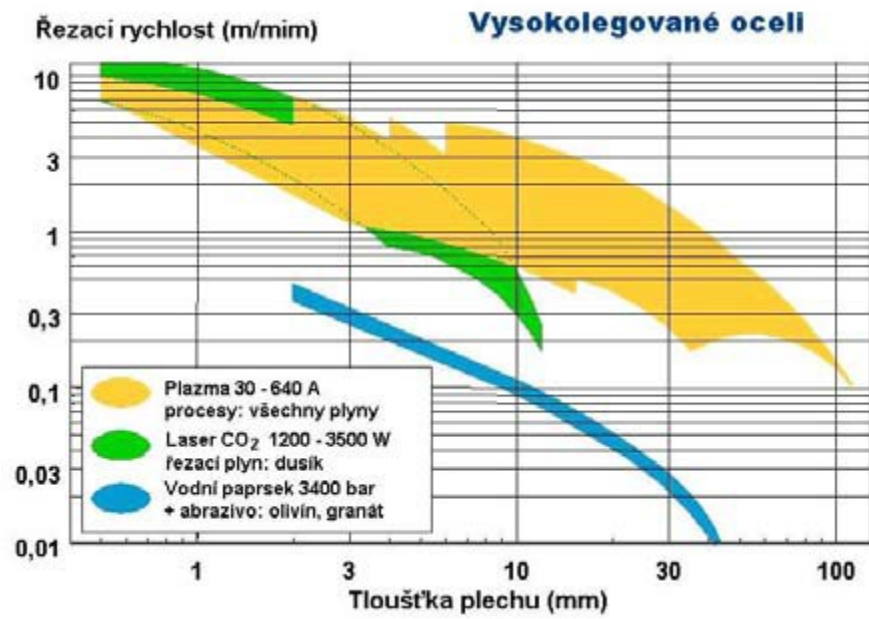
2.3 Porovnání jednotlivých metod dělení materiálů

Řezání kyslíkem je ve strojírenské výrobě nepostradatelnou metodou přípravy materiálu díky schopnosti řezání různorodých tlouštěk materiálu a přijatelným investičním i provozním nákladům. Plazmové řezání zajistí vysokou produktivitu přípravy materiálu, a to jak nelegovaných, tak vysokolegovaných ocelí, zejména však menších až středních tlouštěk. Finančně je plazma jen o málo náročnější než technologie řezání kyslíkem. Laserové řezání je vhodné pro velmi kvalitní řezy vysokými rychlostmi a bez deformace materiálu, ovšem s omezením tloušťky materiálu a velkou investiční náročností.

Pracovní oblasti jednotlivých metod pro nelegovanou a vysokolegovanou ocel jsou zobrazeny v grafech.



Obr. 20 Pracovní oblasti metod dělení pro nelegovanou ocel [10]



Obr. 21 Pracovní oblasti metod dělení pro vysokolegovanou ocel [10]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI

V praktické části bude řešen konkrétní případ výroby mezikruží technologií řezání kyslíkovým plamenem

- návrh alternativního postupu pro lepší využití tabule plechu
- nástřihový plán
- alternativní formát plechu
- nakládání s odpadem

4 VFC – VÝROBA FOREM CONTINENTAL

Základy výroby forem byly položeny již v roce 1931, kdy firma Baťa začala ve Zlíně vyrábět první velopláště. Od roku 1932 se ve strojírenském závodě firmy Baťa začaly vyrábět formy, určené k lisování pneumatik pro automobily. V rámci výroby forem Continental (dále VFC) se postupně vyráběly osobní, nákladní a traktorové formy. Divize výroby forem je součástí společnosti Continental Barum s.r.o. se sídlem v Otrokovicích.

Dnes je VFC strojírenským závodem, který patří mezi světovou špičku ve výrobě osobních segmentových forem. Tyto výrobky jsou dnes dodávány zákazníkům po celém světě. 80% výrobků směřuje do pneumatikářských závodů západní Evropy, Afriky, Jižní Ameriky a USA. Export do USA má v posledních letech trvale rostoucí trend.

Celý proces výroby forem je zpracováván vysoce výkonnou počítačovou podporou systémů NX, DESIGNCAD a dalších softwarových produktů. Opravdovým zlatým srdcem VFC je výroba modelů a hliníkových odlitků. Modely jsou vyráběny na NC pětiosých frézkách, odlévání probíhá v ochranné atmosféře. Odlitky dosahují špičkové kvality a přesnosti. Obráběcí a dokončovací operace zajišťují moderní technologická zařízení - NC stroje - frézky, soustruhy, gravírovací stroje. Jakost forem je zajišťována v průběhu celého výrobního procesu a následně konečnou stoprocentní kontrolou hotového výrobku.

4.1 Konstrukce forem a výroba

Každá segmentová forma pro osobní pneumatiky sestává z těchto hlavních dílů:

- dezénové segmenty
- bočnice
- patkové kroužky

Tyto jednotlivé díly se vkládají do kontejneru, který zajišťuje jak vytápění formy tak i pohyb formy při vkládání a vyjímání pláště při lisování.

Dezénové segmenty

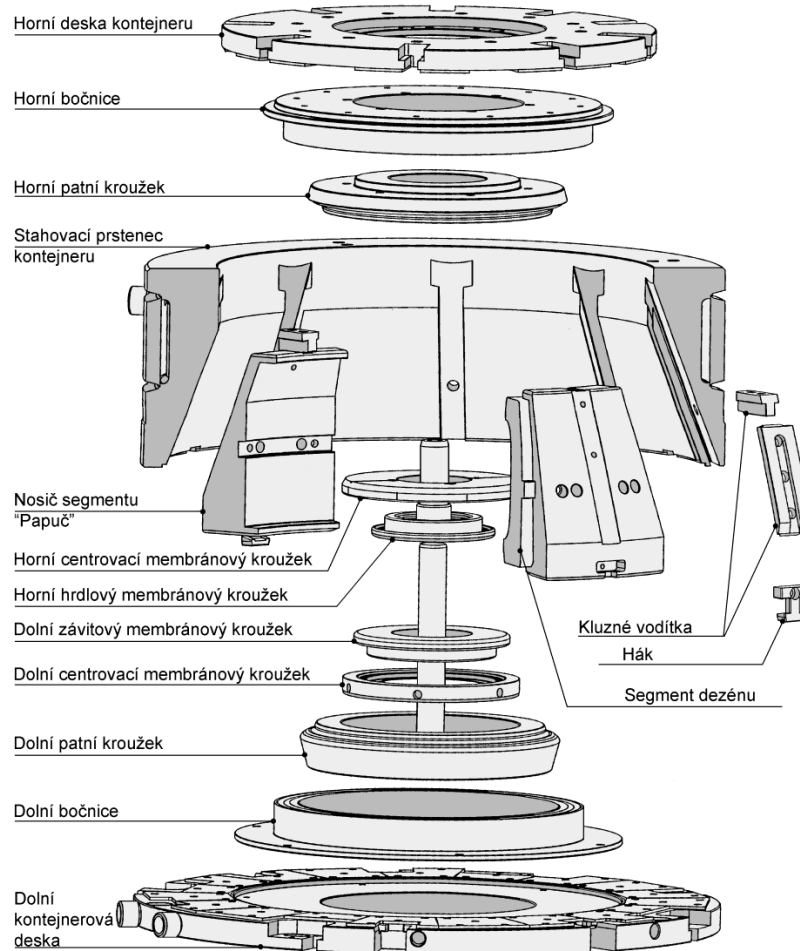
Dezénové segmenty se vyrábí z hliníkových odlitků. V oddělení slévárny se podle výkresů a CNC dat vyrábí na víceosých frézkách modely, které mají prakticky vzhled budoucího dezénu pneumatiky. Pomocí speciálních gumových otisků s vysokou rozměrovou pamětí, do kterých jsou vloženy ocelové lamely, se ze sádry zhotoví odlévací forma. Tato forma stejně jako prvotní model se ručně dokončuje, aby se odstranily drobné vady a nerovnosti na povrchu. Vše je zaměřeno na vysokou rozměrovou přesnost licí sádrové formy. Odlití roz-taveného hliníku ukončí základní výrobní proces ve slévárně. Odlité dezénové segmenty se dále soustruží a frézují, aby rozměrově seděly do lisovacího kontejneru. Velmi náročnou a přesnou výrobní operací je zhotovení odvzdušnění dezénů. V dezénovém kruhu se musí vy-vrtat až tisíce otvorů pro speciální odvzdušňovací ventily, tzv. euroventily, aby bylo zaru-čeno správné odvzdušnění formy při lisování pneumatiky. Spolu s odvzdušněním se na dez-énu provádí i ruční dokončení odlitku, zejména odškrábání přetoků a vad vzniklých v prů-běhu lití a následném chladnutí hliníku.

Bočnice

Bočnice se soustruží z ocelových vypálených polotovarů. Po tepelném zpracování a vysou-stružení základního tvaru bočnice se do profilu pneumatiky frézují drážky pro výměnné štítky popisu. Po vsazení výměnných štítků se na lisovací části bočnice vyfrézuje popis, který se při lisování otiskne na finální výrobek – plášť pneumatiky. Stejně jako v dezénové části formy, tak i na bočnici se musí zhotovit odvzdušňovací systém, který zaručí správné od-vzdušnění formy při lisování. Spolu s odvzdušněním se na bočnici ručně dokončí nerovnosti a chybějící detaily vzniklé po strojním obrábění.

Patní kruhy

Patkové kroužky se stejně jako bočnice po tepelném zpracování soustruží z ocelových polo-tovarů. Po soustružení základního tvaru se na lisovací části kroužků vrtá a frézuje odvzduš-ňovací systém, který zaručí správné odvzdušnění formy při lisování pláště. I zde pro od-vzdušnění používají speciální euroventily, které při lisování zabraňují zatékání gumy do formy. [17]



Obr. 22 Sestava vulkanizační formy pro lisování osobních pláštíků

4.2 Bočnice, patní kruhy

4.2.1 Materiál

Na výrobu bočnic a patních kruhů se používá ocel, která se podle normy EN 10027-1 označuje jako S355J2 + N nebo podle normy ČSN 42 0002 je známá jako 11 523. Jedná se o nelegovanou ocel, svařitelnou a využívanou pro ocelové konstrukce. Po tepelném zpracování je velmi dobře obrobitelná a přitom dostatečně pevná pro tyto součásti.

