

# OPTIMALIZACE VÝROBY ZVEDACÍHO RÁMU

Bc. Jan Smolka

---

Diplomová práce  
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Jan SMOLKA  
Osobní číslo: T10553  
Studijní program: N 3909 Procesní inženýrství  
Studijní obor: Řízení jakosti  
  
Téma práce: Optimalizace výroby zvedacího rámu

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární rešerši poznatku na dané téma.
2. Proveďte analýzu současného stavu výroby zvedacího rámu ve firmě Stoecklin s.r.o.
3. Navrhněte a rozpracujte možnosti vedoucí ke zvýšení produktivity a kvality zvedacího rámu
4. Zhodnocení a závěr

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Dillinger.J, *Moderní strojírenství*, Praha 2007, ISBN 978-80-86706-19-1

Jurko J, Lukovics I., *Obrábateľnosť materiálov*, Zlín 2008, ISBN-978-80-7318-736-1

Humár A., *Materiály pro řezné nástroje*, Praha 2009, ISBN-978-80-254-2250-2

Ptáček L. a kolektiv, *Nauka o materiálu*, Cerm Brno 2003, ISBN-80-7204-283-1

Vedoucí diplomové práce:	prof. Ing. Ivan Letko, CSc. Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání diplomové práce:	13. února 2012
Termín odevzdání diplomové práce:	18. května 2012

Ve Zlíně dne 4. dubna 2012

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
děkan



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

## **P R O H L Á Š E N Í**

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 <sup>1)</sup>;
- 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 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> 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 <sup>3)</sup> 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.....

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 nevydělečně 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 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 vzdělávacímu 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 výdělků 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 přihlédne k výši výdělků dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Cílem diplomové práce je zanalyzovat materiálový tok výroby vybraného finálního výrobku a navrhnout zlepšení řízení výroby. Teoretická část je zaměřena na základní charakteristiky jednotlivých výrobních procesů používaných při výrobě zvoleného dílce, jako je obrábění, svařování, výstupní kontrola. V praktické části je popsán současný výrobní proces a navrhované opatření vedoucí k vyšší produktivitě práce a zlepšení kvality zvoleného dílce, v tomto případě zvedací konstrukce.

Teoretické poznatky byly aplikovány na výsledky dosažené ve společnosti Stoecklin

Klíčová slova: optimalizace, výroba, výrobní proces, výrobní operace, jakost

## **ABSTRACT**

The aim of this dissertation is to analyse the material flow of production of chosen final product and to propose ways for improving production management. The theoretical part is focused on the basic characteristics of individual manufacturing processes used in the production of a chosen part, such as shaping, welding, quality control. The practical part describes current manufacturing processes and proposed measures that would lead to higher work productivity and an improvement in quality of the chosen part, in this case a lifting construction.

Theoretical knowledge has been applied to results achieved by Stoecklin.

Keywords: optimisation, production, manufacturing, processes, manufacturing operation quality.

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

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce prof. Ing. Ivanu Letkovy CSc. za velmi ochotný přístup a cenné připomínky a rady, kterými přispěl k vypracování této práce. Dále bych rád poděkoval společnosti Stöcklin a jmenovitě paní Věře Novákové za přívětivý přístup a ochotu poskytnout pro práci nezbytné údaje.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 SVAŘOVÁNÍ</b> .....	<b>12</b>
1.1 SPECIFIKACE POSTUPU SVAŘOVÁNÍ .....	12
1.2 METODY SVAŘOVÁNÍ .....	12
1.2.1 Tavné svařování .....	13
1.2.2 Svařování plamenem .....	14
1.2.3 Obloukové svařování.....	14
1.2.4 Svařování laserem .....	16
1.2.5 Svařování plazmou.....	17
1.3 PŘEHLED PŘÍDAVNÉHO MATERIÁLU .....	18
1.4 OCHRANNÉ PLYNY .....	20
<b>2 OBRÁBĚNÍ</b> .....	<b>22</b>
2.1 ZÁKLADNÍ POJMY .....	22
2.1.1 Soustružení .....	22
2.1.2 Frézování.....	23
2.1.3 Vrtání.....	24
2.2 OBRÁBĚNÍ NA KLASICKÝCH OBRÁBĚCÍCH STROJÍCH .....	25
2.3 OBRÁBĚNÍ NA CNC OBRÁBĚCÍCH STROJÍCH .....	26
2.3.1 Struktura NC systémů .....	27
2.3.2 Programování .....	27
2.4 MOŽNOSTI HOSPODÁRNÉHO POUŽITÍ CNC STROJŮ VE VÝROBĚ .....	29
2.5 MATERIÁLY PRO ŘEZNÉ NÁSTROJE .....	30
2.5.1 Slinuté karbidy .....	31
2.5.2 Supertvrdé řezné materiály.....	33
2.5.3 Cermety .....	34
<b>3 VÝSTUPNÍ KONTROLA</b> .....	<b>36</b>
3.1 MECHANICKÉ ZKOUŠKY .....	36
3.1.1 Zkouška tahem .....	37
3.1.2 Zkouška pevnosti v ohybu rázem metodou Charpy .....	38
3.2 HODNOCENÍ TVRDOSTI .....	39
3.2.1 Hodnocení tvrdosti materiálu podle Rockwella .....	39
3.2.2 Hodnocení tvrdosti materiálu dle Brinella .....	40
3.2.3 Hodnocení tvrdosti materiálu dle Wickerse .....	41
3.3 HODNOCENÍ KVALITY SVÁRŮ.....	42
3.3.1 Zkouška prozářením .....	44
3.3.2 Zkouška ultrazvukem .....	44
3.3.3 Vizuální kontrola svárů .....	45
3.3.4 Kapilární zkouška svárů .....	47
3.3.5 Světelná mikroskopie .....	48



<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>49</b>
<b>4</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>50</b>
4.1	POPIS ZVEDACÍHO RÁMU .....	51
4.2	POUŽITÝ MATERIÁL PRO VÝROBU ZVEDACÍHO RÁMU .....	52
4.2.1	Ocel 11373 .....	52
4.2.2	Ocel 11343 .....	52
<b>5</b>	<b>OPTIMALIZACE OBRÁBĚNÍ ZVEDACÍHO RÁMU .....</b>	<b>54</b>
5.1	OBRÁBĚNÍ NA KONVENČNÍ HORIZONTÁLNÍ FRÉZCE W1000.....	54
5.2	OBRÁBĚNÍ NA HORIZONTÁLNÍM OBRÁBĚCÍM CENTRU FELLER .....	55
5.3	SROVNÁNÍ OPERAČNÍCH ČASŮ NA KONVENČNÍ HORIZONTÁLNÍ FRÉZCE W1000 A HORIZONTÁLNÍM OBRÁBĚCÍM CENTRU FELLER 1000 .....	56
5.3.1	Stanovení optimálních řezných podmínek pro obrábění zvedacího rámu.....	56
5.4	SROVNÁNÍ DRSNOSTI POVRCHU PO OBROBENÍ NA KONVENČNÍ HORIZONTÁLNÍ FRÉZCE A CNC FRÉZOVACÍM HORIZONTÁLNÍM CENTRU FEELER 1000.....	58
5.5	VÝSLEDEK A SHRNUÍ OPTIMALIZACE OBRÁBĚNÍ ZVEDACÍHO RÁMU .....	62
<b>6</b>	<b>OPTIMALIZACE SVAŘOVÁNÍ ZVEDACÍHO RÁMU .....</b>	<b>64</b>
6.1	POPIS OCHRANNÝCH PLYNŮ C8 A C18 .....	65
6.2	KAPILÁRNÍ ZKOUŠKA SVAROVÝCH SPOJŮ POMOCÍ DEFEKTOSKOPICKÉ BARVY.....	67
6.3	HODNOCENÍ SVÁRU OCHRANNÝM PLYNEM C8 A C18 POMOCÍ MIKROSTRUKTURY.....	69
6.4	VÝSLEDEK A SHRNUÍ OPTIMALIZACE SVAŘOVÁNÍ ZVEDACÍHO RÁMU.....	71
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>72</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>74</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>76</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>77</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>79</b>

## ÚVOD

Každý podnik, který působí v konkurenčním prostředí musí neustále hledat nové rentabilnější a produktivnější technologické postupy při výrobě součástí. Rozhodování je potřeba přizpůsobit neustále probíhajícím změnám tak, aby podnik neztratil na trhu své postavení, nebo aby své postavení upevnil a tím pádem se stal konkurenceschopným.

Znamená to adekvátně měnit a využívat stále nových a jednoduchých metod, díky kterým se podnik stane pružným a bude moci vyhovět přáním i těch nejnáročnějších zákazníků.

Tato diplomová práce bude zaměřena na optimalizaci výroby v daném podniku. Cílem diplomové práce bude zanalyzovat materiálový tok výroby vybraného finálního výrobku a navrhnout zlepšení řízení výroby.

Teoretická část bude zaměřena na svařování, obrábění a také na metody výstupní kontroly. V praktické části bude nejprve popsán finální výrobek, na kterém se optimalizace výroby bude uskutečňovat. Poté bude provedena jeho celková analýza a následně bude popsán návrh nového výrobního procesu produktu, který přinese do podniku větší zisk. Snahou u tohoto produktu bude zjistit, na kterém stupni výroby resp. při které výrobní operaci vzniká největší zmetkovitost a proč a následně navrhnout nápravné opatření, aby se procento zmetkovitosti snížilo.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 SVAŘOVÁNÍ

## 1.1 Specifikace postupu svařování

Svařovací proces můžeme charakterizovat jako proces sloužící k vytvoření trvalého, nerozebíratelného spoje dvou a více materiálů. Obecným požadavkem na proces svařování je vytvoření takových termodynamických podmínek, při kterých je umožněn vznik nových vazeb. Při svařování je nutné působit tlakem nebo teplotou, nebo oběma faktory najednou. Obecně platí závislost, čím vyšší působí tlak tím méně je potřeba vnést teplo a obráceně. Tlakové svařování je označením svařování za působení převážně tlaku a tavné při působení tepla.

Svařovat lze kovové i nekovové materiály, materiály podobných i různých vlastností. Ale pro různé typy spojů a materiálů jsou vhodné jiné metody svařování. Při svařování dojde vždy ke změně fyzikálních nebo mechanických vlastností základního materiálu (spojovaného) v okolí spoje. [1]

## 1.2 Metody svařování

U všech svařovacích procesů je účelem spojit zpravidla dva až tři materiály kompaktním spojem – svarem – při působení z vnějšku dodávané energie, která překoná daný termodynamický stav látky.

Dodávanou energií může být teplo (elektrický oblouk, plamen, plasma), plastická deformace (tření, výbuch, kovářská činnost) nebo radiace (elektronové nebo iontové záření).

Při samotném svařování dochází k interakci mnoha vlivů, např. difúze, deformace, rekrytalizace, precipitace, rozpouštění a vznik nových fází, atd., jejichž existence a vývoj závisí na dané použité metodě. Po ukončení procesu svařování vzniká takový spoj, který nelze nedestruktivně rozebrat, to vše za předpokladu kvalitně provedeného svaru. Některé metody byly vyvinuty pro velmi konkrétní aplikace, zatímco jiné jsou flexibilní a pokrývají široký sortiment svářečských prací. Ačkoliv se svařování užívá zásadně pro spojování stejných i nesejných kovových částí, užívá se stále více k opravám a renovacím opotřebovaných nebo poškozených součástek. [7]

Roste také počet aplikací pro "navarování" nových součástek, jejichž výsledkem je povrch odolný proti korozi, otěru, nárazu a opotřebení. V těchto případech se pomocí svařování ukládá vrstva vhodného materiálu na levnější nebo houževnatější základní kov. [2], [7]

### 1.2.1 Tavné svařování

Tavné svařování lze charakterizovat jako postup, kdy se přivádí energie pouze ve formě tepla a ke spojení materiálů dochází při jejich roztavení v tzv. svarové lázni. Nejvýznamnějším zástupcem, co do rozsahu používání, je svařování elektrickým obloukem.

Roztavený kov má tendenci reagovat s prvky obsaženými v okolní atmosféře, zejména kyslíkem a dusíkem nebo znečištěním na svarové ploše.

Pro ochranu před vlivem prvků v atmosféře se používají takové způsoby, které zabraňují těmto nežádoucím plynným prvkům v reakci se svarovou lázní.

U některých metod se používá ochrana záměrně dodávaným plynem, plynem vytvořeným během svařování, nebo tavidlem, které omezují přístup vzduchu ke svarové lázni.

Nečistoty ve svarové lázni se rafinují struskou, vzniklou reakcí záměrně dodávaných tavidel a nežádoucích prvků. Rozmanitost metod tavného, zejména obloukového svařování je dána vhodností každé jedné metody pro různé druhy svařovaných materiálů, typů spoje, poloh při svařování a pro požadovaný kvantitativní výkon svařování, kvalitu svaru, velikost vnitřních pnutí a deformací. [7]



Obr. 1 Tavné svařování [15]

### 1.2.2 Svařování plamenem

Svařování plamenem též nazývané svařování autogenem je historicky starší metodou než svařování obloukové. Zdrojem tepla u plamenového svařování je spalování hořlavého plynu ve směsi s kyslíkem, případně vzduchem.



Obr. 2 Svařování plamenem [15]

Zdrojem tepla plamenového svařování je spalování hořlavého plynu ve směsi s kyslíkem nebo vzduchem. Pro svařování se nejčastěji používá směs acetylenu a kyslíku, protože tato směs ve správném poměru umožňuje dosáhnout teploty plamene až okolo 3200 °C, která je dostatečná i pro svařování ocelí. Jako hořlavý plyn lze využít pro svařování i vodík nebo propan, ale teplota plamene je nižší. U směsi kyslíku a vodíku nebo propanu může dosáhnout maximálně 2500 °C. To stačí ke svařování kovů s nižším bodem tavení jako je hliník, hořčík nebo olovo. Ve směsi s kyslíkem se další hořlavé plyny, např. propan, butan nebo metan používají spíše pro pájení, tepelné zpracování svařenců a pro čištění povrchů plamenem. Přestože se jedná o jednu z nejlevnějších metod svařování, její význam ustupuje a v současné době se používá zejména v opravárenství, při renovacích, při klempířských a instalatérských pracích apod. [1]

### 1.2.3 Obloukové svařování

**Obloukové svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře.**

Tato metoda patří k nejčastějším a nejrozšířenějším svařovacím metodám při výrobě strojních součástí, tlakových nádob, stavebních konstrukcí, potrubí apod.

Při obloukovém svařování tavící se elektrodou jsou elektrický oblouk a oblast sváru chráněny před atmosférou vrstvou ochranného plynu přiváděného z vnějšího zdroje. Protože je podávání svařovacího drátu i průtok ochranného plynu mechanizován, není metoda příliš náročná na zručnost svářeče a lze ji velmi dobře využít i v automatizovaném nebo robotizovaném provozu.

Pro svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře se používají *svařovací zdroje* s plochou statickou charakteristikou. Pro svařování ocelí se používá většinou stejnosměrný nebo střídavý proud s nepřímým zapojením elektrody, tj. elektroda je zapojena ke kladnému pólu. Pro svařování hliníku a jeho slitin se používá střídavý proud. *Podavač svařovacího drátu* je mechanické zařízení, které ze zásobníku či cívky odvíjí svařovací drát a přes kladkový mechanismus (jedno, dvou nebo čtyř-kladkový) jej suně multifunkčním kabelem do svařovacího hořáku.

Kvalitu svarů ovlivňuje základní i přídavný materiál, ochranné plyny, klimatické podmínky svařování, technologický postup a v neposlední řadě lidský faktor.

Mezi nejrozšířenější technické plyny patří argon, acetylen, CO<sub>2</sub>, dusík, helium.

Obloukové svařování v ochranném plynu má řadu modifikací lišících se druhem použitého ochranného plynu a přídavného materiálu. [3]

### **Obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním plynu MIG**

Elektroda je ve formě drátu navinutého na cívce a podávacím mechanismem je podávána do svařovacího hořáku. Ochranný plyn je většinou argon, helium nebo jejich směsi.

Metoda MIG je často používána nejen pro svařování nerez ocelí, ale i pro svařování hliníku, mědi, titanu a dalších neželezných kovů.

### **Obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu MAG**

Jedná se o svařování, kdy se elektroda taví pod ochranou přiváděného plynu, který se aktivně účastní procesu v elektrickém oblouku. Elektroda je ve formě drátu navinutého na cívce. Drát je podáván mechanismem do hořáku. Aktivní plyn je obvykle CO<sub>2</sub> nebo směsné plyny. Svařování MAG se používá ke svařování nelegovaných, nízkolegovaných a vysokolegovaných ocelí.

### **Obloukové svařování netavící se elektrodou v inertním plynu WIG**

Svařování, při kterém se používá netavící se elektroda čistě wolframová nebo s aktivující přísadou. Elektrický oblouk a oblast svaru jsou chráněny interním plynem. Podle potřeby může být použit přídavný materiál. Při této metodě svařování se přídavný materiál obvykle přidává ve formě drátu, podobně jako u plamenového svařování. Interní plyn je nejčastěji argon, helium nebo jejich směs. [12]

Při svařování netavící se elektrodou se střídavý proud používá pro Al, Mg a jejich slitiny, stejnosměrný proud pro ocel, Cu, Ti a jejich slitiny.

Metoda WIG se používá především pro svařování Cr/Ni ocelí, hliníku, titanu a dalších neželezných kovů. Použití metody WIG pro svařování uhlíkových ocelí je neekonomické a je zde nebezpečí vzniku porů ve svárovém kovu. Proto není metoda WIG pro svařování uhlíkových ocelí používána. [4] , [3]

#### 1.2.4 Svařování laserem

Je to obdoba svařování elektronovým paprskem. Podstatou je soustředění energie elektromagnetického záření viditelného světla na malou plochu do místa sváru.

Generátorem paprsku vysoké intenzity je Laser. Z vysílače, jehož základem je xenonová výbojka a rubínový krystal, vychází mnohonásobně zesílený světelný paprsek, který je do místa sváru soustředěn čočkou. Přeměnou energie tohoto zařízení na energii tepelnou se místo dopadu sváru ohřeje na teplotu značně převyšující teplotu svařování. Svařovací parametry se dají velmi přesně nastavit.

Při pulsním svařování jsou svařovací časy 1 až 10 m.s<sup>-1</sup>. Charakter sváru podobný sváru vytvořeným elektronovým paprskem. Laser měl dosud vědecké použití, uplatňoval se většinou jen při svařování malých součástí s vysokým bodem tání.

Mezi hlavní výhody patří:

- Svařovací pochod neprobíhá ve vakuové komoře
- Ovlivnění svařovaného materiálu je minimální
- Lze svařovat metodou průchozího paprsku
- Vzájemně kombinovat materiály, které jsou jinými způsoby nesvařitelné



V současné době opouští technologické lasery oblast laboratorního výzkumu a nastává jejich prudký rozvoj. Jejich technické parametry se neustále zlepšují a to značně rozšiřuje oblast jejich technického použití. [5], [3]

### 1.2.5 Svařování plazmou

Zdrojem tepla pro natavení vzájemně spojovaných součástí úzký svazek vysokotlakého plazma o teplotě 100000 stupňů vystupující nadzvukovou rychlostí z trysky plazmového hořáku.

Plazmový oblouk je stabilní a mimořádně dlouhý, jen velmi málo se rozšiřuje, svárová lázeň je malá. Jako plazmový plyn se používá pro ocel čistý dusík, pro neželezné kovy argon a dusík. Plazmový hořák je chlazen vodou. Svařování se provádí proudem střídavým i stejnosměrným.

Vysoká hustota plazmového plynu v místě sváru umožňuje svařování průchozím paprskem, který při průchodu celou tloušťkou svařovaného materiálu současně natavuje obě plochy svařovaného dílu.

Mezi výhody plazmového svařování zejména patří:

- Malé deformace a dobrý vzhled svárů
- Ovlivnění svařovaného materiálu je minimální
- Umožňuje svařování těžkotavitelných kovů
- Umožňuje svařovat folie a součásti malých rozměrů, součásti raketové a jiné techniky
- Výhoda použití plazmového zdroje k navařování slitin. [3]



Obr. 3. Ukázka plazmového svařování [16]

### 1.3 Přehled přídavného materiálu

Přídavný materiál je materiál, který do sváru přidáváme. Přídavným materiálem pro svařování MIG/MAG je svařovací drát přiváděný do hořáku podávacím zařízením, spolu s ochranným plynem. Při svařování v ochraně oxidu uhličitého nebo ve směsi plynů obsahujících CO<sub>2</sub> nebo kyslík, musíme mít na paměti, že oxid uhličitý i kyslík jsou chemicky aktivní plyny. Systém do označování přídavných materiálů pro svařování MIG/MAG vnesla evropská norma ČSN EN 440. Tato norma stanovuje požadavky na klasifikaci drátů pro svařování nelegovaných a jemnozrnných ocelí s nejmenší mezí kluzu do 500MPa v ochraně plynů a jejich svarových kovů ve stavu po svařování.

Jako přídavný materiál se nejvíce používají dráty stejného nebo podobného chemického složení jako svařovaný základní materiál. Nejčastěji se používá drát tažený za studena o průměru 2 až 8 milimetrů. Kombinaci druhu drátu a příslušného tavidla určuje většinou výrobce spotřebního materiálu. Na kvalitě přídavného materiálu závisí i kvalita samotného hotového sváru. Ocelové svařovací dráty bývají poměděné kvůli ochraně proti korozi. Průměry svařovacích drátů odpovídají tloušťce svařovaného základního materiálu.

Pro rafinaci svarové lázně se ocelové svařovací dráty legují manganem a křemíkem. Pro svařované litiny se většinou používají tyčky z obdobného materiálu se zvýšeným obsahem grafitizačních přísad. Přídavný materiál pro měď je legován stříbrem nebo fosforem pro zvýšení svařitelnosti. Hliník pro svařovací dráty má být velmi čistý nebo legovaný titanem, pro hliníkové slitiny má chemicky obdobné složení jako základní materiál.

Pro volbu drátu je rozhodujícím ukazatelem hodnota minimální pevnosti základního materiálu a provozní parametry, ve kterých bude svařované zařízení pracovat. Hlavní zásadou je že pevnost svarového kovu má být přibližně stejná, anebo vyšší než mez kluzu nebo pevnost základního materiálu. Všeobecně se přídavné materiály volí podle pevnostních vlastností, chemického složení a svařitelnosti základního materiálu.

#### Přehled značení přídavných materiálů

- -Obalené elektrody pro ruční obloukové svařování nelegovaných ocelí: EN 499-E4631NiB54H5
- Obalované elektrody pro ruční obloukové svařování vysokopevnostních ocelí : EN 757 –E627Mn1NiBT34H5
- -Obalované elektrody pro ruční obloukové svařování žárovevých ocelí: EN1599-ECrMo1B44H5
- -Drátové elektrody, dráty a tyčinky pro obloukové svařování vysoko pevnostních ocelí tavící se elektrodou: EN 440-G463 MG3Si1
- -Drátové elektrody, dráty a tyčinky pro obloukové svařování korozivzdorných ocelí: EN12072-G20103
- -Drátové elektrody, dráty a tyčinky pro obloukové svařování vysoko pevnostních ocelí tavící se elektrodou v ochranném plynu: EN12534-G626M Mn4Ni1MoT
- -Plněné elektrody pro obloukové svařování: EN758-T4631NiBM4H5
- -Dráty pro plamenové svařování: EN 12536- OIII
- -Svařovací dráty a tavidla pro svařování pod tavidlem: EN756-S463ABS2

[7]

## 1.4 Ochranné plyny

Na volbě vhodného ochranného plynu závisí zejména hloubka závaru, šířka sváru, mechanické vlastnosti a metalurgická struktura svaru, rozstřík svarového kovu apod.

To vše má v souhrnu velký vliv na ekonomiku svařování. Jako ochranných plynů se nejčastěji používá argon, helium, oxid uhličitý, a jejich směsi.

Argon je dobře ionizovatelný, podporuje klidný a stabilní oblouk. Vytváří kvalitní závar i svár. Do čistého argonu se přidávají některé plyny, například Helium pro svařování hliníku, který zlepšuje závar a snižuje pórovitost, oxid uhličitý a kyslík při svařování oceli zlepšuje stabilitu svařovacího oblouku a přechod svárového kovu do kovu základního.

Dalším hojně využívaným plynem je helium, který je velmi netečný, velmi drahý a čistý a využívá se pouze při svařování metodou MIG, kde je třeba vysoké energie. Helium dává také teplejší svařovací oblouk. Protože je lehčí než vzduch, může být svařování ve vodorovné poloze komplikovanější. Rovněž spotřeba plynu je větší.

Oxid uhličitý je aktivní plyn bez barvy a bez zápachu. Dává pravidelný a hluboký závar, úzkou a převýšenou svarovou housenku. Používá se pro svařování nelegovaných ocelí, méně často při svařování nízkolegovaných ocelí. Používá se jako přídavný plyn. Podporuje vznik široké mírně převýšené svárové housenky, pomáhá k malému rozstříku svarového kovu, zvyšuje svařovací teplotu, kapky svařovacího kovu jsou jemné.

Mimo tyto čisté kovy se používají také směsné plyny, které vhodným mísením spojují výhody čistých plynů. Na svár také můžeme klást vyšší požadavky. V praxi se používají dvousložkové, například argon a helium, argon a kyslík, argon a dusík, nebo tříložkové argon-kyslík-dusík

Pro svařování se používá celá řada svářečských plynů a každá metoda svařování vyžaduje určitý druh plynu.

Svařování v ochranné atmosféře MIG/MAG nachází široké uplatnění pro své technicko-ekonomické výhody. Tavnou lázeň chrání před nepříznivými vlivy kyslíku a dusíku obsaženému ve vzduchu netečný, tzv. interní ochranný plyn nebo aktivní ochranný plyn anebo aktivní směs ochranných plynů.

Interní plyny argon a helium jsou velmi drahé a používají se většinou pro svařování vysokolegovaných ocelí, hliníku, speciálních slitin a barevných kovů. Tyto plyny mají obecné označení MIG.

Ocelové konstrukce a zařízení jsou vyráběny v největší míře z nelegovaných nebo nízkolegovaných ocelí. Pro svařování těchto materiálů se používá levný oxid uhličitý nebo směsné plyny, nejčastěji směs argonu a aktivního oxidu uhličitého. Tyto plyny jsou obecně označovány jako MAG.