S355J2 + N

S – označení konstrukční oceli

355 – minimální hodnota meze kluzu v MPa, platná pro nejmenší rozsah tloušťky výrobku

J2 – udává zaručenou hodnotu nárazové práce 27 J při teplotě -20 °C

N – určuje normalizační způsob žíhání nebo válcování

Vzhledem k požadované kvalitě výrobků byla v minulosti na několika vzorcích této oceli od různých výrobců provedena nedestruktivní ultrazvuková defektoskopie v Institutu pro testování a certifikaci ve Zlíně. Jako nejkvalitnější vyšel z této zkoušky materiál z produkce Vítkovických železáren. Tento velmi kvalitní materiál se vyznačuje nízkou porezitou, čímž odpadají následné vícepráce při dokončování výrobků.

Použití materiálů jiných výrobců, např. polské, italské či ruské produkce, vyžadovalo složitější a tím časově náročnější dokončování výrobků. Bylo také nutné prodloužení doby žíhání, protože materiál byl po standardním cyklu žíhání pro vítkovickou ocel tvrdší. Dále z důvodu vyšší porezity materiálu bylo nutno dodatečné svařování laserem a následné mechanické dokončení. Tyto vlastnosti materiálů jiných výrobců prodloužily dobu výroby a navýšily výrobní náklady. Proto se tedy téměř výhradně používá materiál vítkovický. Pouze v nejnutejších případech, kdy tento materiál není dostupný, lze po schválení technologií použít materiál produkce firmy VoestAlpine z Rakouska, který má téměř srovnatelnou kvalitu s materiálem vítkovickým a není nutné měnit technologii výroby.

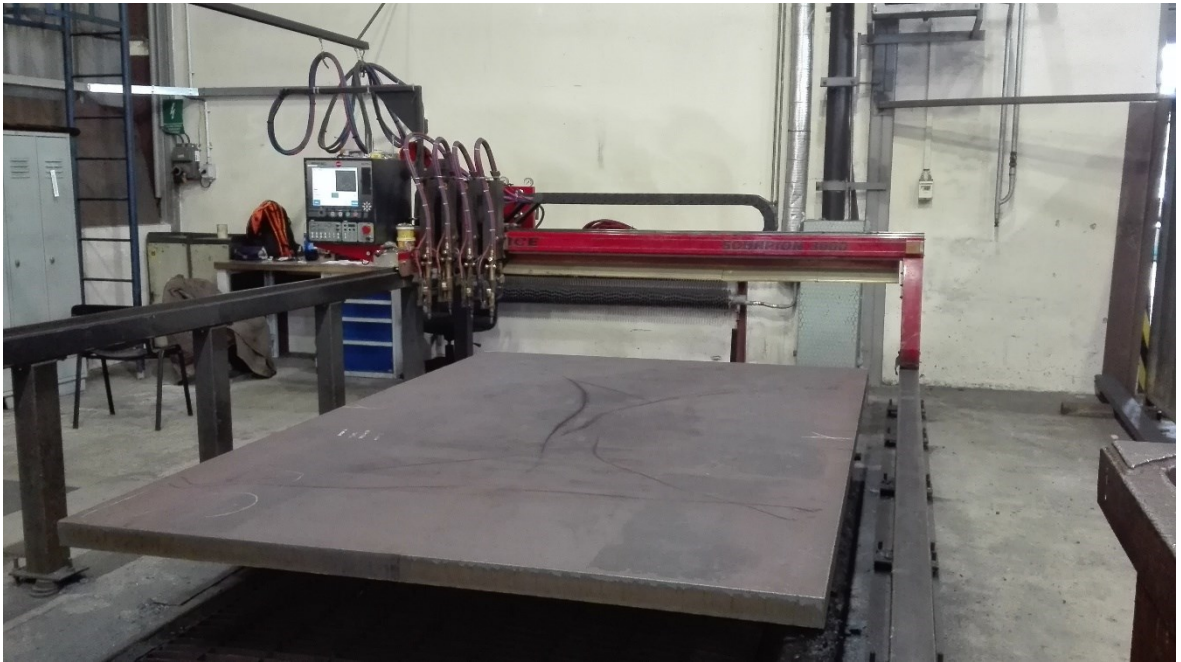
Materiál je nakupován jako tlusté plechy ve formátu 2x3 m, tloušťky se pohybují dle potřeby od 45 do 140 mm.



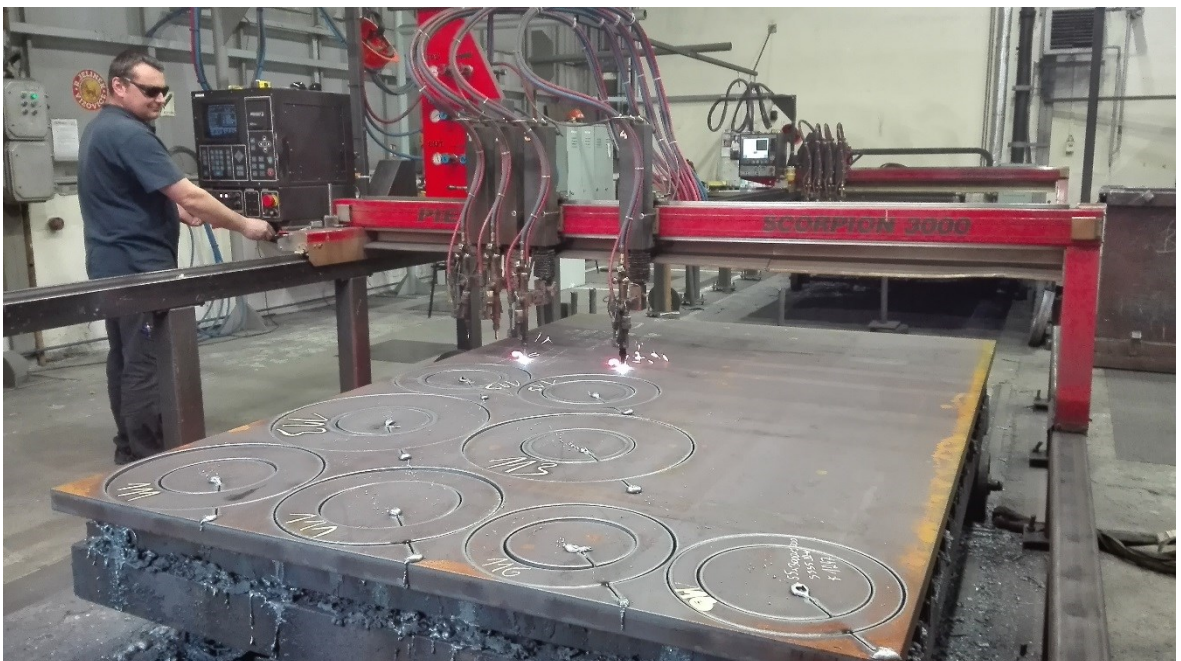
Obr. 23 Skladová zásoba plechů

4.2.2 Výroba polotovarů

Výroba mezikruží probíhá v prostorách skladu hutního materiálu. Zde jsou umístěny dva dělicí stroje PIERCE Scorpion 3000, na kterých jsou polotovary vyráběny technologií tepelného dělení kyslíkovým plamenem. Maximální rozměr tabule plechu, který jsou tyto stroje schopny zpracovat, je 2x4 m. Vzhledem ke stále se navyšujícímu objemu výroby je plánováno umístění třetího dělicího centra do konce roku 2017.



Obr. 24 Dělicí stroj PIERCE Scorpion 3000



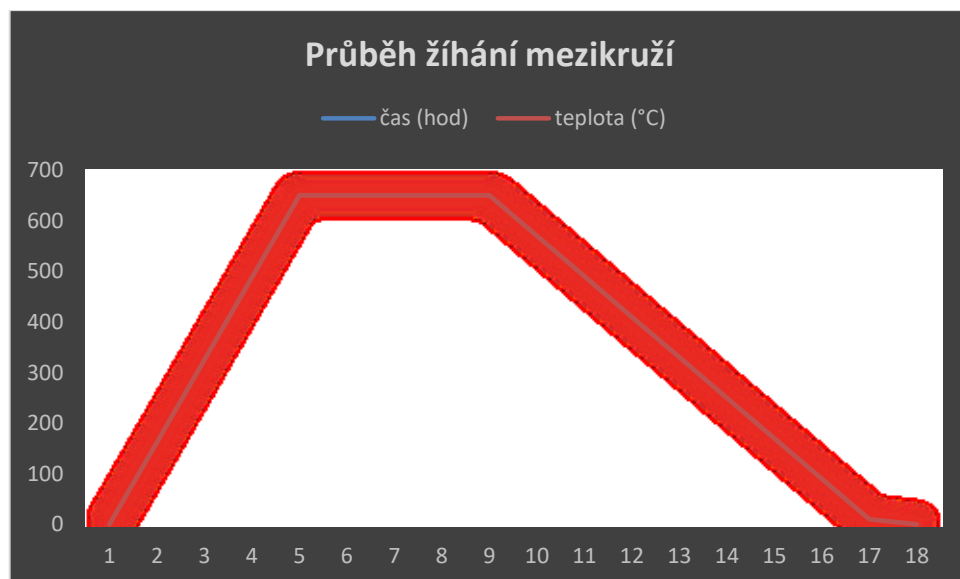
Obr. 25 Zpracování plechu tl. 55 mm

4.2.3 Tepelné zpracování

Hotové výpalky jsou následně žhány pro odstranění pnutí po dělicím procesu a pro lepší obrobitelnost. Žhání je prováděno v žhacích pecích při teplotě 650 °C. Zahřívání na žhací teplotu probíhá 4 hodiny, další 4 hodiny výdrž na teplotě 650 °C, chladnutí výpalků pak probíhá v peci po dobu cca 8 hodin.