Na složení ochranného plynu závisí i chemické složení svárového kovu, zejména pak obsah uhlíku, manganu a křemíku a tím i jeho mechanické vlastnosti. Při svařování MAG se zjistilo, že obsah prvků ve svárovém kovu, které pocházejí ze svařovacího drátu a mohou ve sloupci reagovat s ochranným plynem, závisí i na počtu kapek, které přejdou z drátu přes oblouk do tavné lázně. Na roztavený kov přídavného materiálu při svařování působí gravitace, povrchové napětí a viskozita kapky roztaveného kovu, elektromagnetické síly, síly ve směru radiálním tzv. PINCH EFEKT, sací účinek proudu plynu, tlak plynu a par kapky a jiné.

Jako příklad použití ochranných plynů pro svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí metodou MAG můžeme uvést například oxid uhličitý CO<sub>2</sub> pro svařování tenkých plechů, charakteristickou vlastností je hluboký závar a značný rozstřík. Dále se velmi často používají dvousložkové směsi Ar + CO<sub>2</sub>, ( charakteristická stabilním elektrickým obloukem, malým rozstříkem a dobrým závarem.) nebo tří-složkové směsi Ar + CO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>(Hladké a čisté sváry, vhodné pro mechanizované svařování)

V poslední době je také velmi časté použití směsných plynů. Jeden z nejpoužívanějších směsných plynů je plyn s označením **C8**, který je složen ze 92% argonu a 8% CO<sub>2</sub>, jeho použití je spíše v oblasti tenkých plechů a vyznačuje se nepatrným rozstříkem. Ještě více používaný je plyn **C18** složený z 82% argonem a 18% CO<sub>2</sub> – je to univerzálně upotřebitelný plyn pro všechny aplikace a vyznačuje se stabilním obloukem a dobrým závarem.

[7]

## 2 OBRÁBĚNÍ

### 2.1 Základní pojmy

Obrábění kovů je technologický proces, při kterém se odebráním materiálu vytváří požadovaný tvar obráběného předmětu (obrobku). Při obrábění kovů je řezná hrana velkou silou vtlačována do materiálu obrobku, který je deformován tak silně, až se odděluje ve formě třísek. Výsledkem je opracovaný povrch, který musí splňovat dané kvalitativní požadavky.



Obr. 4 Vyměnitelná břitová destička pro obrábění [17]

Mezi nejčastější způsoby třískového obrábění patří: Soustružení, kde otočný pohyb provádí obrobek, frézování kdy rotační pohyb provádí nástroj, a vrtání kde se jedná o obrábění válcových děr vrtákem kde vrták provádí všechny pohyb. [1]

#### 2.1.1 Soustružení

Soustružení je rotační třískové obrábění vnitřních nebo vnějších ploch většinou jednobřítým soustružnickým nástrojem (soustružnický nůž). Soustružením je možno obrábět vnější i vnitřní válcové plochy, provádět zarovnání čel, zápichy (vnitřní nebo vnější), upichování, řezání závitů. Obrobek musí být upnut na vřeteno, které mu dodává otáčivý pohyb. Upíná se buďto mezi hroty, kdy se otáčivý pohyb přenáší na obrobek unášecí deskou a unášečem ("srdíčko"); upínání je velmi přesné, obrobek musí být opatřen středícími důlky. Menší obrobky se upínají do soustružnické hlavy (sklíčidlo) nebo na upínací desku, nasazené (našroubované) na vřeteno. Hlavy (sklíčidla) mohou být tří- i čtyřčelist'ové a automaticky za-

jišťují vystředění obrobku. Čelisti upínací desky se pohybují nezávisle na sobě a dovolují tak upnout obrobek, který nemá válcový tvar. Upínací pohyb může být ruční, pneumatický nebo hydraulický. Obrobek lze upnout za vnitřní nebo vnější plochu.

Soustružení patří stále k nejčastěji využívanou metodou obrábění. Hlavní rotační pohyb provádí obrobek, posuvný řezný pohyb provádí nástroj. K odebrání materiálu slouží soustružnický nůž, který je buď ve formě monolitní nástroje nebo ve formě vyměnitelné břitové destičky. K eliminaci vzniku vysokých teplot mezi nástrojem a obrobkem slouží chladicí kapalina, která je přiváděná mezi obrobek a řezný nástroj. Mezi nejčastěji používané klasické soustružnické stroje patří revolverové soustruhy s revolverovou nástrojovou hlavou, hrotové soustruhy využívané pro svou možnost podepření obrobku pomocí hrotu především na rozměrově objemnější obrobky.

S klasickými soustružnickými se dnes setkáváme především v souvislosti s kusovou respektive malosériovou výrobou. V současné době dochází jako u všech typů třískového obrábění k automatizaci obráběcích strojů na CNC obráběcí stroje řízené počítačem. [1]



Obr. 5. Klasický soustruh SR50

### 2.1.2 Frézování

Frézování je strojní třískové obrábění vícebřitým nástrojem, kde hlavní rotační pohyb koná nástroj a vedlejší pohyb posuvný obrobek. U klasických frézovacích strojů se děje obráběcí proces ve 3 osách, pokud se děje ve více než 3 osách jedná se většinou o frézovací cen-

trum. Frézovací stroj se nazývá frézka, nástroj potom fréza. Frézování rozdělujeme na sou-  
sledné, kdy se nástroj posouvá ve směru spolu za stolem a obrobkem a nesousledné kde se  
tak děje opačně. [1]



Obr. 6. Klasická frézka vertikální [17]

### 2.1.3 Vrtání

Vrtání je obrábění válcových děr nástrojem- vrtákem, který koná všechny řezné pohyby  
současně. Pod pojmem vrtání zahrnujeme i zahlubování, vyhrubování a vystružování. Pro  
tyto způsoby obrábění se používá stejný stroj a nástroje se stejně upínají a konají stejný  
pracovní pohyb do řezu, ale i posuv.

Nástroj pro vrtání se nazývá vrták a je to v podstatě dvoubřítý nástroj z nástrojové oceli pro  
výrobu děr kruhového průřezu. Posuvem vrtáku ve směru jeho osy vnikají hlavní břity do  
materiálu a oddělují třísky. U vrtání rozlišujeme hlavní řezný pohyb a vedlejší pohyb po-  
suvný.

Výběr řezné rychlosti a posuvu se uskutečňuje podle obráběného materiálu a ze zkušeností.  
Jsou-li řezná rychlost popřípadě počet otáček vřetena a jeho posuv příliš vysoká, klesá ži-  
votnost vrtáku. Je namáhán na řezných hranách a špičce, břity se velmi brzy zahřívají tupí  
se a lámou. [1]



## 2.2 Obrábění na klasických obráběcích strojích

Obrábění na klasických obráběcích strojích se dnes většinou používají pro kusovou nebo malosériovou výrobu. Přesto i v dnešní době se některá výrobní pracoviště bez klasických obráběcích strojů neobejdou. Může za to stále nenahraditelná mobilita klasických obráběcích strojů jako horizontální frézka, vertikální frézka, soustruh revolverový i hrotový klasické sloupové nebo radiální vrtačky.

Tyto stroje zdaleka nedosahují produktivity srovnatelnou z CNC obráběcími stroji avšak pro kusovou výrobu nebo pro výrobu přípravků jsou plnohodnotnými náhradami. Další nevýhodou obrábění na klasických konvenčních strojích oproti CNC obrábění je kromě faktorů jako tuhost, kvalita povrchu, produktivita, rentabilita také v neposlední řadě to že CNC stroj umí oproti klasickému stroji umí koordinovat pohyb os a tím kopírovat libovolnou křivku.

Na klasických konvenčních strojích se samozřejmě dá obrábět i jiné tvary než pravoúhlé je však k tomu potřeba různých přípravků a v neposlední řadě záleží na praktických zkušenostech samotného dělníka.

Samotnou vyšší produktivitu práce na CNC strojích způsobuje několik faktorů. Jako například: výměna nástroje probíhá automaticky a je několikanásobně rychlejší. Rychloposuv tj. posuv mimo obrábění je taky několika-násobně rychlejší, možnost větší třísky při obrábění díky vyšší tuhosti stroje a možnosti použití vnitřního chlazení. [1]



Obr. 7. Klasický soustruh PV 1000 [17]

### 2.3 Obrábění na CNC obráběcích strojích

CNC obráběcí stroje jsou druhým stupněm po NC obráběcích strojích. NC obráběcí stroje je zkratkou pro číslicové řízení (NC), kdy číslicové řízení slouží k automatizaci obráběcích a jiných strojů které jsou na rozdíl od klasických strojů ovládaných ručně přes ruční kola a páky, či mechanicky ovládané vačky, obsluhovány abstraktně pomocí programových příkazů.

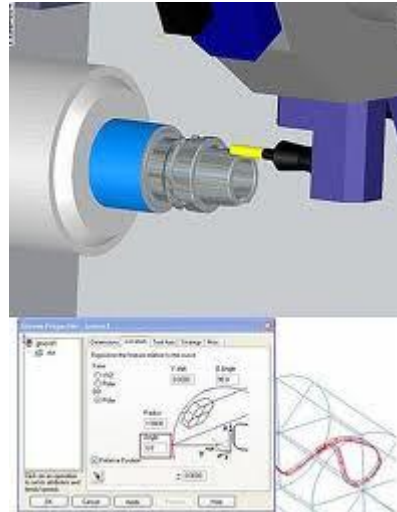
CNC obráběcí stroje ve zkratce znamená počítačově číslicově řízené stroje, které jsou vyšším stupněm číslicově řízených strojů.

Značný rozvoj strojírenské výroby v posledních třech letech v České republice vyvolal potřebu rychlého zavádění moderních strojírenských technologií. K nim neodmyslitelně patří i automatizace konstrukčního procesu a automatizace technologické přípravy výroby včetně řízení CNC technologií.

Nejdůležitějším prvkem pro usnadnění CNC obrábění je zavádění CAD/CAM systémů.

Bez CAD/CAM systémů je dnes prakticky nepředstavitelné programovat i ty nejjednodušší obrábění ve třech a více osách. CAD v překladu znamená počítačem podporované projektování. Zjednodušeně lze říct že se jedná o používání programů místo kreslicího prkna při tvorbě technologického výkresu. Mezi nejznámější CAD systémy patří : AUTOCAD, SOLIDWORKS, SOLIDEDGE, CATIA, ORCAD, PROFICAD .

CAD aplikace vždy obsahují grafické, geometrické, matematické a inženýrské nástroje pro kreslení plošných výkresů a modelování objektů a dějů reálného světa[6]



Obr. 8. Simulace obrábění – surfcam [14]

### 2.3.1 Struktura NC systémů

Každý NC systém obsahuje 3 hlavní funkční části:

1. Vstupní část – obsahuje všechny prostředky, které zajišťuje vstup informací do CNC systému, kontrolu jejich správnosti a úplnosti, dekodování a ukládání do paměti
2. Část pro zpracování informací, tj. výpočetní jednotka, která obsahuje zpravidla aritmetické a porovnávací obvody umožňující zpracování všech vstupních informací na povely pro řízení stroje.
3. Výstupní část – slouží k zesílení a k zpřístupnění signálů na úroveň potřebnou pro řízení stroje [6]

### 2.3.2 Programování

Při sestavování programu pro číslicový stroje v první řadě vždy třeba určit sled pracovních úseků, ve kterých se bude součást obrábět.

Dále se provede rozdělení přídavků na jednotlivé třísky, určí se hrubovací a dokončovací operace a řezné podmínky v jednotlivých úsecích. Potom je teprve možné přistoupit k zhotovení samotného programu. Programování s CNC řídicími systémy se dále zjednodušuje. Umožňuje to počítač vestavěný v těchto systémech. Jeho pomocí lze generovat různé vzorové a opakovací cykly, zrcadlové cykly, i zpětný chod podle souvislé dráhy. Tyto

vlastnosti CNC řídicích systémů dovolují značně zmenšit počet zadávaných parametrů v programech.

Informace potřebné k řízení všech funkcí obráběcího stroje lze rozdělit do 3 skupin

1. informace určující rozměry součásti nebo vzdálenosti otvorů tj. informace popisující dráhu nástroje vzhledem k obrobku, tyto informace nazýváme informace o geometrii obrábění,
2. informace charakterizující řídicí funkce, které řídící stroj musí vykonávat v jednotlivých fázích obrábění, jako např. velikost posuvu, otáčky vřetena, číslo nástroje apod. Jsou to informace o řezných podmínkách, které mají být použity při obrábění kusu, nazýváme je proto informace technologii obrábění.
3. Informace o pomocných funkcích, jsou to informace jako např. zapnutí a vypnutí chladicí kapaliny, zpevňování suportu, různé pomocné znaky apod. Takové údaje označujeme jako informace pomocné.



Obr. 9. Soustružnický automat MAZAK 1004V

Programování CNC systémů je velice žádaná a perspektivní oblast, na níž se v současné době klade velký důraz v průmyslové praxi. Pomocí CNC strojů v souvislosti CAD/CAM systémů lze dosáhnout vysoké kvality a přesnosti obráběných dílů.

Systemy CAD/CAM jsou dnes hlavním prostředkem pro oblast programování CNC strojů. Jejich velkou předností je značná úspora času při generování drah nástroje oproti klasickému program, zejména u komplikovaných tvarů součástí. [5]

## 2.4 Možnosti hospodárného použití CNC strojů ve výrobě

Hlavním problémem uplatnění CNC obráběcích strojů ve strojírenských podnicích rentabilní použití těchto velmi drahých strojů. Při sledování vývoje v zavádění CNC výrobní techniky do výrobního procesu lze sledovat dva základní případy použití CNC obráběcích strojů: pro automatizaci kusové a malosériové výroby a pro výrobu speciálních výrobků, které není možné nebo není vhodné vyrobit na klasických konvenčních obráběcích strojích.

Podíl kusových a malosériových výrob z celkového objemu výroby ve strojírenství je asi 70 % až 80 % a proto prostředky automatizace určené pro tento druh produkce nacházejí velmi široké uplatnění.

Ekonomicky efektivní využití CNC strojů vyžaduje, aby pro jejich činnost byly vytvořeny odpovídající podmínky.

Nejefektivnější formou využití NC obráběcích strojů je jejich použití v tzv. integrovaných výrobních sestavách, v nichž je možné částečně nebo úplně automatizovat i obslužné práce strojů. Pro integrované výrobní úseky je charakteristická automatizovaná doprava obrobků z mezioperačního, zpravidla regálového skladu na jednotlivá pracoviště a operativní řízení výroby počítačem. Lidská obsluha u strojů je však nezbytná neboť automatizace není úplná.

Hlavním znakem pružného výrobního systému je, že obráběcí stroje s meziskladem polotovarů a obrobků, ale jsou schopny pracovat bez přítomnosti lidské obsluhy.

V průběhu vývoje, tak jak dochází ke zvyšování schopností a snižování cen CNC řídicí techniky dochází i k stále častějšímu nasazování CNC řídicí techniky do středně sériové a vysoko sériové výroby. Aby byla výroba malých sérií na CNC obráběcích strojích ve srovnání s výrobou na klasických konvenčních strojích produktivní, musí být v celém výrobním procesu vytvořeny patřičné podmínky.

Příprava takových podmínek většinou vyžaduje zásah do všech sfér výrobního procesu, přičemž tyto podmínky zpětně ovlivňují koncepci pro určitý účel CNC výrobního zařízení.

S použitím číslicově řízených strojů se můžeme setkat i u speciální výrobků, které lze těžce obrobít na konvenčních strojích, protože jejich tvar je velmi komplikovaný, nebo proto že požadované tvarové přesnosti se dosáhne na konvenčních obráběcích strojích jen za předpokladu vysoké pracovní a to s vysoce kvalifikovanou obsluhou.

Pro takové případy je CNC obráběcí stroj vždy vítaným prostředkem pro zvýšení rentability a pro takové případy byly CNC obráběcí stroje také prvně použity.

Operační časy těchto strojů bývají dlouhé, a proto zde nebývají použita různá zařízení pro zkracování různých vedlejších časů ale je kladen jen požadavek bezporuchového provozu a dobré jakosti obrábění při požadované přesnosti. Tvarově složitých obrobků je však jen malé procento s celkového počtu ve strojírenství. [6]

## 2.5 Materiály pro řezné nástroje

Průmyslové podniky na celém světě používají při výrobě součástí z rozličných materiálů různé metody obrábění z nichž největší podíl tvoří soustružení, frézování a vrtání.

V současnosti jsou řezné nástroje pro strojní obrábění vyráběny z rozmanitých materiálů – od nástrojových ocelí, přes slinuté karbidy, cermety, řeznou keramiku až po super tvrdé materiály.

V současnosti ani v blízké budoucnosti nelze předpokládat vyvinutí zcela nového řezného materiálu, a proto je úsilí výzkumných týmů zaměřeno spíše na zdokonalování technologie výroby než na objevení nového řezného materiálu.

Oblasti materiálu pro řezné nástroje jsou vymezeny jejich fyzikálními, chemickými, tepelnými a mechanickými vlastnostmi.

Nástrojové materiály s vysokou tvrdostí lze použít při vyšších řezných rychlostech a malé velikosti třísky. [3]

### 2.5.1 Slinuté karbidy

Již dřívějších dob jsou známy látky, které mají vyšší tvrdost než kalené nástrojové oceli. Kvalitativní skok ve vývoji tvrdých materiálů byl zaznamenán až po využití elektrické obloukové pece roku 1897. Za největší mezník vývoje slinutých karbidů je považován vývoj jemnozrnných materiálů, které se objevily na konci 60. Let minulého století.

V roce 1973 vyrobila japonská firma Sumitomo sérii super-jemných zrnitých karbidů. V této době žádný americký nebo evropský výrobce takové materiály nenabízel.

Jedním z nejdůležitějších přínosů historického vývoje slinutých karbidů je dosažení řízeného obsahu uhlíku.

Historie výroby slinutých karbidů je zatížena nedostatkem norem, nadměrným utajováním a přílišným rozdrobováním výroby.

Rozdělení slinutých karbidů můžeme charakterizovat následujícím rozdělením do následujících norem:

- Skupina M,P - Obrábění železných kovů s dlouhou třískou.
- Skupina K – pro obrábění železných kovů s krátkou třískou.
- Skupina N – pro obrábění neželezných slitin na bázi hliníku, mědi.

V prvních aplikacích byl nový řezný nástroj vytvořen tak, že destičky ze slinutých karbidů byly pájeny do ocelových držáků. Změny v upevnění destičky v držáku se objevily v polovině 50 let minulého století. V současnosti má již drtivá většina nástrojů mechanicky upínanou vyměnitelnou břitovou destičku. [3]



Obr. 10. Zapichování-  
pomocí VBD[17]

**NEPOVLAKOVANÉ SLINUTÉ KARBIDY**

Současné povlakované slinuté karbidy pro řezné aplikace v třískovém obrábění jsou podle normy ČSN ISO 513 označovány symbolem HW a HF. Základním karbidem pro výrobu všech druhů slinutých karbidů pro obrábění je karbid wolframu, pojícím kovem je kobalt.

Tvrdé, kovům podobné látky, které jsou základem současných slinutých karbidů a cermetů, jsou tvořeny sloučeninami uhlíku, dusíku boru a křemíku. Karbidy jsou binárními sloučeninami uhlíku s elektro-pozitivnějšími prvky (kovy). Připravují se reakcí uhlíku s kovy nebo jejich oxidy interakcí zahřátého kovu s uhlovodíky nebo reakcí alkalických kovů s acetylenem v kapalném amoniaku. Podle struktury je dělíme do 4 skupin:

1. Iontové karbidy – v procesu výroby slinutých karbidů se nepoužívají.
2. Karbidy prvků skupiny železa – představují přechod mezi iontovými a intersticiálními karbidy.
3. Intersticiální karbidy – vznikají zahříváním práškového kovu s uhlíkem na vysokou teplotu
4. Kovalentní karbidy – se připravují reakcemi příslušných prvků nebo jejich oxidů s uhlíkem. [3]



### POVLAKOVANÉ SLINUTÉ KARBIDY

První povlakované břitové destičky ze slinutého karbidu pro obrábění vyrobila firma Sandvik Coromant v roce 1969. Jednalo se o materiál GC125, povlakovaný TiC o tloušťce vrstvy 4 - 5  $\mu\text{m}$ . S malým časovým odstupem následovaly povlaky typu TiN a TiCN, povlaky  $\text{Al}_2\text{O}_3$  přišly na trh v polovině 70. let. Otěruvzdorné vrstvy byly vytvářeny na podkladech z běžných SK metodou CVD, jako jedno- i vícevrstvé. Pvlaky PVD se jako otěruvzdorné vrstvy na břitových destičkách ze slinutých karbidů začaly používat na začátku 80. let. Nejužívanějším povlakem PVD byl jednovrstvý TiN.

Obvykle jsou v literatuře uváděny následující vývojové stupně povlakovaných slinutých karbidů:

1. generace : jednovrstvý povlak( téměř výhradně Tic) s tloušťkou asi 7 mikrometrů a špatnou soudržností podkladu a povlaku.
2. generace : jednovrstvý povlak( Tic, TiCN,TiN) bez eta karbidu na přechodu podklad – povlak, tloušťka až 13 mikrometrů
3. generace : Vícevrstvý povlak (dvě až tři případně i více vrstev) s ostře ohraničenými přechody mezi jednotlivými vrstvami. Nejčastěji bývají jednotlivé vrstvy řazeny v tomto pořadí ( od podkladu povrchu) : TiC- $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,TiC- TiN, TiC-TiCN-TiN, TiC – $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiN,TiCN –  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – TiN.
4. generace : speciální vícevrstvý povlak (velmi často i více 10 vrstev a mezivrstev), s méně či více výraznými přechody mezi jednotlivými vrstvami (užívají se stejné materiály) [3]

#### 2.5.2 Supertvrde řezné materiály

Pod všeobecný název super tvrdé materiály lze zahrnout dva synteticky vyrobené materiály, a to diamant a kubický nitrid boru. Protože diamant má poměrně nízkou teplotní stálost, nesmí být používán pro obrábění na bázi železa, kde by při nadměrném ohřevu docházelo k silné difúzi mezi nástrojem a obráběným materiálem a tím i k velmi rychlému opotřebení v důsledku probíhajících chemických reakcí, hlavně na čele nástroje.

Pro obrábění diamantovými nástroji je doporučováno chlazení běžnými procesními kapalinami, na které nejsou kladeny žádné speciální požadavky. Je však požadováno, aby oběhové čerpadlo bylo schopno dodávat kapalinu do místa řezu pod vysokým tlakem.

Diamant je čistý prvek, uhlík. Uhlík se vyskytuje v litosféře, hydrosféře a atmosféře jako součást velkého množství anorganických a organických sloučenin. Princip výroby syntetického diamantu z grafitu spočívá v přeměně hexagonální mřížky grafitu na kubickou mřížku diamantu, při vysokých teplotách a tlacích.

Kubický nitrid boru byl vyroben až po objevu, že hexagonální forma může být při vysokých teplotách a tlacích transformována na kubickou. Má mnohem nižší tepelnou vodivost než diamant, hodnoty součinitele délkové roztažnosti v rozsahu teplot 430 1160 jsou o něco vyšší než u diamantu. Kubický nitrid boru je extrémně stabilní na vzduchu, v dusíkové atmosféře a ve vakuu. Aby došlo k nějakým změnám musí teplota přesahovat 1400 až 1550 stupňů. [3]



Obr. 11. Vyměnitelné břitové destičky ze supertvrdeho materiálu [17]

### 2.5.3 Cermety

Název CERMET vznikl spojením tří hlásek slov ceramics (keramika) a Metal(kov) a měl by tak popisovat nástrojový materiál, jehož mechanické vlastnosti vykazují výhodnou kombinaci tvrdosti keramiky a houževnatosti kovu.

Hlavní pozornost při výrobě cermetů byla věnována zvýšení pevnosti a odolnosti proti vydrolování.

Výchozí materiály při výrobě Cermetů jsou: Molybden, Nikl, nitrid titanu, karbonitrid titanu, Technologie výroby cermetů je velmi podobná technologii výrobě běžných slinutých karbidů. Jako výchozí materiál jsou používány výše uvedené materiály, smíchané s prážky.

Přidání dusíku nebo nitridů do cermetům začátku 70. Let minulého století výrazně zvýšilo řezné výkony cermetů. Základním pojivem cermetů je nikl, ke které mu je často přidáván kobalt kvůli snížení rozpustnosti a stabilizaci karbonitridů.

Pevná vazba mezi tvrdými částicemi a pojivem je základním předpokladem pro výrobu kvalitního cermetu, protože na této skutečnosti do značné míry závisí slinovatelnost materiálu a konečné vlastnosti cermetu. [3]

### 3 VÝSTUPNÍ KONTROLA

Výstupní kontrola patří k nepostradatelným prostředkům zajištění kvality finálních produktů.

Lze také chápat jako závěrečnou kontrolu výrobků a dílců podle specifikací před expedicí nebo předáním zákazníkovi. Rozsah výstupní kontroly a zkoušek je stanoven v technických podmínkách smlouvy. Kontrole jakosti jsou podrobeny všechny smluvně požadované parametry.

Stále zvyšování výkonnosti a snižování hmotnosti strojů klade vysoké požadavky na jakost hutního materiálu. Se zvyšováním nároku na materiál je nerozlučně spjata i jeho zkoušení.

Materiálové zkoušky slouží nejen výrobcům ke kontrole jakosti výrobku, ale jsou nepostradatelné i pro odběratele, kteří se musí přesvědčit, byl-li jim skutečně dodán materiál, který požadovaly.

K nejdůležitějším zkouškám patří zkoušky mechanické. Jejich pomocí se zkoumá pevnost materiálu při různém způsobu zatížení.