Obr. 26 Žhání vyrobených polotovarů

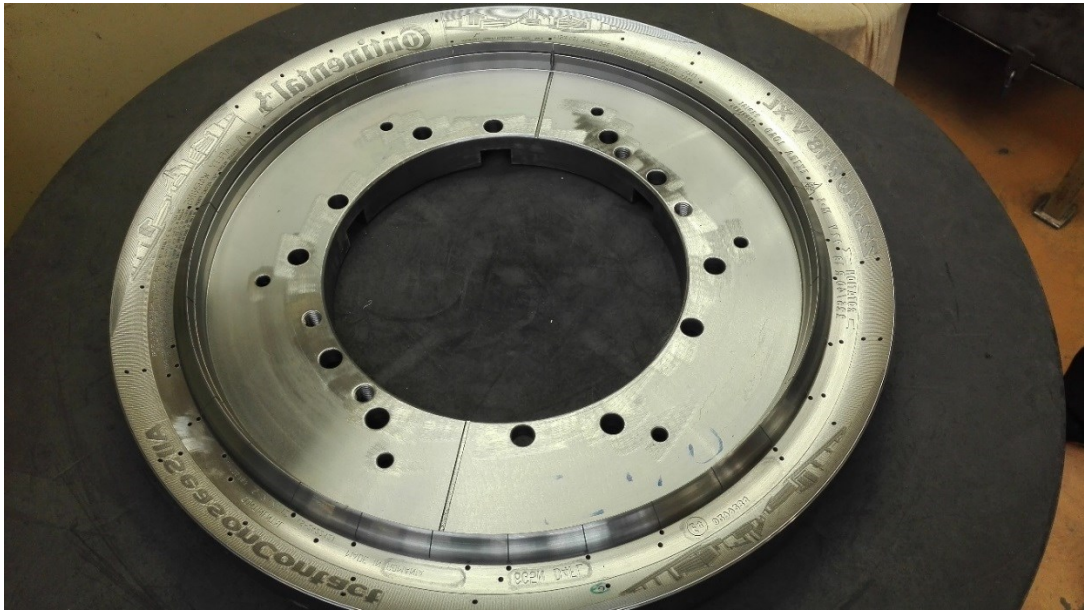


Graf 1 – Žhací křivka žhání mezikruží

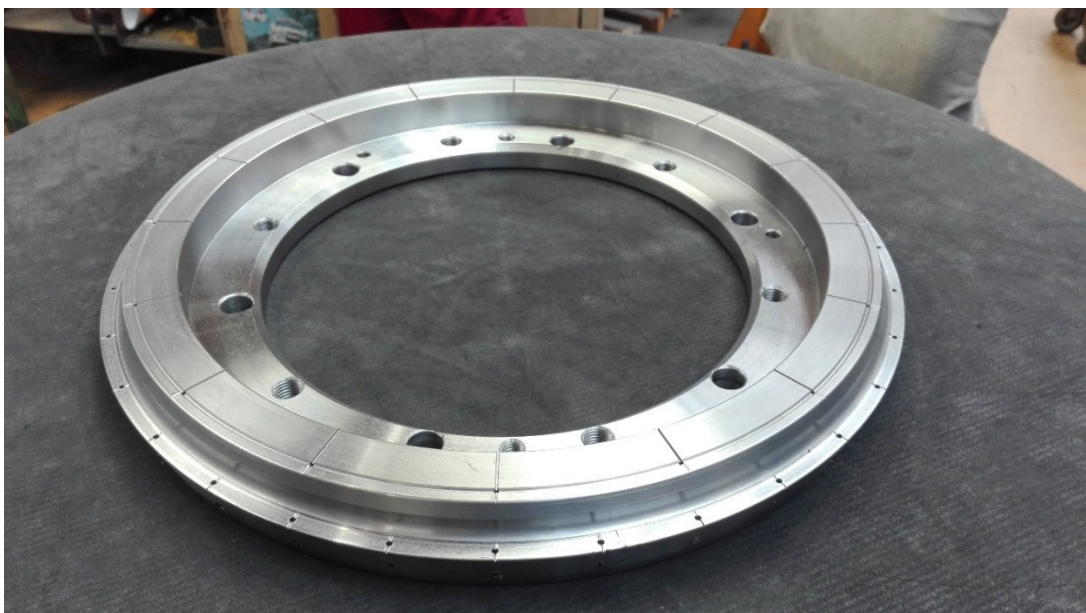
4.2.4 Dokončovací operace

Z tepelně zpracovaných polotovarů jsou následně soustružena profilovaná mezikruží pomocí CNC obráběcích center.

Dokončovací operace při výrobě bočnic a patních kruhů jako soustružení, gravírování popisů, vrtání odvodušnění, probíhají již v samotné dílně strojírenské části výroby forem a nejsou předmětem této BP.



Obr. 27 Mechanické dokončování bočnic



Obr. 28 Mechanické dokončování patních kruhů

5 OPTIMALIZACE VYUŽITÍ TABULE PLECHU

Tato práce je zaměřena na výrobu ocelových polotovarů technologií tepelného dělení kyslíkovým plamenem. Následně je navržena výrobní změna pro ekonomickou i časovou optimalizaci výroby.

5.1 Stávající stav

Objednávky materiálu obstarává nákupní oddělení divize Materiálového hospodářství. Vzhledem k větší složitosti komunikace mezi divizemi Materiálového hospodářství a VFC je v současnosti materiál bez předchozího plánování objednávan v jednotném formátu do skladové zásoby. Základní formát tlustého plechu, válcovaného ve Vítkovických železárnách, je 2x12 m. Na základě rámcové smlouvy s dodavatelem jsou dodávány výhradně plechy ve formátu 2x3 m, tloušťky se pak pohybují dle potřeby od 45 do 140 mm.

Tloušťka plechu (mm)	Hmotnost 1 m ² (kg)	Hmotnost tabule (kg)
45	363	2178
50	393	2358
55	432	2592
60	471	2826
65	510	3060
70	550	3300
75	605	3630
80	628	3768
90	707	4242
100	807	4842
110	880	5280
120	942	5652
140	1130	6780

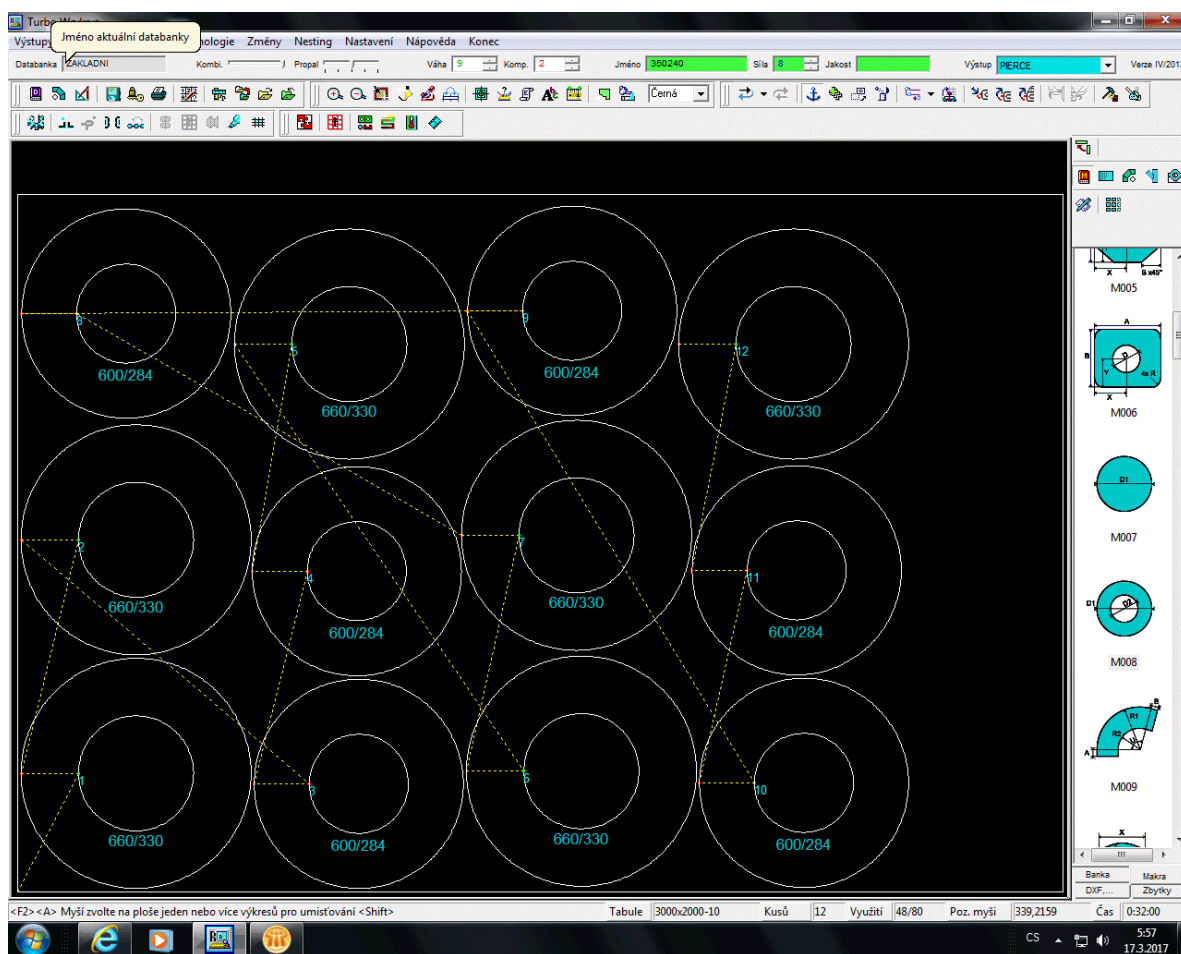
Tab. 1 Přehled nakupovaného materiálu

Prvotní požadavek na výrobu mezikruží vychází z konstrukce VFC, odkud jsou zpracované objednávky zasílány do skladu hutního materiálu, kde výroba probíhá. Objednávky polotovarů jsou vytvářeny na základě příchozích zakázek až ve chvíli, kdy již probíhá příprava

technické dokumentace pro výrobu každé formy. Není tak možné plánovat množství a rozměry potřebných mezikruží s větším předstihem. Pro výrobu je tedy vždy vybrán plech potřebné tloušťky ze skladové zásoby plechů ve formátu 2x3 m.

Evidence zakázek probíhá formou tabulky, do které jsou zadávány kromě čísel zakázek zejména rozměry jednotlivých polotovarů, které je třeba vyrobit. Z této tabulky se filtrují všechna mezikruží stejné tloušťky. V programu dělicího stroje je pak vybraný plech osazen mezikružími dle potřeby v nejúspornějším možném rozložení. Bohužel díky jednotnému formátu nakupovaného plechu 2x3 m zůstává téměř vždy jistá část tabule nevyužitá. A protože větší tloušťky plechů jsou k jiným účelům využívány jen velmi zřídka, stává se zbytek materiálu odpadem, který je následně prodán do šrotu.

U materiálů silných v řádu desítek milimetrů tak jde o kvalitní ocel velké hmotnosti, která je nakoupena a pak bez využití zlikvidována.



Obr. 29 Příklad stávajícího využití tabule 2x3 m

5.2 Návrh změny

Jak již bylo uvedeno výše, základní formát tlustého plechu, válcovaného ve Vítkovických železárnách, je 2x12 m. Na základě rámcové smlouvy s dodavatelem jsou dodávány výhradně plechy ve formátu 2x3 m, v tloušťkách od 45 do 140 mm.

Vzhledem ke skutečnosti, že se VFC stala dominantním dodavatelem forem v koncernu Continental a vyrábí 100% potřeby bočnic a patkových kroužků, dochází k významnému navýšení výroby. Tato skutečnost se projevila jednak nákupem nových CNC soustruhů a multifunkčních soustružnických a frézovacích center Deckel Maho a samozřejmě také zvýšenou poptávkou pro nákup materiálu pro výrobu bočnic a patkových kroužků.

Dlouhodobý, narůstající vliv těchto faktorů velmi přispěl k rozhodnutí vedení společnosti o převodu skladu hutního materiálu, kde probíhá výroba mezikružích, z divize Materiálového hospodářství do divize VFC, a to s platností od 1. 6. 2017. V rámci jedné divize bude velmi přínosná přímá komunikace mezi jednotlivými odděleními, obchodním, konstrukčním a nákupním oddělením, což zjednoduší zpracování objednávek materiálu pro konkrétní zakázky.

Nový systém plánování nám umožňuje plánovat výrobu s větším předstihem. Tím můžeme optimalizovat velikost potřebného polotovaru. Navrhují tedy objednávat materiál pro výrobu polotovarů novým způsobem, kdy bude stanovena potřebná délka plechu dle aktuálního požadavku výroby, a ne paušálně 3 m. Navrhují zavést typizované rozměry desek v délkách odstupňovaných např. po 50 mm. Např. 2x3 m; 2x2,95 m; 2x2,9 m; 2x2,85 m atd. a předejít tak významným ztrátám ve formě odpadu.

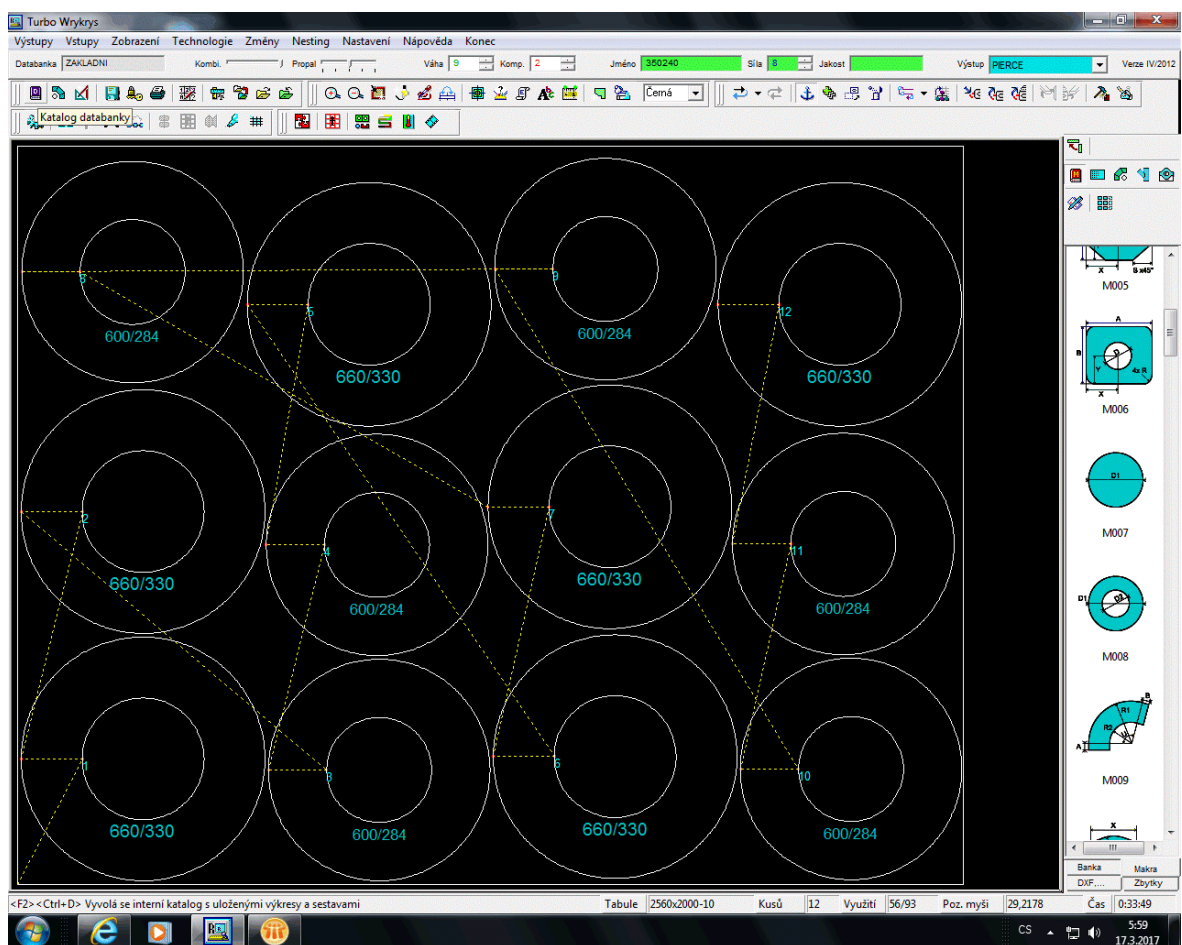


Obr. 30 Použitý plech se zbytkovou částí

Hlavní dodavatel materiálu tento návrh po nezávazné konzultaci odsouhlasil jako možný, kdy budou přímo z tabulí o rozměru 2x12 m oddělovány přesné délky plechů dle našich požadavků. Šířka tabule 2 m však musí být zachována.

Stávající evidence zakázek bude využita ve stejném provedení. Potřebná velikost tabule pak bude stanovena programem dělicího stroje po rozložení mezikruží v nejúspornějším možném uspořádání na plech. Následně pak bude objednáno některý z nově zavedených rozměrů tabulí, a to pro přesně daná čísla zakázek.

Tímto způsobem objednávání materiálu se také velmi sníží jak finanční, tak prostorová zatíženost skladu, což významně ovlivní situaci, kdy se VFC dlouhodobě potýká s nedostatkem skladovacího prostoru. Objednávaný materiál bude zpracováván průběžně a nebude zapotřebí udržovat neustále větší skladovou zásobu. Finanční hodnota skladovaných plechů je v současnosti vyšší než 1 000 000,- Kč.



Obr. 31 Příklad navrhované změny – tabule 2x2,55 m

5.2.1 Konkrétní příklad navrhované změny plánování

Pro zakázku 3 ks sériových forem pro pneumatiku o rozměru 185/65 R 18 je třeba vyrobit 3 páry bočnic a 3 páry patních kruhů. Dle výkresové dokumentace je vnější průměr hotového výrobku horní bočnice 591 mm, vnitřní průměr 295 mm, vnější průměr dolní bočnice 649 mm, vnitřní průměr 340 mm a tloušťka bočnic je pak 51,94 mm. Patní kruhy horní i dolní mají vnější průměr stejný, a to 485 mm. Tloušťka je 49,65 mm. K zakázce jsou zároveň přidány další 3 páry patních kruhů stejné velikosti pro středisko oprav forem, které mají být vyrobeny z plechu o stejné tloušťce.

Velikost polotovarů mezikruží je navýšena o přídavky na tzv. propal i na obrábění. Tloušťka plechu včetně přídavků na obrábění bude 60 mm.

Zakázka	Vnější průměr (mm)	Vnitřní průměr (mm)	Tloušťka plechu (mm)	Počet ks
10-455	660	330	60	3
10-455	600	284	60	3
31-255	496	330	60	6
31-255	496	284	60	6