Výsledky mechanických zkoušek jsou důležitým podkladem pro výpočet pevnostních konstrukcí. Zvláštní skupinou zkoušek jsou zkoušky technologické. Neslouží přímo k zjišťování pevnosti, ale napodobují výrobní postup a umožňují posoudit, je-li materiál vhodný pro určitý druh zpracování. [1]

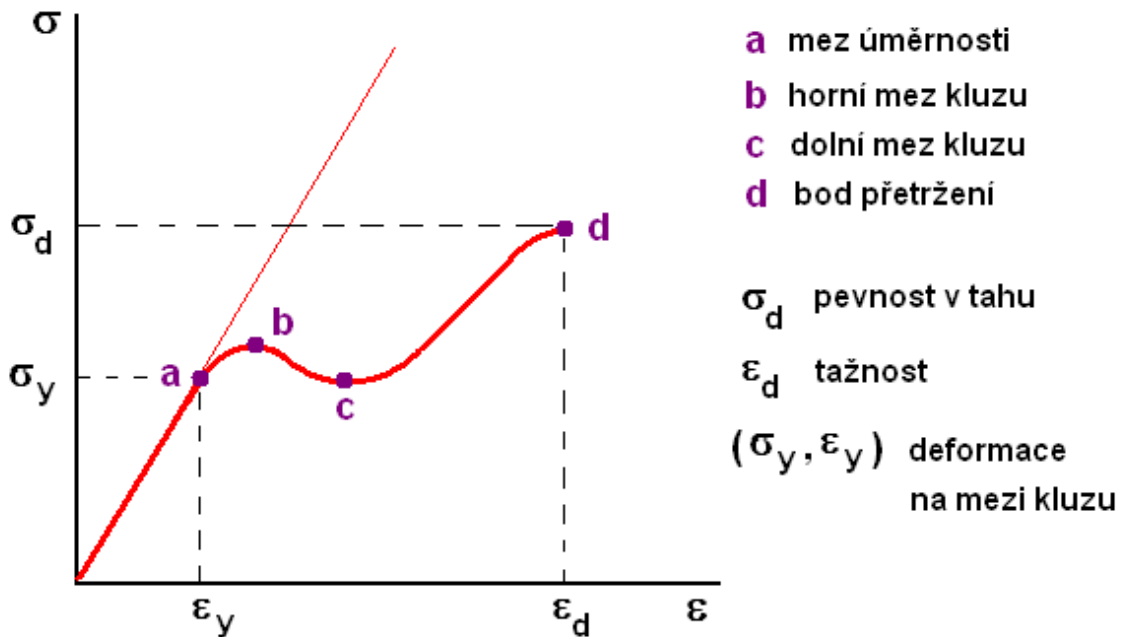
#### 3.1 Mechanické zkoušky

Mezi nejpoužívanější mechanické zkoušky patří zkouška tahem, zkouška lámavosti, zkouška rázem v ohybu. Podle druhu působícího namáhání dělíme mechanické zkoušky na zkoušky :

- Tahem
- Tlakem
- Krutem
- Stříhem
- Ohybem

### 3.1.1 Zkouška tahem

Podstatou zkoušky tahem je plynulé zatěžování zkušební tyče, odebrané napříč svárového spoje až do přetržení. Mechanické vlastnosti získáme z grafického záznamu tahové zkoušky z grafického záznamu tahové zkoušky, tzv. pracovního diagramu.



Obr. 12. Pracovní diagram zkoušky tahem[6]

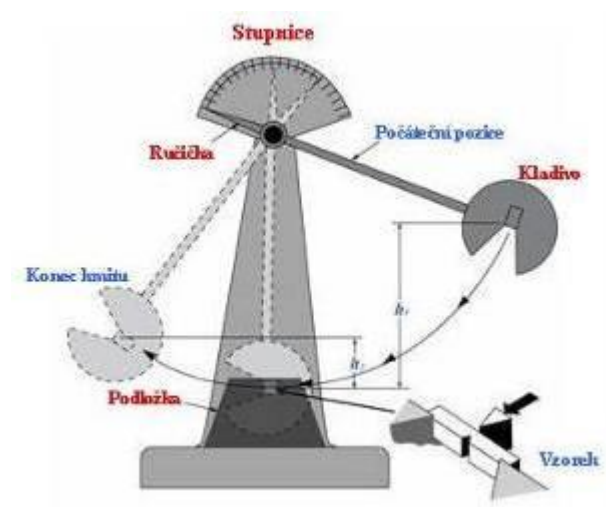
U nelegovaných ocelí s nízkým obsahem uhlíku se na počátku plastické deformace objevuje úsek podstatně rychlejšího prodlužování tyče, který je možno lehce odečíst. Příslušné napětí nazýváme mez kluzu. Dlouhodobou praxí je zaužíváno udávat horní mez kluzu. Při dalším zvyšování napětí deformace postupuje stále rychleji, až dosáhne mez pevnosti, což je největší napětí, které se při zkoušce zjistí. Tyč se pak počne v některých místech zužovat, až dojde k přetržení.

U některých materiálů, u nichž se výrazná mez kluzu neprojevuje, se zavádí smluvní mez kluzu 0,2. Je to napětí, které na zkušební tyči vyvolá trvalé prodloužení 0.2% původně měřené délky tyče. S prodlužování zkušební tyče dochází k jejímu zúžení v místě přetržení tzv. kontrakci. [1]

### 3.1.2 Zkouška pevnosti v ohybu rázem metodou Charpy

Rázové zkoušky patří mezi zkoušky dynamické. Slouží k určení množství práce nebo energie, které je potřebné na porušení zkušební vzorku. Zkouší se nejčastěji jedním rázem, kdy na porušení zkušební tyčky se použije najednou větší množství energie. Rázem lze zkoušet pevnost v tahu, krutu, ohybu nebo tlaku.

Nejpoužívanější zkouškou této skupiny je zkouška pevnosti v ohybu rázem. Je velmi dobrým ukazatelem rázové houževnatosti a křehkosti materiálu. Provádí se nejčastěji na Charpyho kyvadlovém kladivu.



Obr. 13. Charpyho kladivo [18]

Těžké kladivo, otočné kolem osy se zdvihne a upevní v počáteční poloze. V nejnižší poloze kladiva se umístí ve stojanu kyvadlového kladiva zkušební tyč ze zkoušeného materiálu. Po uvolnění z počáteční polohy se kladivo pohybuje po kruhové dráze, narazí na zkušební tyč, přerazí ji a vykývá do výchozí polohy. Tato poloha je nižší než poloha počáteční, protože na přeražení zkušební tyče se spotřebovala určitá práce. [1]

### 3.2 Hodnocení tvrdosti

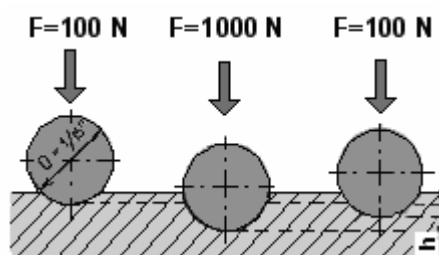
Zkoušky tvrdosti jsou jedny ze základních metod pro hodnocení materiálu. Pro různé materiály z hlediska tvrdosti jsou používány různé přístupy různá velikost zatěžovací normálové síly, různá volba velikosti proniknutí indentoru do měřeného materiálu, a také různá volby vyhodnocení materiálu.

Samotné hodnocení tvrdosti, mikrotvrdosti a nanotvrdosti je ovlivněno celou řadou faktorů.

Z pohledu materiálových charakteristik, geometrických tvarů a velikosti normálových sil rozlišujeme základní zkoušky tvrdosti na zkoušku tvrdosti například dle Brinella, Rockwella, Wickerse apod. Hodnocení tvrdostních charakteristik materiálu je ovlivněno odolností proti vnikání indentoru. Při vnikání indentoru dochází také k poruše soudržnosti materiálového systému a může také docházet ke vzniku trhlin. Mezi další zkoušky tvrdosti patří zkoušky- Martens, shoore, knoop a jiné. [7]

#### 3.2.1 Hodnocení tvrdosti materiálu podle Rockwella

Tvrdost podle Rockwella (ČSN 420373) se zjišťuje na tzv. Rockwellově tvrdoměru jako rozdíl hloubky vtisku indentoru (vnikacího tělesa) mezi dvěma stupni zatížení (zatížení předběžné a celkové). Jako indentor (vnikací těleso) je používána ocelová kulička nebo diamantový kužel. Volba rockwellovy stupnice tj. volba indentoru závisí na předpokládané tvrdosti zkoušeného Materiálu.



Obr. 14. Hodnocení tvrdosti podle Rockwella  
při použití ocelové kuličky [18]

Ocelová kulička dotýkající se povrchu zkoušeného předmětu se nejprve předběžně zatíží silou 100 N, potom se pozvolna zvětšuje zatěžovací síla až na 1000 N a v poslední fázi

zkoušky se zatěžovací síla indentoru opět zmenšuje na 100 N, a v tomto stavu se zjistí přírůstek hloubky vtisku. Zkouška tvrdosti podle Rockwella je rychlá, snadná a porušení soudržnosti zkoušeného materiálu při zkoušce je malá.

V české republice jsou dle ČSN normalizovány 3 druhy mechanické zkoušky tvrdosti dle Rockwella a to podle volby indentoru ( vnikacího tělíska) na:

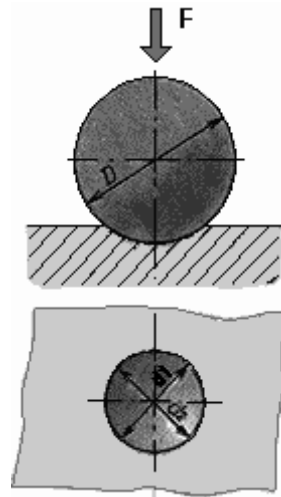
- HRA- tvrdost je určena diamantovým kuželem při celkovém zatížení 600 N,
- HRB – tvrdost materiálu je určena ocelovou kuličkou při celkovém zatížení – 1000 N,
- HRC – Tvrdost materiálu je určena diamantovým kuželem při celkovém zatížení 1600 N. [7]

### 3.2.2 Hodnocení tvrdosti materiálu dle Brinella

Zkouška tvrdosti podle Brinella se děje za působení indentoru, nebo-li vnikacího tělíska v podobě ocelové kuličky. Přesnost měření závisí na správném proměření vtisku. U Brinellovy zkoušky je měření vtisku poměrně nepřesné. Vtisk bývá někdy nesouměrný nebo nezřetelný. Na průměr vtisku má velký vliv i vtažení materiálu po kraji vtisku (u materiálu nezpevněného) nebo naopak vytlačení obvodového valu (u materiálu zpevněného). Indentor v podobě kuličky je kalená ocelová kulička, pro tvrdší materiály se používá kulička ze slinutých karbidů.

Brinellův tvrdoměr existuje v různých provedeních. V laboratořích existují velké stabilní přístroje, pro dílny montáže kontrolní stanoviště se používají malé mobilní přístroje. Nejpoužívanější z nich je malý kapesní tvrdoměr Poldi. Označení tvrdosti podle Brinella se skládá ze značky tvrdosti **HB** a k ní připojených údajů podmínek zkoušky.





Obr. 15. Zkouška tvrdosti  
podle Brinella. [18]

Průměr ocelové kuličky bývá 1 mm, 2.5 mm, 5mm ,10 mm a závisí na tloušťce měřeného materiálu. Měkčí materiály se zatěžují kratší dobu. U tvrdších materiálu je čas zatěžovací doby delší. [7]

#### Vzorec pro hodnocení podle Brinella

$$HB = (0,102 \cdot F) / A$$

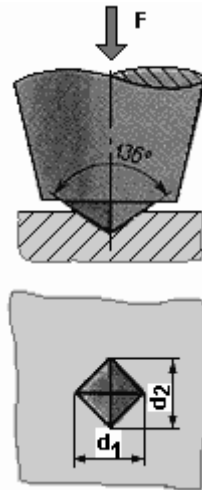
$F$  - síla v N

$A$  - povrch vtisku vytlačeného vrchlíku, který je považován za kulový.

[7]

#### 3.2.3 Hodnocení tvrdosti materiálu dle Wickerse

Hodnocení podle Wickerse patří mezi nepoužívanější zkoušky tvrdosti materiálu. A její princip je založen na vnikání indentoru v podobě čtyřbokého jehlanu o daném vrcholovém úhlu do zkoušeného materiálu. Po zkušebním zatížení 300 N po dobu 10 až 15 sekund se změří střední délka u obou úhlopříček vtisku.



Obr. 16. Zkouška tvrdosti  
materiálu dle Wickerse [18]

#### VZOREC PRO HODNOCENÍ TVRDOTI MATERIÁLU DLE WICKERSE

$$HV = 0,189 \cdot (F / d^2)$$

F - síla vtlačování

d - úhlopříčka vtisku.

Metodu měření tvrdosti podle Vickerse lze použít pro všechny tvrdosti. Metoda je velmi přesná a je minimálně závislá na zatížení.

### 3.3 Hodnocení kvality svárů

Hodnocení kvality sváru provádí speciálně určený pracovník- Svářečský výrobní kontrolor-tj. pracovník s odbornou kvalifikací získanou ve specializovaném kurzu. Kvalifikace je požadována technickou normou např. ČSN EN ISO 3834 - 1 až 6.

Odpovědnost svářečského kontrolora spočívá v dodržování výrobních a kontrolních postupů, vedoucích k provedení požadované jakosti výrobků a za provádění vstupních, meziprovozních a výstupních dokumentů kontroly (vizuální kontroly, eventuálně penetrační zkouš-

ky) eventuálně jiných zkoušek a kontrol, které provádí a dokládá k výrobní dokumentaci výrobků, popřípadě tyto dokumenty archivuje.

Samotné úkoly svářečského výrobního kontrolora jsou:

-Provádí před zahájením výroby, v průběhu výroby, poskočení výroby i po provedení opravna výrobku dle písemného předpisu a postupu.

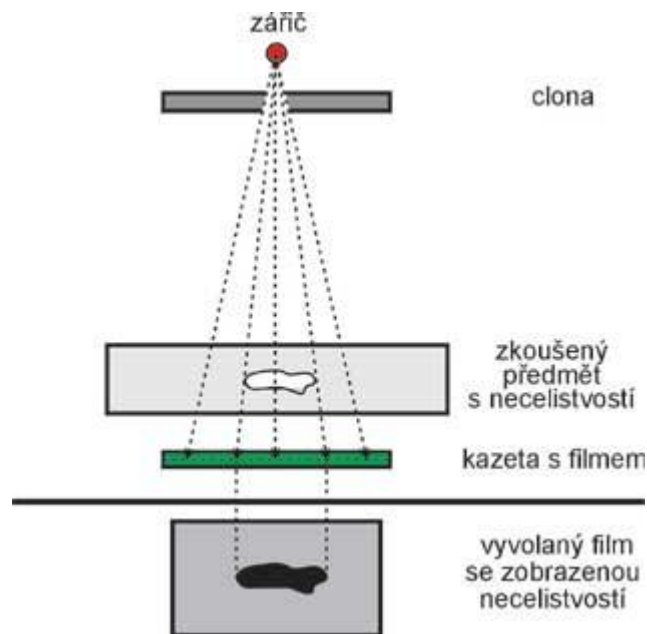
-Svou činnost zaměřuje na vizuální kontrolu, eventuálně penetrační kontrolní zkoušku, popřípadě na magnetickou či jinou zkoušku s cílem zjistit nepřípustné vady na řezných hranách polotovaru.

- Vizuální kontrola prováděná kontrolorem je všeobecně používána k určování takových záležitostí jako je stav povrchu výrobku, sestavení povrchu jednotlivých částí svařence , ke kontrole tvaru a rozměru výrobků, ke kontrole přítomnosti netěsnosti, a také ke stanovení podpovrchového stavu kompozitních materiálů.

Při posuzování nepřípustných a přípustných vad se řídí kritériem předpisu jakosti uvedeným ve výrobní dokumentaci výrobku, s použitím norem jakosti určující stupně jakosti, eventuálně stupně přípustnosti vad. [1]

### 3.3.1 Zkouška prozářením

Zkouška prozářením je založena schopností rentgenového nebo gama-záření pronikat tuhými látkami a působit na fotografický materiál.



Obr. 17. Zkouška prozářením [15]

Po prozáření a zpracování filmu se získá důkaz o velikosti, množství a rozložení vad ve svárovém spoji. [1]

### 3.3.2 Zkouška ultrazvukem

Podstatou akustických vln všech frekvencí jsou pružné kmity látky, které se šíří z místa na místo rychlostí závislou na mechanických vlastnostech prostředí. Frekvence vlnění může být různá a závisí na zdroji vlnění. Vlnění nad pásmem slyšitelnosti se nazývá ultrazvuk. Od slyšitelného zvuku se liší jen kmitočtem, jeho fyzikální podstat je stejná.



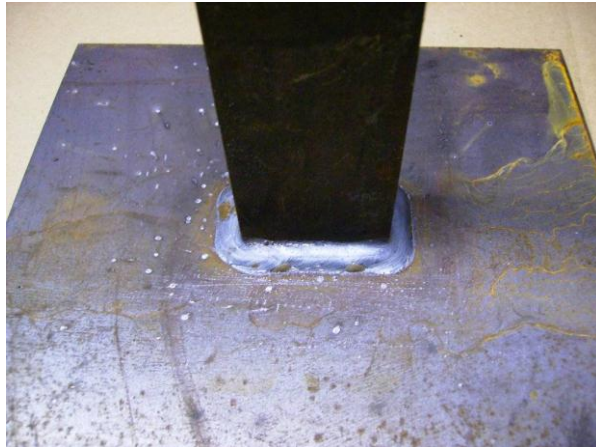
Obr. 18. Zkouška ultrazvukem [7]

V homogenním prostředí se šíří přímočaře, na rozhraní dvou prostředí (jako jsou dutiny, bubliny, pory, trhliny, struska apod.) se zčásti odráží a projeví se na obrazovce indikačního zařízení jako tzv. poruchové echo. Hlavní částí ultrazvukového přístroje jsou: generátor, vysílací a přijímací sonda a indikační zařízení. [1]

### 3.3.3 Vizuální kontrola svárů

Vizuální kontrola svárů patří mezi základní a nezbytné kontroly používaných při svařování. Na vizuální kontrolu svárů se vztahuje ČSN EN 970. Tato norma se vztahuje na vizuální kontrolu tavných svarů kovových materiálů. Kontrola se obvykle uvádí u svárů po jejich dokončení, ale výjimečně může být provedena v jiných etapách i během svařování, například je-li to požadováno uživatelskou normou nebo po dohodě smluvních stran.

Rozsah kontroly musí být stanoven předem v uživatelské normě nebo dohodou mezi smluvními stranami. Určený kontrolor musí mít k požadované zkušební a výrobní dokumentaci. [7]



Obr. 19. Vizuální ukázka sváru MIG/MAG

Při vizuální kontrole svárů během svařování musí kontrolor ověřovat:

- Zda je každá housenka a vrstva svárového kovu před položením další vrstvy vyčištěna.
- Zda nejsou viditelné žádné nepravidelnosti, například trhliny nebo dutiny.
- Zda před položením další vrstvy je přechod mezi vrstvami proveden s dostatečným natavením.
- Zda tvar hloubka drážky je v souladu s WPS nebo je srovnatelný s původním tvarem svarové plochy.
- Při vizuální kontrole po svařování se u kontrolovaného sváru ověřuje:
  - Zda byla ručně nebo mechanicky odstraněna struska.
  - Zda nedošlo k přehřátí, poškození svárů
  - Zda u koutových a tupých svárů je plynulost přechodu spoje do základního materiálu bez prohlubní.
  - Zda pravidelnost a kresba vykazuje rovnoměrný a vyhovující vzhled.
  - Zda u jednostranných tupých svárů nejsou žádné prohloubení kořene, jakékoliv zápaly

O každé vizuální kontrole se vytváří kontrolní protokol, který musí obsahovat:

- Název výrobce svařence,
- název zkušebny,
- identifikace kontrolovaného svařence,
- druh materiálu,
- druh svárového spoje,
- tloušťku materiálu,
- postup svařování,
- kritéria přístupnosti, rozsah kontroly s odkazem na vhodný výkres,
- zařízení použité pro kontrolu, jméno pracovníka a datum kontroly. [7]

#### 3.3.4 Kapilární zkouška svárů

Tato metoda kontrola kontroly svárů patří mezi tzv. metody kontroly těsnosti. Touto metodou nedestruktivního zkoušení lze identifikovat pouze vady v povrchových vrstvách materiálu (např. póry, zápaly, studené spoje, trhliny - vše na povrchu svarů).

Podstatou kapilární zkoušky je použití vhodné kapaliny z výrazným zbarvením, která pronikne do nečelistvosti povrchu zkoušené součástky (hlavy motoru, sváru tlakové nádoby apod.). Po odstranění jejího přebytku z povrchu zkoušeného předmětu vzlíná barevná kapalina vlivem kapilárních sil k povrchu, opatřenému mezitím nástřikem bílé indikační látky, čímž se všechny nečelistvosti materiálu na jeho povrchu, typu trhlin anebo studených spojů, stanou zřetelně viditelnými.

K samotné kapilární zkoušce se používá defektoskopická sada, která zahrnuje barvu červenou a takzvanou vývojku – barvu bílou, jejímž úkolem je zvýraznit případné póry na povrchu svaru.



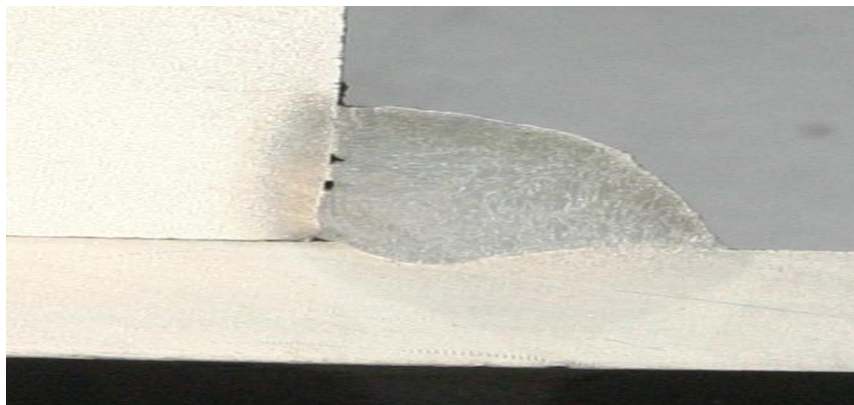
Obr. 20. Ukázka kapilární zkoušky [18]

Místo barevné detekční kapaliny se někdy používá fluorescenční kapalina. Tuto metodu označujeme jako metodu fluorescenční. Po odstranění jejího přebytku a ozáření ultrafialovým světlem v temné místnosti, se povrchové vady projeví zřetelnou fluorescencí. Svárové spoje zkontrolovány kapilární zkouškou jsou označeny dle normy ISO 5817 nebo ISO10042. [7]

### 3.3.5 Světelná mikroskopie

Zkouška patří do kategorie nedestruktivních zkoušek svarových spojů. Účelem mikroskopické zkoušky je stanovení mikroskopického charakteru svarového spoje, obvykle prohlídkou příčného řezu zkušební vzorku.

Samotná kontrola se provádí obvykle na vzorcích orientovaných příčně k ose sváru, které zahrnují svarový kov a tepelně ovlivněnou oblast na obou stranách svaru. [7]



Obr. 21. Makrostruktura koutového svaru



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 ÚVOD

Společnost Stoecklin se sídlem v Jaroslavicích u Zlína je dceřinou společností mateřské firmy Stoecklin, sídlící ve švýcarském městě Dornach.

Firma Stoecklin se dlouhodobě zabývá prodejem a výrobou manipulační techniky, do jejího portfolia patří: elektrické a ruční manipulační vozíky, motorové vozíky, regálové zakladače a jiné komponenty týkající se manipulační techniky. V době kdy se na trh manipulační techniky dostávají také výrobci z Asie a konkurence neustále narůstá firma Stoecklin neustále klade důraz na vysokou kvalitu a dlouhou životnost.

Areál firmy Stoecklin tvoří 3 výrobní haly kde v současnosti pracuje 58 zaměstnanců výroby. Hala č.1. disponuje CNC obráběcím parkem, který obsahuje jak CNC soustruhy tak Frézovací centra ve vertikálním a horizontálním provedení, který je doplněn klasickými konvenčními stroji, dále hala disponuje montáží hydraulických jednotek. Hala č. 2 slouží jako svařovna jednotlivých komponentů, které svařuje elektrodou v ochranné atmosféře směsných plynů. Na hale Č.3 se nachází skladové prostory hutního materiálu, mechanická příprava, konvenční sloupové vrtačky a ohraňovací hydraulický lis. Kromě mateřské firmy Stoecklin Dornach, kam je exportován 95 % obratu firmy, dodává Fa Stoecklin Jaroslavice své výrobky také na německý trh.

Jako dílec, na němž je prokazatelně ukázáno optimalizace výroby je zvolen zvedací rám sloužící jako prvek manipulačního zařízení. Zvedací rám se skládá z několika částí, kdy jednotliví díly jsou vypáleny na laseru IR 500. Tento dílec obsahuje jak svařovací tak obráběcí operace. Dříve, před optimalizací technologického postupu se tento dílec svařoval plynem C8 a obráběl se na klasické horizontální frézce.

Podstatou optimalizace zvoleného dílce je časově úspornější obrábění na CNC frézovacím centru a s tím související kvalita obrobeného povrchu. Při svařování je podstatou optimalizace změna svářečského plynu C8 na C18 a tím vyšší průvar svarových spojů a s tím související vyšší konstrukční vlastnosti svařované sestavy.

Jako důkaz optimalizace výroby zvedacího rámu je přesný časový rozdíl při obrábění na klasické horizontální frézce a obráběcím centru, kvalita povrchu po obrobení, a destruktivní zkouška svarových spojů při svařování plynem C8 a C18.