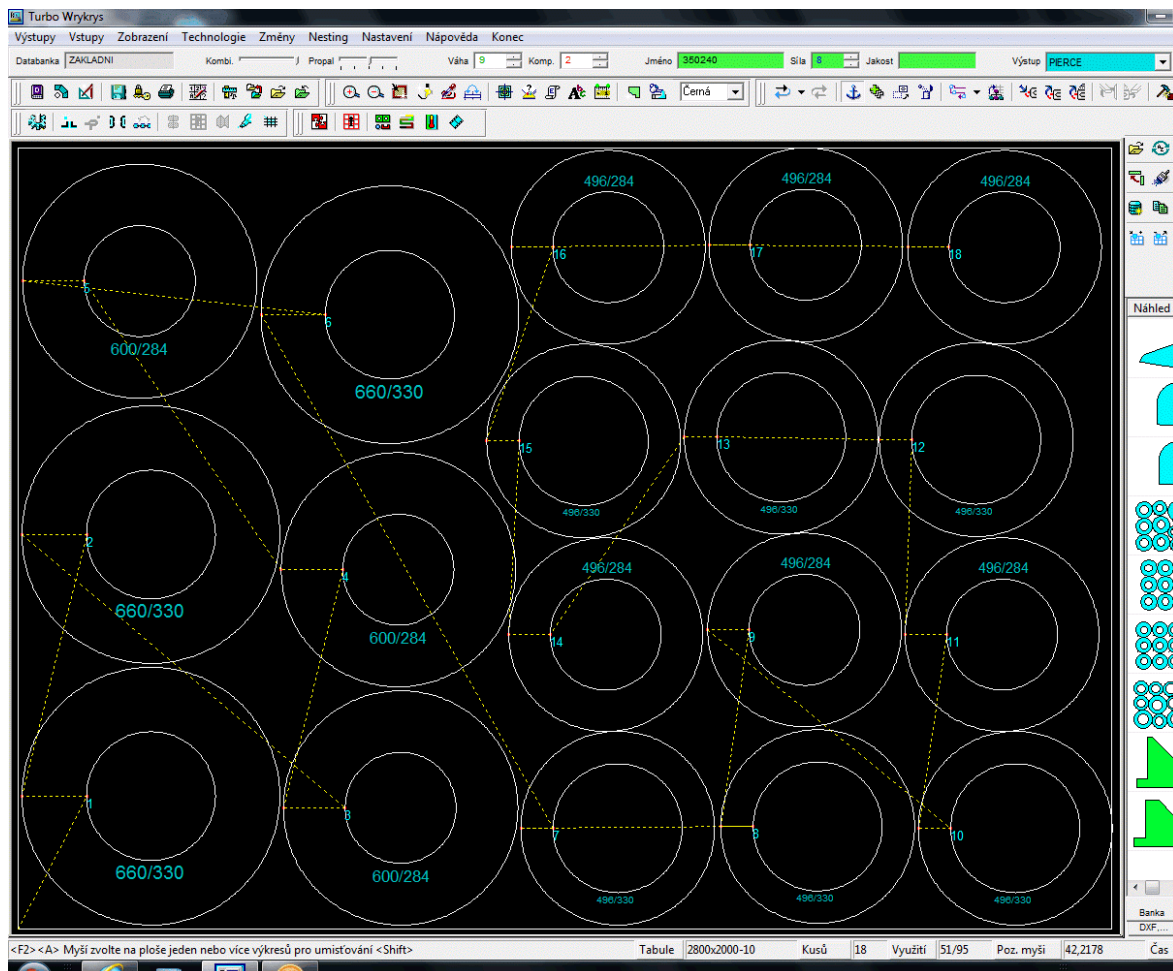
Tab. 2 Příklad evidence polotovarů

4.2.1.1 Rozměr tabule nový

Podle navrhovaného přesného plánování byla pro tyto konkrétní výrobky programem vypalovacího stroje stanovena velikost tabule plechu na 2x2,8 m.

Oproti současnému postupu výroby, kdy se používají téměř výhradně tabule o rozměru 2x3 m bude ušetřena plocha materiálu o rozměru 0,2x2 m, což činí téměř 7% tabule plechu. Při hmotnosti tabule 2826 kg jde tedy o 190 kg materiálu, jehož nákupní hodnota činí 3420,- Kč. Tato částka tak bude prvotní úsporou již při nákupu materiálu.

Materiál se vždy nakupuje v množství cca 24 tun pro plné vytížení dopravce. Pokud bychom uvažovali úsporu materiálu 7% z celé dodávky, bude celková úspora na jedné dodávce materiálu více než 30000,- Kč. Měsíční objednávky běžně dosahují množství 2 až 3 dodávek, tzn. 48 až 72 tun materiálu. Úspora za jeden měsíc se tedy může vyšplhat až na 90 000,- Kč.



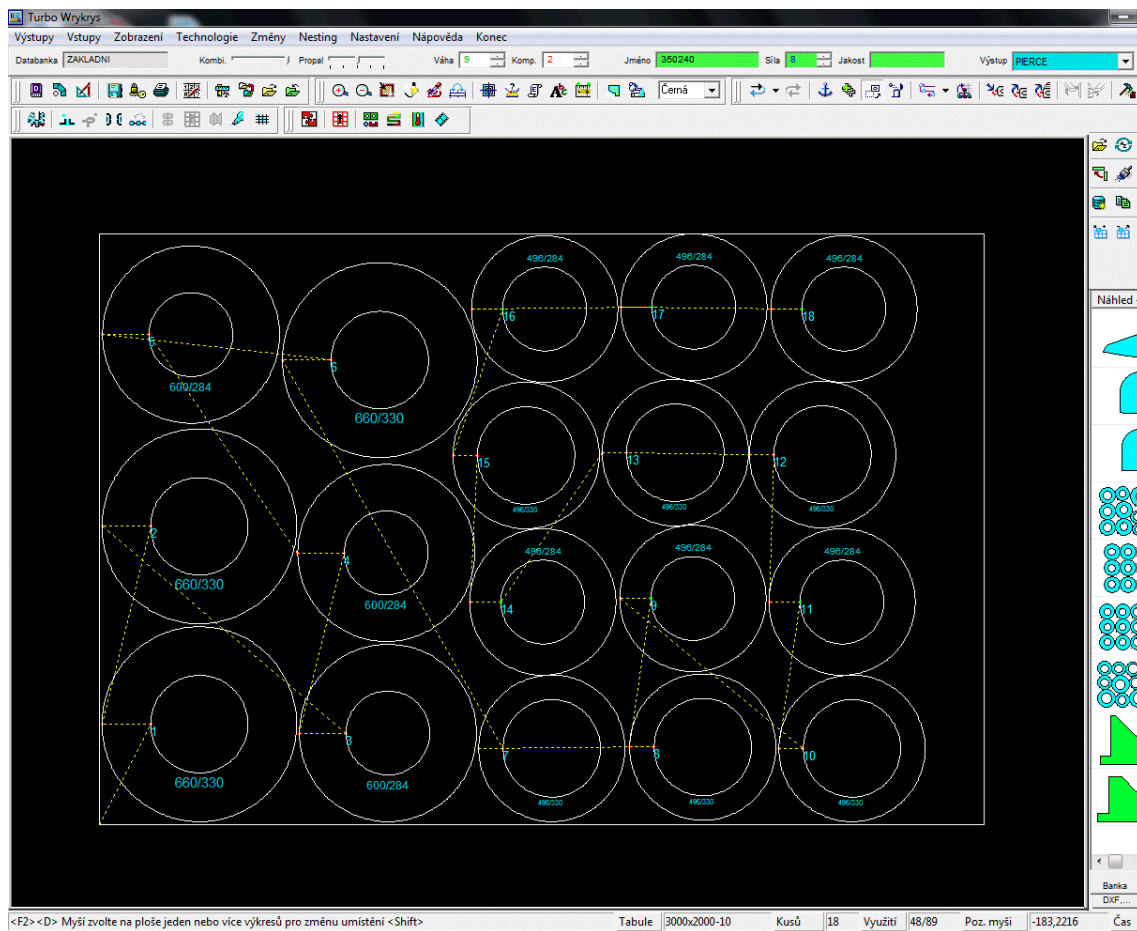
Obr. 32 Nástřihový plán dle navrhovaného plánování – tabule 2x2,8 m

4.2.1.1 Rozměr tabule původní

Podle současného výrobního postupu je velikost tabule již dána na 2x3 m. V tomto případě bude nevyužitý zůstatek materiálu prodán jako odpad do šrotu, protože rozměr 0,2x2 m není použitelný pro žádný z vyráběných rozměrů mezikruží.

Plocha materiálu, využitá pro mezikruží, je samozřejmě hrazena zákazníkem, pro kterého se forma vyrábí. Jako úsporu můžeme tedy označit pouze tu část desky, která po odečtení plochy „výpalků“ zůstává nevyužita, a proto nebude ani nakoupena. V tomto případě tedy 0,2x2 m.

Výkupní cena šrotu se pohybuje okolo 4,- Kč/kg, nákupní cena materiálu činí 18,- Kč/kg. Za tento odpad tedy vrátí společnosti 760,- Kč. Rozdíl mezi nákupní cenou materiálu a prodejní cenou odpadu (ztráta) však stále činí 2660,- Kč.



Obr. 33 Nástrihový plán dle stávajícího plánování – tabule 2x3 m

4.2.1.2 Vyhodnocení využitelnosti tabule plechu

Z výše uvedených příkladů vyplývá rozdíl mezi stávajícím a navrhovaným postupem v úspoře již nakupovaného materiálu ve výši 7%. Pokud bude tento materiál již na začátku kvalitně plánován, nestane se odpadem, nezpůsobí tak finanční ztrátu a nemusí být složitě ekologicky likvidován.

Formát (m)	Plocha 100% (m ²)	Výrobky (m ²)	Plocha výrobků (%)	Vnější odpad (m ²)	Vnější odpad (%)	Vnitřní odpad (m ²)	Vnitřní odpad (%)	Využití tabule (%)
2x3	6	2,85	47,5	1,81	30,2	1,34	22,3	47,5
2x2,8	5,6	2,85	50,9	1,41	25,2	1,34	23,9	50,9

Tab. 3 Porovnání využitelnosti

5.2.2 Ekonomické srovnání – nákup materiálu

Uvažujeme-li úsporu materiálu ve výši 7%, mohli bychom vyjádřit roční finanční úsporu například takto:

	Nakoupený materiál (t)	Cena materiálu (Kč/kg)	Cena celkem (Kč)
Stávající plánování	800	18,-	14 400 000,-
Nové plánování	744	18,-	13 392 000,-
Úspora			1 008 000,-

Tab. 4 Ekonomické zhodnocení nákupu materiálu

5.3 Nakládání s odpadem

Roční objem nákupu tlustých plechů je cca 800 tun a díky neustálému rozšiřování výroby VFC se bude navyšovat.

Vzhledem k současnému výrobnímu postupu vzniká velké množství zbytků. V roce 2016 činil objem ocelového odpadu 345 tun, což je 43% nakoupeného materiálu. Tento odpad je prodáván do kovošrotu k likvidaci. Z výroby mezikruží vznikají dva druhy odpadů. Odpad z vnějších částí mezikruží a z částí vnitřních.

Množství odpadů za rok 2016

Odpad z vnitřních částí mezikruží 114 tun

Odpad z vnějších částí plechu 231 tun

Množství vnějšího odpadu lze ovlivnit navrhovaným způsobem plánování tak, že „nepotřebný“ materiál nebude nakoupen a nezůstane nevyužitý. Takto lze snížit roční objem vnějšího odpadu o 56 tun.