## 4.1 Popis zvedacího rámu

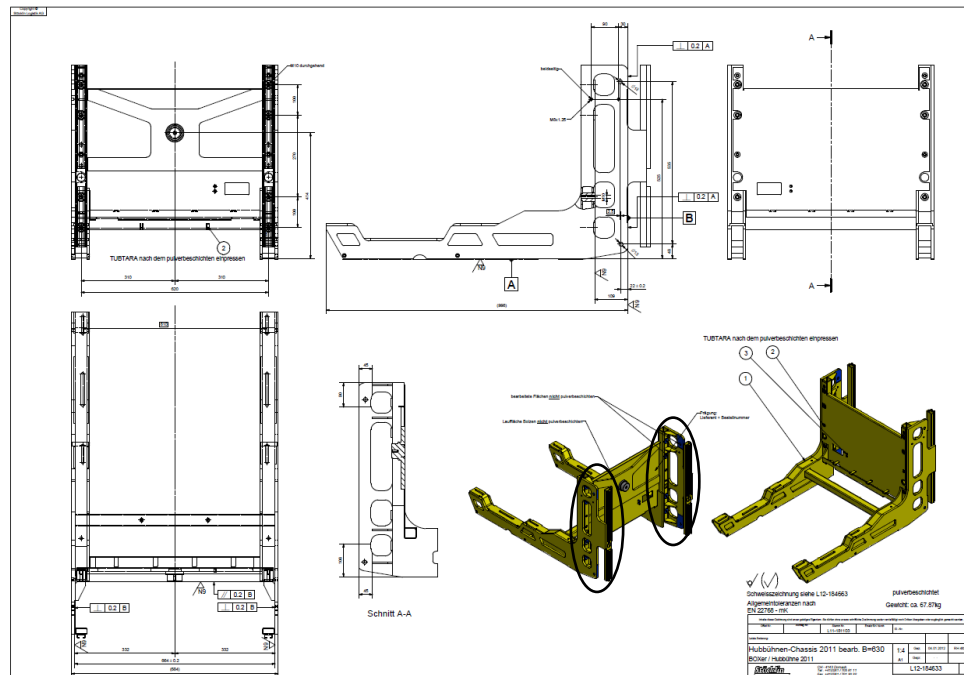
Zvedací Rám slouží jako nosná část zvedací konstrukce pro manipulaci nákladu. Technologický postup pro výrobu zvedacího rámu je následující. Na Laseru BYSTRONIC BYLAS 4020-2 jsou vypáleny veškeré výpalky s přesností 0.2 mm. Další postup je svařování jednotlivých dílů v přípravcích. Po navaření konstrukce zvedacího rámu jde takto obrobek na horizontální frézku, kde jsou frézovány plochy a vrtány otvory H7. Po obrábění následuje povrchová úprava pomocí pískování a nakonec navaření u- profilu na konstrukci.

Samotný zvedací rám je při koneční montáži namontován na konstrukci, která má nosnost 4000 kg. Z důvodu požadované vysoké nosnosti je kladen důraz na geometrickou přesnost a pevnostní sváry, které musí zaručit bezpečnou manipulaci.

Při obrábění je požadována přesnost děr v tolerančním poli h6, kolmost a rovnoběžnost je požadována ve dvou desetínách milimetru a drsnost obrobku je v poli N6 což podle ČSN odpovídá 1.6.

Při svařování je požadována práce svářeče se státními zkoušky ČSN 3698002. Na výkresové sestavě jsou požadovány koutové sváry v rozmezí 3 až 5. Většinou se jedná o pevnostní sváry. Jako svařovací technologie je určeno svařování obalenou elektrodou v ochranné atmosféře směsného plynu.

Na obrázku 22. jsou čitelně znázorněny části, které byly v rámci optimalizace obrábění zvedacího rámu vyhodnoceny a optimalizovány.



Obr. 22. Výkresová obráběcí sestava zvedacího rámu [15]

## 4.2 Použitý materiál pro výrobu zvedacího rámu

Pro výrobu zvedacího rámu byl použit materiál – ocel 11373 a ocel 11343.

### 4.2.1 Ocel 11373

Neušlechtilá konstrukční ocel obvyklé jakosti vhodná ke svařování. Součásti konstrukcí a strojů středních tlouštěk tavně svařované, namáhané staticky i dynamicky. Součásti vyráběné z plechů, podélně svařovaných dutých profilů a součásti kované pro tepelná energetická zařízení a tlakové nádoby pracující s omezeným přetlakem a teplotou do 300 °C. Vtokové objekty vodních turbín, spirální skříně vodních turbín, vrata plavidlových komor, klapky uzávěrů, svařované kulové uzávěry apod. Spojky a podvozky vagónů. [9]

### 4.2.2 Ocel 11343

Neušlechtilá konstrukční ocel. Vhodná na součásti konstrukcí a strojů menších tlouštěk, tavně svařované namáhané staticky, popř. i mírně dynamicky. Drobné lisované výrobky jako přezky, stavební a nábytkové kování, přídržky, pravítka, žaluzie apod. Různé tvářené a

svařované součásti, vložky, třmeny, rozpěrky, závlačky, oka, páky, rukojeti, čepy, svorníky, držáky apod. Trubky pro všeobecné účely. Vhodná ke svařování. [9]

Tab. 1 Vlastnosti oceli 11373 a 11343

Ocel ČSN	11373	11343
Evropské značení	S235J2G3	S235JRG1
Obsah uhlíku	Max. 0.17	Max. 0.14
Mez kluzu(Mpa)min	235	218
Mez pevnosti (Mpa)	260-270	290-300
Tažnost(%)min	24	26
Odlamování třísek při obrábění	Přijatelné	Přijatelné
Lesk opracovaného povrchu	Velmi dobré	Velmi dobré

## 5 OPTIMALIZACE OBRÁBĚNÍ ZVEDACÍHO RÁMU

Optimalizace obrábění zvedacího rámu spočívá ve změně technologického postupu, změně obráběcího stroje a tím urychlení obráběcího času. Dále potom kvalita obrobeného povrchu a s tím související geometrická a rozměrová přesnost. Pro obrábění na CNC horizontální frézce Feller je použito vysokorychlostních vyměnitelných břitových destiček, které na rozdíl od monolitních nástrojů používaných na konvenčních strojích zaručují vysokou přesnost obrobených ploch a dále potom vyšší kvalitu obrobených ploch.

Řízení procesu utváření a odvodu třísek je tedy velmi důležité pro zajištění vysoké obrobitelnosti a efektivity výroby.

Dalším důležitým prvkem pro zvýšení efektivity obrábění zvedacího rámu je řezný nástroj. Větší úhly čela umožňují snížení řezné hrany, vykazují však tendenci k vytváření dlouhých třísek. Nejdůležitější pro kontrolu utváření třísky jsou však použité řezné podmínky. Obecně platí: Čím jsou posuvy větší, tím kratší budou třísky. Ve skutečnosti je posuv tím nejpodstatnějším z řezných parametrů pro kontrolu tvorby třísek.

### 5.1 Obrábění na konvenční horizontální frézce W1000

Podle stávajícího technologického postupu se zvedací rám po svaření obráběl na konvenční horizontální frézce s pojezdem v ose X:1200mm, Y:1900mm a ose Z:1000mm. Horizontální frézka WHN 9B má upínací plochu stolu:1000x11200mm a upínací kužel ve vřetenu : ISO 40. Výhodou tohoto stroje je nenáročná údržba, levné náhradní díly a dlouhá životnost stroje. Nevýhodou naopak je těžko dostupné náhradní díly, nepřesnost jak geometrická tak rozměrová delší operační časy, nemožnost automatické výměny nástroje, nízká tuhost stroje a především oproti CNC řízených horizontálních center delší operační časy. Mezi další nevýhody patří častá poruchovost a složité seřizování obráběcích operací. Pracovní posuv této horizontální frézky je dvoustupňový a je neporovnatelně nižší než na CNC řízených obráběcích strojích. První stupeň je od 4 do 200 mm/min a druhý převodový stupeň je od 40 do 2000mm/min. Rychloposuv na konvenční horizontální frézce je 1500 až 2000 mm/min. Rozsah otáček se pohybuje v rozmezí 2.8 až 900 ot/min.



Obr. 23. Horizontální vyvrtávačka W100

## 5.2 Obrábění na horizontálním obráběcím centru FELLER

Horizontální obráběcí centra jsou určena nejen do automatizované sériové výroby, ale i pro plynulé obrábění rozměrných dílců. Tato stroje jsou určena pro rychlé obrábění skříňových a plochých součástí. Otočný NC stůl (osa B) umožňuje obrábění dílců na stroji z více stran či rozšiřuje produktivitu možností upnutí vícenásobných upínacích přípravků.

Horizontální obráběcí centrum FELLER se vyznačuje vysokou přesností a tuhostí stroje. Disponuje operačním systémem FANUC a velikost pojezdů jsou: osa X-1650mm, osy Y-825mm, a osa Z 700mm. Maximální otáčky vřetena jsou 8000 otáček za minutu. Samotný stroj je určen pro velkou a středně velkou sériovou výrobu.



Obr. 24 Horizontální obráběcí centrum Feeler FV825 [7]

### **5.3 Srovnání operačních časů na konvenční horizontální frézce W1000 a Horizontálním obráběcím centru FELLER 1000**

K zajištění optimální rentability a vysoké produktivity jaké-koliv výroby jsou samotné operační časy jednou z nejdůležitějších hledisek vůbec.

Při středně – sériové výrobě zvedacího rámu je ušetřený čas velice důležitý při konečném hodnocení optimalizace výroby. K vyšší časové úspoře při obrábění zvedacího rámu přispívá jak samotné vyšší řezné podmínky na CNC obráběcím centru tak i například výměna nástroje která je oproti klasické konvenční frézce několikrát rychlejší. Za předpokladu vnitřního chlazení nástrojů při CNC obrábění je jasné, že řezné podmínky jsou oproti klasickému konvenčnímu obrábění několikanásobně vyšší.

#### **5.3.1 Stanovení optimálních řezných podmínek pro obrábění zvedacího rámu**

Při výpočtu technologických operačních časů výroby zvedacího rámu jsem u klasické horizontální frézky čas změřil při samotném obrábění rámu. Při stanovení operačního času na frézovacím centru jsem využil simulace Heidenhein, kde po zvolení nástroje, řezných podmínek, a dalších součinitelů jsem stanovil výsledný operační čas. Konečný operační čas jsem zaokrouhlil řádově na sekundy. Při frézování na konvenčním horizontálním stroji byly stanoveny následující řezné podmínky: posuv na zub  $f_z - 0,15\text{mm}$ , posuv stolu vf-



800mm/min. Na horizontálním frézovacím centru byla stanovena řezná rychlost 120 m/min.

Výše uvedené řezné podmínky byly stanoveny mnou ve spolupráci s programátorem CNC parku firmy Stoecklin. U stanovení řezných podmínek konvenční horizontální frézky jsem konzultoval veškeré technologické věci spojené s obráběním zvedacího s pracovníkem na pozici obráběč kovů na horizontální frézce. Jakožto člověk, který má dlouholetou praxi s obráběním nejen zvedacího rámu jsem předpokládal, že tyto podmínky odpovídají co nejvyšší možné produktivitě s ohledem na životnost nástroje.

Tab. 2 Srovnání operačních časů

<b>OPERACE</b>	<b>ČAS NA HORIZONTÁLNÍ FRÉZCE W1000</b>	<b>ČAS NA CNC HORIZONTÁLNÍ FRÉZCR FEELER 1000</b>	<b>ČASOVÁ ÚSPORA</b>
Frézování čelního kříže	148 sekund	64 sekund	84 sekund
Vrtání otvoru pro závit M10	126 sekund	56 sekund	70 sekund
Závitový cyklus M10	156 sekund	35 sekund	131 sekund
Frézování plochy 50X30	95 sekund	72 sekund	23 sekund

#### **5.4 Srovnání drsnosti povrchu po obrobení na konvenční horizontální frézce a CNC frézovacím horizontálním centru Feeler 1000**

Drsnost povrch byla porovnána pomocí drsnoměru SurfTest SJ-301. Tento přenosný drsnoměr je vybaven ovládacím displejem a vestavěnou tiskárnou. Na LCD displej s velkorysími rozměry se odečítají naměřené hodnoty a vypočítané křivky. Pomocí vestavěné termotiskárny lze nechat rychle a čitelně vytisknout výsledky v různých formátech. Naměřené hodnoty mohou být předány externímu počítači.

Tento přenosný drsnoměr odpovídá mezinárodním standardům DIN, ISO, ANSI a JIS. Naměřené hodnoty mohou být uloženy do paměti a později zpracovány nebo vytisknuty.

Drsnost na každé z obroběných ploch byla změřena drsnoměrem SurfTest SJ-301. Na obroběných součástích byly naměřeny a vyhodnoceny veličiny drsnosti povrchu. Byly měřeny následující veličiny:

- Průměrná aritmetická úchylka profilu Ra
- Největší výška profilu Rz
- Průměrná výška profilu Rsm

Veličiny drsnosti povrchu byly měřeny pro každou obráběcí strategii dvacetkrát a těchto měření byl vypočítán aritmetický průměr.

Na jednotlivých vzorcích byly srovnávány plochy na zadním čele rámu po opracování.

Výsledek srovnání drsnosti povrchu po obrobení na konvenční horizontální frézce a CNC horizontální frézce jasně dokázal, že na CNC strojích je vždy kvalita obroběného povrchu na vyšší úrovni. A to jak veličina Ra (průměrná aritmetická úchylka profilu) tak i veličiny Rz (největší výška profilu) a Rsm (průměrná výška profilu)

Na konvenční horizontální frézce byla použita monolitní fréza z nástrojové oceli 19253, Jednalo se o 5 – břitou čepovou frézu se kuželovou stopkou která snese řeznou rychlost maximálně 40 metrů za minutu při posuvu 0,4 mm posuvu na zub nástroje.