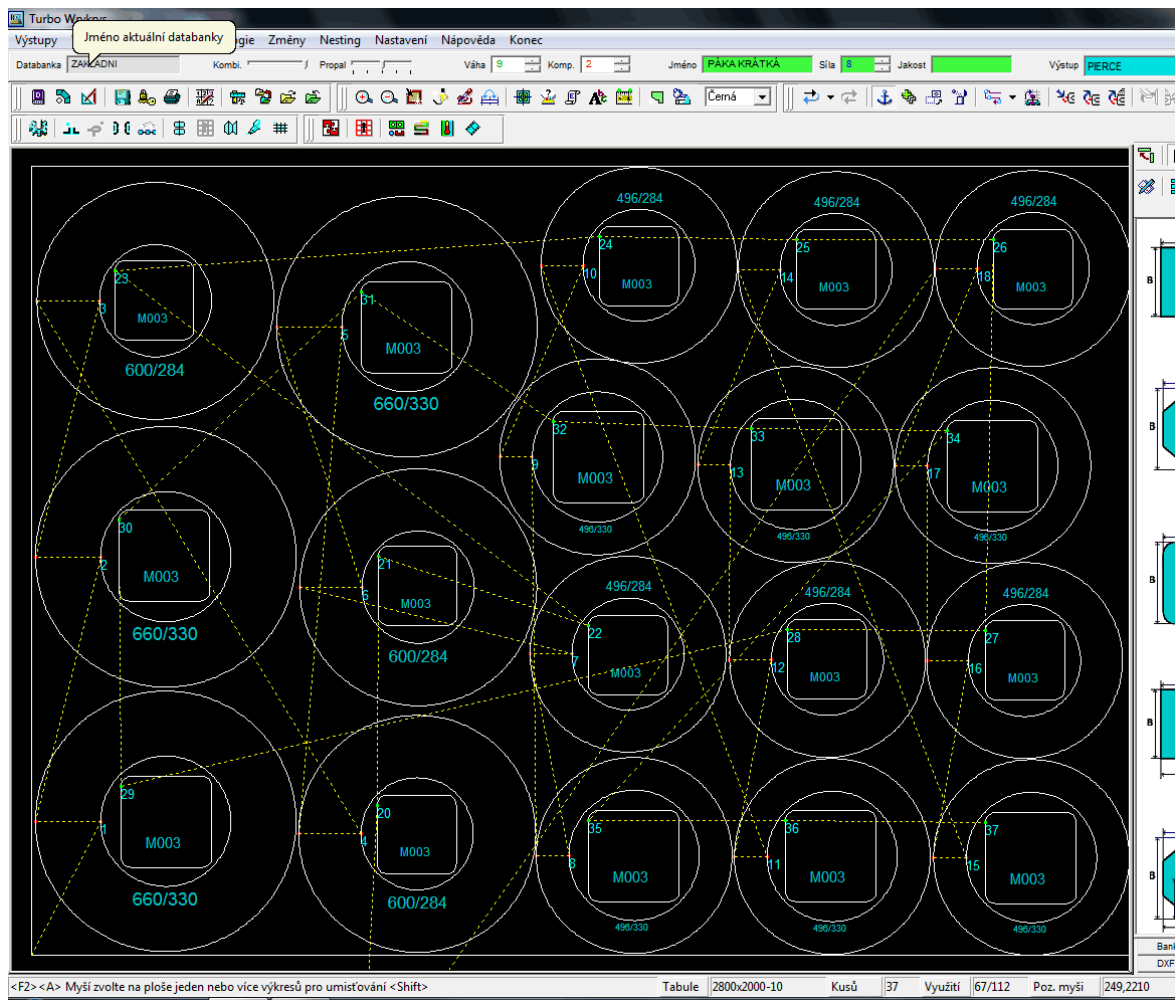
Množství vnitřních částí mezikruží bohužel ovlivnit nejde. Je zde však možnost, jak tento odpad využít. Pokud bychom tyto zbytky zpracovávali dle konkrétního návrhu v bodě 4.3.1, mohli bychom ročně snížit množství vnitřních odpadů o 114 tun.

Celkově se sníží množství odpadu o 170 tun za rok, což se velmi pozitivně projeví zejména z hlediska ochrany životního prostředí.

5.3.1 Konkrétní příklad využití odpadu

Jak již bylo zmíněno, množství odpadu, vznikajícího z vnitřních částí mezikruží, bohužel nelze ovlivnit. Za rok 2016 byla jeho množství cca 114 tun. Je však možné, pokud bude v programu dělicího stroje nastaveno zkrácení náběhu plamene, využít jej například pro výrobu desek pro tisk lamel a segmentů na 3D SLM tiskárnách Phenix a Concept Laser.

Tyto desky jsou v současnosti nakupovány u výrobců SLM tiskáren ve Francii a Německu za cenu cca 8850,- Kč/ks. Jedna deska je použitelná pro tisk lamel určených pouze pro jeden segment formy. Formy jsou dle své velikosti děleny na 9 nebo 11 segmentů.



Obr. 34 Využití středu mezikruží pro SLM desky

Vzhledem k velmi vysoké pořizovací ceně, ale zároveň také nedostačující vlastní výrobní kapacitě byla zadána poptávka na vypracování cenové nabídky na výrobu SLM desek v externí nástrojařské společnosti. Kalkulace byla požadována pouze na obráběcí práce bez materiálu. Cenová nabídka byla zpracována a nabídková cena stanovena na 4250,- Kč/ks.

Za první čtvrtletí roku 2017 bylo spotřebováno 26 ks SLM desek, jejichž nákupní cena byla 230 100,- Kč. Cena 26 ks desek vyrobených v kooperaci by činila 110 500,- Kč. Tedy méně než 50% původních nákladů.

Výhled do budoucnosti je však tisknout všechny trialové formy, tj. asi 100 forem ročně, tedy 100 x 9 segmentů = 900 desek ročně, jejichž pořizovací cena v současnosti činí 7 965 000,- Kč. Pokud bychom však využili možnost používat pro výrobu SLM desek zbytky po výrobě mezikruží, roční úspora se tak vyšplhá až na 4 140 000,- Kč.

Bude-li tato možnost realizována, využitelnost tabule plechu se tak zvýší o více než 20 % a o tuto hodnotu se zároveň sníží množství likvidovaného odpadu.

Ke stejnému účelu je také možné využít i vnější zbytkové části plechů. Do doby, než bude případně realizován nový systém plánování a objednávání materiálu, a také díky větší skladové zásobě plechů ve formátu 2x3 m, budou i nadále vznikat nevyužité zbytky. Tyto lze také výhodně použít pro výrobu SLM desek.

Nabízí se zde však otázka, zda je výhodnější nakupovat „nepotřebný materiál“, který i když bude vyžitý, stále z něj bude vznikat nějaký odpad, bude muset být déle skladován atd., nebo tento materiál ani nenakupovat a nezatěžovat jím životní prostředí.

Použití vnitřních zbytků mezikruží pokryje roční požadavek na předpokládaných 900 ks SLM desek, proto navrhuji zpracovávat vnější odpad pouze do doby, než bude případně zaveden nový způsob plánování a poté již objednávat rozměry plechů „na míru“ pro konkrétně dané zakázky.

5.4 Ekonomické a praktické vyhodnocení navrhovaných změn

Všechny vyčíslené finanční úspory jsou kvalifikovaným odhadem, stanoveným bez možnosti skutečného potvrzení dlouhodobým využíváním.

Předpoklad roční úspory:

- | | |
|----------------------------|----------------|
| - nákup materiálu | 1 008 000,- Kč |
| - vlastní výroba SLM desek | 4 140 000,- Kč |

Celková předpokládaná roční úspora **5 148 000,- Kč**

Zvýhodnění z hlediska praktického:

- snížení finanční skladové zatíženosti o cca 1 000 000,- Kč
- uvolnění skladovacích ploch pro další využití
- snížení množství odpadů (snížení zátěže životního prostředí a další uvolněný skladovací prostor)

ZÁVĚR

Od odkoupení společnosti Barum Otrokovice nadnárodním koncernem Continental v roce 1993 bylo vyrobeno již 20 000 segmentových forem.

Toto číslo ukazuje na tradici a zkušenosti divize VFC ve výrobě segmentových forem pro lisování pneumatik.

VFC je v současnosti brána jako leader ve výrobě forem pro celý koncern Continental z kvalitativního a cenového hlediska s velikým potenciálem do budoucnosti.

Tato skutečnost vytváří neustálý tlak na zefektivnění výroby a snižování nákladů.

V Bakalářské práci jsem se zabývala výrobou polotovarů bočnic a patních kruhů pro segmentové vulkanizační formy. V první části byly popsány materiály pro výrobu forem a technologie nekonvenčního dělení materiálů. Ve druhé části jsem se pak zabývala samotnou výrobou mezikruží z tlustých ocelových plechů. Cílem práce bylo optimalizovat používané formáty plechů pro finanční a časovou úsporu při výrobě.

Navrhuji přizpůsobit formát nakupovaných plechů dle potřeb konkrétních zakázek. V současnosti jsou používány výhradně plechy ve formátu 2x3 m, z nichž zůstává díky nejčastějším rozměrům vyráběných mezikruží vždy určitá část délky plechu nevyužita. Mým návrhem je zavést nový způsob plánování výroby a nové formáty plechů různých délek, které budou objednávány již pro přesně určené zakázky. Toto řešení eliminuje množství nevyužitých zbytků, které v současnosti vznikají používáním plechů 2x3 m. Tento vlastně „nepotřebný“ materiál nebude nakoupen a nemusí být pak jako šrot nákladně likvidován. Vznikne tak roční úspora více než 1 000 000,- Kč již při nakupování materiálu.

Dalším návrhem je pak využívání zbytků z vnitřní části mezikruží pro výrobu základových desek pro tisk lamel na 3D SLM tiskárnách. Nakupování těchto desek přímo u výrobce je velmi nákladné, pokud bychom tyto desky vyráběli sami, případně v kooperaci, a použili pro tuto výrobu zbytky vnitřních částí mezikruží, můžeme tak ročně uspořit dalších více než 4 000 000,- Kč.

S plánovaným výrazným navýšením výroby forem ve VFC v řádu desítek procent bude v budoucnu úspora ještě vyšší.

Jako další změnu doporučuji zavedení dodávek plechů systémem Just In Time. V současnosti je materiál dodáván plánovaně do skladové zásoby, což vyžaduje velké skladovací prostory. Dodáváním materiálu Just In Time bude většina těchto prostor uvolněna a zároveň se sníží finanční zatížení skladu o cca 1 000 000,- Kč.

Výše uvedené návrhy a zejména změnu formátu plechů pro výrobu ocelových polotovarů vidím jako hlavní přínos řešení mé Bakalářské práce Výroba polotovarů bočnic a patních kruhů pro segmentové formy.

Celková předpokládaná roční úspora po realizování navrhovaných změn je více než 5 000 000,- Kč.

Nezanedbatelné hledisko je také ekologičnost. Materiál, který VFC nemusí nakoupit, nemusí ani dávat likvidovat s finanční ztrátou. Navrhované změny přinesou snížení množství likvidovaného odpadu o 170 tun, což je jistě velmi přínosné z hlediska ochrany životního prostředí.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Dvořák Z., Lamborová R.: *Konstrukční materiály – kovy. Zlín 2008 (skripta). Fakulta technologická, UTB Zlín. Dostupné z: <http://www.utb.cz/file/40835/>*
- [2] Vojtěch D.: *Kovové materiály. Praha 2006: Vydavatelství VŠCHT*
- [3] Chvojka J.: *Neželezné kovy a jejich slitiny. Praha 1971: Nakladatelství technické literatury.*
- [4] Kratochvíl B., Švorčík V., Vojtěch D.: *Úvod do studia materiálů. 1. vydání 2005. ISBN 80-7080-568-4.*
- [5] Svařování plamenem [online 15.10.2016].
Dostupné z: <http://coptel.coptkm.cz/reposit.php?action=0&id=33466&instance=2>
- [6] Táborský Z.: *Tepelné dělení kovů – bakalářská práce 2015*[on-line 15.10.2016].
Dostupné z: <https://theses.cz>
- [7] Fojtík P.: *Dělení technických materiálů* [on-line 15.10.2016].
Dostupné z: <http://www.ssamp-krnov.cz/upload/soubory/00030.pdf>
- [8] Kupka J.: *Vliv řezání kyslíkem na vlastnosti základního materiálu* [on-line 15.10.2016].
Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/63633?show=full>
- [9] Sedlák O.: *Technologie řezání plazmovým paprskem* [on-line 19.10.2016].
Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_ve-rejne.php?file_id=37970
- [10] Roubíček M.: *Kritéria volby metody tepelného dělení materiálů*, [online 22.10.2016].
Dostupné z WWW:
<http://www.airliquide.cz/file/otherelement/pj/roubicek49122.pdf>
- [11] Laser [online 22.10.2016]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Laser>
- [12] Kořán P.: *Laserové řezání* [online 22.10.2016].
Dostupné z: <http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery---laserove-rezani-laser-cutting-129>
- [13] Kořán P.: *Základní princip laseru a jejich dělení* [online 26.10.2016].
Dostupné z: <http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery---zakladni-principlaseru-a-jejich-deleni-127>
- [14] Řezání vodním paprskem [online 28.10.2016].
Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%98ez%C3%A1n%C3%AD_vodn%C3%ADm_paprskem
- [15] Řezání vodním paprskem [online 28.10.2016].
Dostupné z: <http://www.rezani-vodnim-paprskem-ve-3d.cz/index.html#technologie>

- [16] Řezání vodním paprskem [online 28.10.2016].
Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/rezani-vodnim-paprskem.html>
- [17] Continental Barum s.r.o., personální divize: *Gumárenská technologie, 2008*

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

°C Stupně Celsia.

ČSN Česká technická norma.

EN Evropská technická norma.

ISO International Organization for Standardization – mezinárodní organizace zabývající se tvorbou norem.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. - Německý ústav pro průmyslovou normalizaci.

Tab. Tabulka.

Obr. Obrázek.

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Ozubená kola</i>	14
<i>Obr. 2 Listové pružiny</i>	15
<i>Obr. 3 Kuličková a válečková ložiska</i>	15
<i>Obr. 4 Nerezové kuchyňské nástroje</i>	16
<i>Obr. 5 Obráběcí nástroje</i>	17
<i>Obr. 6 Výrobky z litiny</i>	18
<i>Obr. 7 Použití šedé litiny v automobilovém průmyslu - blok motoru</i>	19
<i>Obr. 8 Použití hliníku ve stavebnictví (okenní rámy) a potravinářství (hliníková folie - alobal)</i>	20
<i>Obr. 9 Použití mědi ve stavebnictví</i>	22
<i>Obr. 10 Schéma a ukázka řezání kyslíkem [8]</i>	25
<i>Obr. 11 Princip dělení kyslíkovým plamenem [8]</i>	26
<i>Obr. 12 Tepelně ovlivněná oblast na obrobku [6]</i>	27
<i>Obr. 13 Schéma a ukázka řezání plazmou [8]</i>	29
<i>Obr. 14 Plazmové řezání pod vodou [10]</i>	30
<i>Obr. 15 Ukázka řezání laserem</i>	32
<i>Obr. 16 Princip řezání laserem [8]</i>	32
<i>Obr. 17 Ukázka řezání vodním paprskem</i>	34
<i>Obr. 18 Schéma řezání vodním paprskem [14]</i>	35
<i>Obr. 19 Měděný a ocelový plech po obrobení vodním paprskem</i>	37
<i>Obr. 20 Pracovní oblasti metod dělení pro nelegovanou ocel [10]</i>	37
<i>Obr. 21 Pracovní oblasti metod dělení pro vysokolegovanou ocel [10]</i>	38
<i>Obr. 22 Sestava vulkanizační formy pro lisování osobních plášťů</i>	43
<i>Obr. 23 Skladová zásoba plechů</i>	44
<i>Obr. 24 Dělicí stroj PIERCE Scorpion 3000</i>	45
<i>Obr. 25 Zpracování plechu tl. 55 mm</i>	45
<i>Obr. 26 Žihání vyrobených polotovarů</i>	46
<i>Obr. 27 Mechanické dokončování bočnic</i>	47
<i>Obr. 28 Mechanické dokončování patních kruhů</i>	47
<i>Obr. 29 Příklad stávajícího využití tabule 2x3 m</i>	49
<i>Obr. 30 Použitý plech se zbytkovou částí</i>	50
<i>Obr. 31 Příklad navrhované změny – tabule 2x2,55 m</i>	51

<i>Obr. 32</i>	<i>Nástřihový plán dle navrhovaného plánování – tabule 2x2,8 m</i>	53
<i>Obr. 33</i>	<i>Nástřihový plán dle stávajícího plánování – tabule 2x3 m</i>	54
<i>Obr. 34</i>	<i>Využití středu mezikruží pro SLM desky</i>	56

SEZNAM TABULEK

Tab. 4 Přehled nakupovaného materiálu

Tab. 5 Příklad evidence polotovarů

Tab. 6 Porovnání využitelnosti

Tab. 4 Ekonomické zhodnocení nákupu materiálu

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I: Inspekční certifikát 3.1 – Vítkovická ocel

Příloha II: Inspekční certifikát 3.1 – Voest Alpine ocel

PŘÍLOHA P I: INSPEKČNÍ CERTIFIKÁT 3.1 – VÍTKOVICKÁ OCEL

INSPEKČNÍ CERTIFIKÁT 3.1 EN 10204:2004 INSPECTION CERTIFICATE, ABNAHMEPRÜFZEUGNIS, CERTIFICAT DE RÉCEPTION		A33
--	--	-----

VÍTKOVICE STEEL
 A01 A02 VÍTKOVICE STEEL, s.r.o.,
 Mirovská Ostrava, Českobratrská 332/146, PSČ 702 00
 ČESKÁ REPUBLIKA

A03 Číslo dokumentu, No. N: **35305/2014**
 Z03 Datum, Date: **20.10.2014**
 Strana, Page, Seite: **1 / 2**

A09 Odběratel/příjemce, Customer/Erzueger, Besteller/Empfänger, Acheteur/Bestimmung		A06 Číslo zakázky výrobce, Manufacturer's work order No., Verbandsnummer, Numéro de la commande de l'usine productrice	
UnionOcel, s.r.o.		970752/2014	
Bavorská 2780/2		A07 Číslo objednávky/příjemce, Purchaser's order No., Kundenbestellnr., Numéro de la commande du client	
15500		127952/038	
Praha 5 - Stodůlky CZ		014-05405	
A12 Auto s. Adresa, Auto No., Adresa, Adress, No.,	B14 Váha s. Weight No., Wässon N.,	B15 Hmot. Ad. mass, In-Masse, Masse, etc.	
124873	335447280744	25 257 kg	

Výrobce prohlašuje, že je certifikován podle bodu 4.3 Přílohy I PED 97/23/EC a podle EN-10204:2004. Hersteller erklärt, dass er sich verpflichtet, die Fertigung zu bescheinigen. The Manufacturer declares that it is certified by the notified body TÜV NORD ag No. 0045 according to Article 4.3, Annex I of PED 97/23/EC and acc.to AD-2000.	
A04/ Číslo výrobce, Manufacturer's work order No., Verbandsnummer, Numéro de la commande de l'usine productrice	
65-3000-5500 mm	
25 257 kg	
3 plates	
S355J2+N	
S355J2+N	
EN 10025-2/2005	
EN 10029 B/N	
EN 10163-2, B/3	
AD-2000 W1	

B14 Tvarba s. Heat No., Schmelze Nr., No de la coulée	C07	B09 Počet ks. No. of pieces, Stückzahl, No de pièces	C00 Identif. Identification, Identifizierung, Identificación	C01	Zkouška tahem, Tensile test, Zugversuchtest, Essai de traction										Zkouška nárazu v ohybu [J], Impact test [J], Kerbschlagversuchtest [J], Essai de résilience [J]			
					C02	C03	C04	C10	C11	C13	C11	C12	C13	C02	C03	C40/C41	C42	C43

29470	Y	1	395609	A	T	20	C	ReH	A5	339	541	31.3	L	-20	KV ₂	10	58	114	114	95
29472	Y	1	395606	A	T	20	C	ReH	A5	409	561	31.4	L	-20	KV ₂	10	64	85	91	80
		1	395607	A	T	20	C	ReH	A5	381	557	31.0	L	-20	KV ₂	10	99	65	83	82

C01-C02 Chemical composition (%)															
heat	C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Ti	Al	N	Nb	CEV
29470	0.188	1.460	0.360	0.020	0.003	0.040	0.030	0.070	0.007	0.007	0.002	0.020	0.005	0.001	0.45
29472	0.187	1.490	0.370	0.020	0.003	0.020	0.020	0.080	0.005	0.007	0.002	0.024	0.005	0.001	0.46

B09 Identification of the product			
heat	test	plates	
29470	395609	121151	001
29472	395606	121146	001
	395607	121145	001

Control of dimensions and results of surface inspection : without objection.
 Messkontrolle un Oberflächenbeschädigung : ohne Beanstandung.
 Contrôle de dimensions et contrôle visuel de surface : sans défauts.

B06/ Značení výrobce, Marking of the product, Kennzeichnung des Erzeugnisses, Marquage du produit.
 Vlivetek, Flecht, Tarvba, Jakkost, Zkouška / Roiled product No., Plate No., Heat No., Quality, Test No.,
 Witzstähle, Blech, Schmelzen, Qualität, Probe.

Radioisotope activity of the material did not exceed the value 100 Bq/kg. We guarantee US quality acc. to EN 10160 cl.S1.

Die radioisotopische Aktivität des Materials hat nicht den Wert von 100 Bq/kg überschritten.
 Wir garantieren eigenschaften nach US-prüfung nach EN 10160 Klasse S1.

Z01 Prohláškujeme na svou vltábnou odpovdnost, že zaveden výrobky na níd se vztahuje toto prohlášení. Je-li uvedeno v předpisu, že jsou specificky uprání smlouvy a je na výrobky vydáno Prohlášení o vlastnostech de referencí EU 2.365/2011 o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých článků, ve změní požadavků předpisy a razítkem vlády 2.190/2012 Sb.
 Da wir hiermit auf unsere ausschließliche Verantwortung erklären, dass die hier angeführten Erzeugnisse auf die sich diese Erklärung bezieht, entsprechen den im Kaufvertrag spezifizierten Vorschriften.
 Thereby we declare to our exclusive responsibility that the mentioned products to which this declaration is in accordance with regulations, which are specified by the contract.

A04/ Značka výrobce: Manufacturer's mark: Zeichen des Herstellers: Marque du producteur.	 Inspector's Stamp: Zeichen des Sachverständigen: Poisson de réception:	Z01 Ověření přetvoř Z02 Rázová zátěžová kontrola	 VITKOVICE STEEL Mirovská Ostrava Ing. Josef Štěpánek autorizovaný agent autorizovaný kontrolní úřad notářský osvědčený úřad
---	---	---	---

Značka / Inspector /
 Průfer / L'expert de l'usine

PŘÍLOHA P II: INSPEKČNÍ CERTIFIKÁT 3.1 – VOESTALPINE OCEL

Dicktolln. n. EN 10029/10 Tab.1 Klasse B / Thickness tolerance acc. EN 10029/10 tab.1 class B. EN10163-2: Klasse B3 - Reparaturschweißung nicht erlaubt / EN10163-2: Class B3 - Repair-welding not permitted.																
Chemische Zusammensetzung (Schmelzanalyse) - Chemical composition (Heat analysis)																
B07 Schmelze Heat No.	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Ni	Mo	Cu	V	Nb	Ti	N	B	Ca
Sollwerte >=																
Set values <=	.220	.550	1.600	.025	.0250					.550						.47
755741	.156	.385	1.500	.009	.0006	.036	.174	.040	.004	.025	.004	.017	.002	.0043	.0002	.45
C9 - Ergänzende Angaben - Supplementary information Ca: C+(Mn/6)+(Cr+Mo+V)/5+(Ni+Cu)/15																
Ergebnisse der Prüfungen - Test results: C10-C29 Zugversuch nach EN ISO 6892-1 - C10-C29 Tensile Test acc. EN ISO 6892-1																
B07 Schmelze Heat No.	C41 Breite Width	C01 Prüf- SpThickn mm	C01 Lage- PosTh. loc.	C02 Lage- Dir Dir	C11 Reh Reh	C12 Rp0,2 Rp0,2	C12 Rm Rm	C12 L0 L0	C12 A A	C13 E E						
Sollwerte >=						325	325	470	20.0							
Set values <=						630										
755741	Ø	10.01	F	V	Q	400	389	553	A5	35.6						
PrDicks;SpThickn: Proben Dicke; specimen thickness C01;Prüf;loc.: F: Fuss;Bottom LageDicke;PosTh.: Probenposition über Dicke;Pos Thickness V: 4 C02;Lage;Dir: Q: quer;transverse C12; Rm: Zugfestigkeit;Tensile Strength L0: Messlänge;gauge A5: Länge = 5.65 * sgr (Fläche) mm;Length = 5.65 * sgr (area) mm C13;A;E: Bruchdehnung;elongation																

voestalpine Grobblech GmbH **A02** **Abnahmeprüfzeugnis** **Inspection certificate** **EN 10204 - 3.1**

Seite 1 von 4
Page 1 of 4
Zur 30-04-2015
Datum Date

voestalpine-Straße 3
4020 Linz, Austria
www.voestalpine.com/grobblech

A03 Bestellungs-Nr. Document number	Q0409322	A08 Auftrag-Nr. Order.No.	4540735	A07 Best.Dat. OrderDat.	14-11-2014	Verhanddatum Date of dispatch	30-04-2015	4F
A06 Besteller Customer	Unionocel s.r.o. Bavorska 2780/2 C2-15500 PRAHA 5 STODULKY	B01 Fabrikat Product	Wärmegewalzte Erzeugnisse aus Baustählen hot rolled plates of structural steels	B02 Werkstoff Material	S355J2+N	B03 Norm Standard	EN 10025-2 + EN 10025-1	: 2004
A07 Best.Nr. OrderNo.	014-07439	B04 Lieferzustand Delivery condition	normalisierend gewalzt normalized rolled					
A06 Empfänger Consignee	Unionocel s.r.o. Bavorska 2780/2 C2-15500 PRAHA 5 STODULKY	B03 - Zusätzliche Anforderungen - Supplementary requirements AD 2000-MBL-W1						

Auf eine Gegenzeichnung durch die zuständige technische Überwachungs-Organisation kann auf Grund der Schreiben des TÜV-Bayern vom 1969-06-23 und 1971-11-25 verzichtet werden.
The countersignature by the competent Third Party Inspection may be waived because of the letters from TÜV-Bavaria dd 1969-06-23 and 1971-11-25.
Z01 - Beschichtung und Maßprüfung: keine Beanstandung Die Ergebnisse der durchgeführten Prüfungen entsprechen den Vorschriften.
Z01 - Visual Examination and dimensional checking: satisfactory. The results of tests performed are in compliance with the requirements.

Umfang der Lieferung - Detail of supply									
B07 Schmelze Heat No.	B06 Blech-Nr Plate No	Dimensionen - Dimensions		B08 Stück Piece	B12 Brutto Gross	B13 A09 Netto Net	A09 Lief-Nr Del.No	Sachnummer reference no.	
		B09 Fos From	B10 Dicke Thickness	B11 Länge Length					
		mm	mm	mm	kg	kg	130	42	
755741	287294/1	100	65,00	3000,0	12000	1	18.643	82691	
Summen - Sum					1	18.643			
C70 - Erschmelzungsverfahren - Stranggussmaterial: LD-Verfahren mit Vakuumbehandlung, Stahl ist voll beruhigt. - Method of steelmaking: strand casted material: pure oxygen blown with vacuum treatment; steel is fully killed.									
B14 - Ergänzende Angaben - Supplementary information Tol. n. EN 10029/10 / Dimensional tolerances acc. EN 10029/10 Normalen nach EN 10029/10 Klasse N / Flatness acc. EN 10029/10 class N									

Ergebnisse der Prüfungen - Test results: C40-C49 Kerbschlagbiegeversuch nach EN ISO 148-1 - C40-C49 Impact Test acc. EN ISO 148-1													
B07 Schmelze Heat No.	C40 Pf shape	C01 Prüf- loc.	C02 Lage- PosTh. loc.	C03 Lage- Dir Dir	C42 Temp Temp	C43 EW EW	C43 EW EW	C43 MW MW	C43 SV SV	C43 AV AV			
Sollwerte >=					°C	J	J	J	J	J			
Set values <=						-20	28	28	28	40			
755741	CV 10x10	F	V	L	-20	215	236	223	225				
C40;Pf;shape: CV 10x10: Probenform , Abmessung/Test shape , Dimensions C01;Prüf;loc.: F: Fuss;Bottom LageDicke;PosTh.: Probenposition über Dicke;Pos Thickness V: 4 C02;Lage;Dir: L: längs;longitudinal C42;EW;SV: Einzelwert;single value C43;MW;AV: Mittelwert;average value													

Anmerkungen - Remarks
Ultraschallprüfung gemäß EN 10160, EN 10160 Qualitätsklasse S1 /Flaeche, Raster 200 mm, EN 10160 Qualitätsklasse E1 /Randzone, Randzone 75 mm : Bedingung erfüllt
Ultrasonic examination acc. to EN 10160, EN 10160 class S1/Body, Grid 200 mm, EN 10160 class E1/Edge Zone, Edge zone 75 mm : satisfactory
Wir bestätigen, dass die oben angeführte Lieferung den Bestellvorschriften (Normvorschriften) entspricht.
Die Unterschrift des Abnahmebeauftragten der voestalpine Grobblech GmbH wird durch eine elektronische Unterschrift ersetzt, da die Atteste bei voestalpine Grobblech GmbH mittels eines geeigneten Datenverarbeitungssystems erstellt werden (EN 10204, Pkt.5).
We confirm that the above-mentioned delivery corresponds to the order (and standard).
The signature of the inspection representative from voestalpine Grobblech GmbH is substituted by a electronic Signature, because the certificates of voestalpine Grobblech GmbH are prepared by a suitable data processing system (EN 10204, Pt.5).