Obr. 255 Nástroj pro obrábění na konvenčním horizontálním stroji



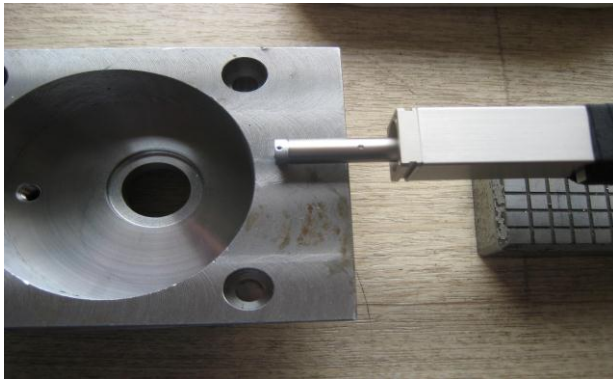
Obr. 266 Měření drsnosti povrchu po obrábění na konvenční horizontální frézce

Tab. 3 naměřené hodnoty po obrábění na konvenční frézce

Obrobená plocha 60X20	Ra- průměrná aritmetická úchylna profilu	Rz – největší výška profilu	Rsm – Průměrná výška profilu
<b>I. měření</b>	5.3 mikrometrů	30.74 mikrometrů	14.7 mikrometrů
<b>II. měření</b>	5.31 mikrometrů	30.73 mikrometrů	14.7 mikrometrů
<b>III. měření</b>	5.32 mikrometrů	30.7 mikrometrů	14.8 mikrometrů
<b>IV. měření</b>	5.3 mikrometrů	30.73 mikrometrů	14.8 mikrometrů
<b>V. měření</b>	5.31 mikrometrů	30.73 mikrometrů	14.8 mikrometrů

Na CNC horizontálním frézovacím centru bylo použito chlazení pomocí vodou mísitelnou emulzí určenou pro obrábění oceli. Na konvenčním obráběcím stroji nebyla použita emulze. Zatímco na konvenční horizontální frézce byla použita monolitní fréza z nástrojové oceli 19253, na CNC frézovacím obráběcím centru Feller byl použit 5-břítý frézovací nástroj s vyměnitelnými destičkami který je během celého obráběcího cyklu chlazen emulzí.

Jako vyměnitelné břitové destičky byly použity destičky ze slinutých karbidů jehož jeden povlak byl silný 13mikrometrů.



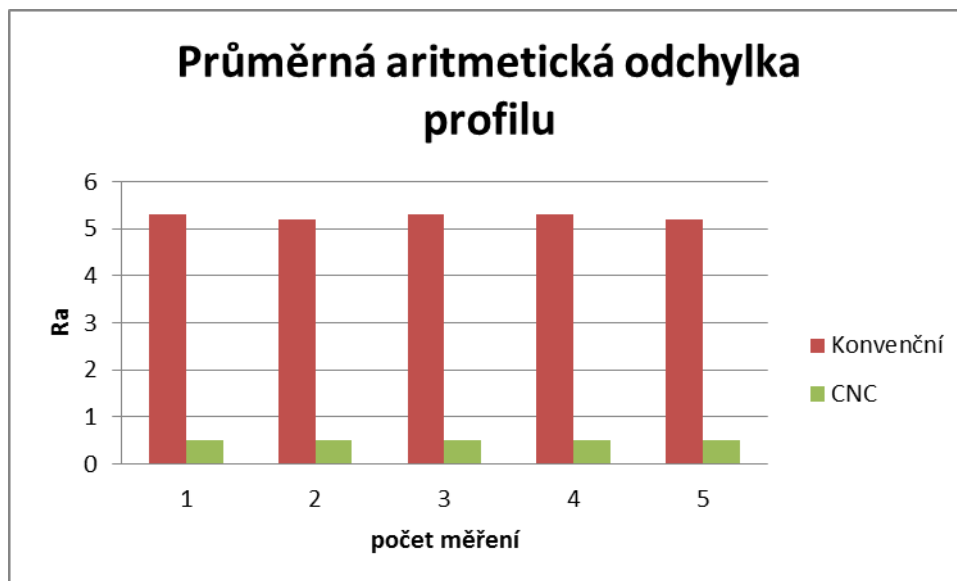
Obr. 27 Měření drsnosti povrchu po obrábění na CNC frézovacím centru



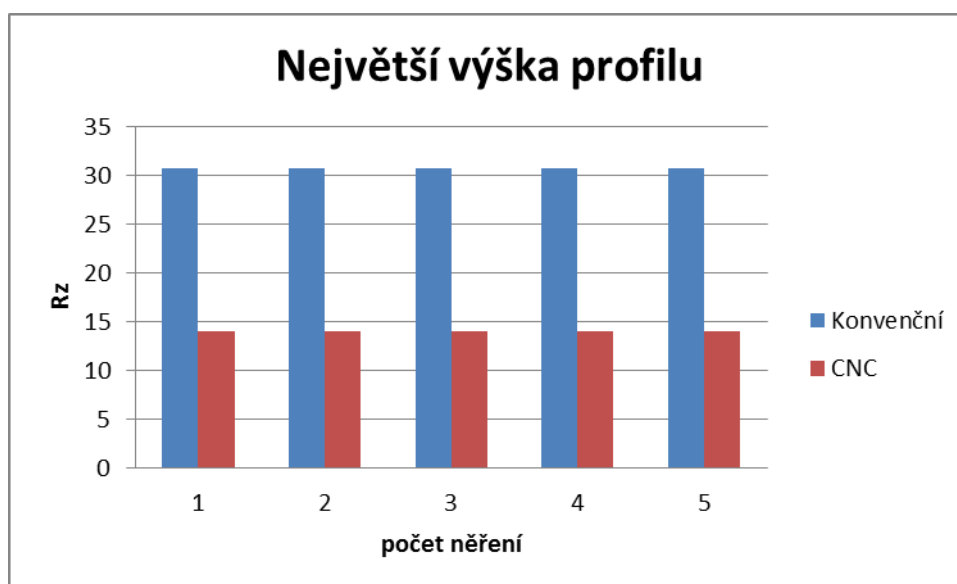
Obr. 28 Frézovací nástroj s vyměnitelnými břitovými destičkami

Tab. 4 Naměřené hodnoty po obrábění na CNC frézce

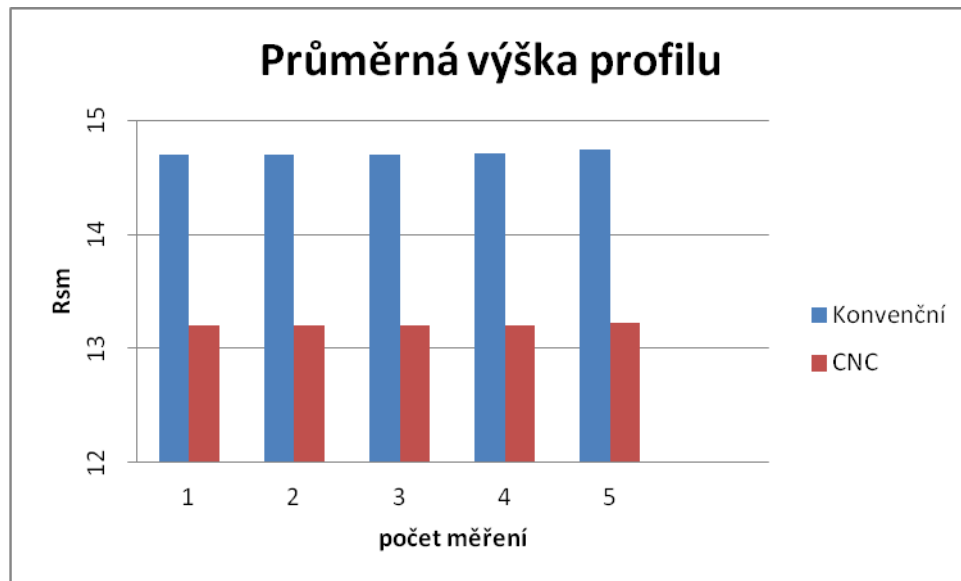
Obrobená plocha 60X20	Ra – průměrná aritmetická úchylka	Rz – Největší výška profilu	Rsm - Průměrná výška profilu
I. měření	0.5 mikrometrů	14.01 mikrometrů	13.2 mikrometrů
II. měření	0,5 mikrometrů	14.02 mikrometrů	13.2 mikrometrů
III. měření	0,5 mikrometrů	14.03 mikrometrů	13.1 mikrometrů
IV. měření	0,52 mikrometrů	14.01 mikrometrů	13.2 mikrometrů
V. měření	0,51 mikrometrů	14.01 mikrometrů	13.1 mikrometrů



Obr. 29. Průměrná aritmetická odchylka profilu



Obr. 30. Největší výška profilu



Obr. 31. Průměrná výška profilu

## 5.5 Výsledek a shrnutí optimalizace obrábění zvedacího rámu

Optimalizace obrábění zvedacího rámu spočívalo ve změně technologie obrábění, konkrétně ve změně obráběcího stroje s konvenční horizontální frézky na CNC horizontální frézku.

Jako výsledek hodnotíme úsporu operačních časů a vyšší kvalitu opracování obrobeneých povrchů (průměrná aritmetická odchylka profilu, největší výška profilu, a průměrná výška profilu).

Tento výsledek se v konečné fázi promítne jak do cenové kalkulace samotného dílce, tak i do kvality obráběných ploch a geometrických vlastností zvedacího rámu.

Podle odhadu výrobních kapacit by se mělo v budoucnu nadále zvedací rámy vyrábět ve dceřiné společnosti Stoecklin ve Zlíně – Jaroslavicích, proto je přínosem hlavně z hlediska produktivity a rentability provést tuto optimalizaci.

Důležitým atributem části obrábění, byla snaha o jednoduchost, přehlednost a srozumitelnost navržených procesů tak, aby mohly být do výroby uvedeny ihned.



Obr. 32. Obrábění zvedacího rámu na konvenční horizontální frézce W100



Obr. 33 Vřeteno horizontálního obráběcího centra





## 6.1 Popis ochranných plynů C8 a C18

Pro svařování běžných uhlíkatých ocelí ve všech polohách se nejlépe osvědčila směs argonu a 18% CO<sub>2</sub>. Tento plyn se vyskytuje pod názvem C18. Dlouholeté zkušenosti ukazují, že svářeči po zaškolení nemají s přechodem na směsné plyny výraznější problémy. Toto zaškolení vychází ze zkušeností se zákazníky, kteří tento přechod již uskutečnili. Cílem tohoto zaškolení je minimalizace počátečních potíží při zavedení svařování MAG ve směsných plynech přímo do výroby.

Při svařování plynem C18 dochází v oblasti zkratového přenosu kovu z elektrody do tavné lázně ke klidnějšímu hoření elektrického oblouku a k nižšímu rozstříku svarového kovu, což se projeví nejen lepším vzhledem svařované součásti ale také vyšší svařovací rychlostí.

Protože má argonová směs horší tepelnou vodivost než čistý kyslíčnick uhlíčitý, je tepelně ovlivněna oblast užší a dochází k menším deformacím a pnutím. Na toto má vliv i vyšší postupová rychlost svařování.

Díky „studenějšímu oblouku lépe překleneme větší svarovou mezeru. Toto má asi největší význam při svařování dlouhých kořenových svarů, kde vlivem nepřesnosti při sestavování svarku dochází k velkým svarovým mezerám.

Přestože je samotný plyn Stargon C18 dražší než C8, celkové náklady na svarek jsou nižší. Je to dáno několika faktory:

- množství vytaveného drátu
- rozstřík
- rychlost svařovacího postupu
- režijní náklady
- cena plynu v porovnání s ostatními náklady (režie, základní a přídatný materiál) činí malou část

Při přechodu z C8 na C18 nám sice narostou náklady na plyn, ale zároveň se sníží množství vytaveného přídatného drátu, sníží se množství spotřebovaného plynu na metr svaru a hlavně poklesnou režijní náklady na dokončovací operace, protože není nutno pracně odstraňovat ulpělý rozstřík. Je to dáno tím, že při svařování v C8 je rozstřík tvořen velkými kapkami kovu

zataveného v základním materiálu. Odstraňování je pracné a dochází k porušení základního materiálu. Při použití Stargonu C18 je 80% rozstříku ve formě jemných kapek, které nemají dostatečnou tepelnou energii k přitavení do základního materiálu a dochází k jeho snadnému odstranění. Při svařování v oblasti sprchového oblouku při správně nastavených parametrech toto odpadá úplně, což je pro svářeče, ale hlavně pro produktivitu práce ideální stav.

### Výhody C18

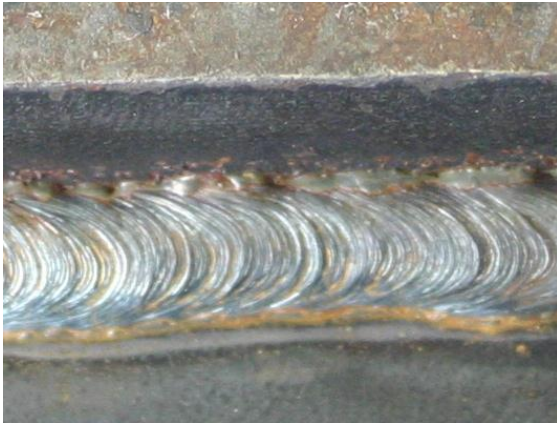
Shrneme-li výhody směšného plynu, dostaneme dlouhý seznam:

- menší množství strusky ( menší propal legujících prvků )
- vyšší odtavovací výkon
- vyšší produktivita svařování
- velmi dobrý závar
- menší převýšení svaru
- u koutových svarů plošší svar
- plynulejší přechod svarového kovu do základního materiálu
- lepší překlenutí svařovací mezery
- u slabších plechů menší TO
- možnost sprchového procesu
- klidný stabilní oblouk
- širší pracovní oblast svařovacích parametrů
- minimální rozstřík
- vyšší rychlost svařování
- lepší kresba svarové housenky
- méně škodlivých zplodin ( kouře )
- celkově nižší náklady na svarek
- snížení rozsahu dokončovacích prací

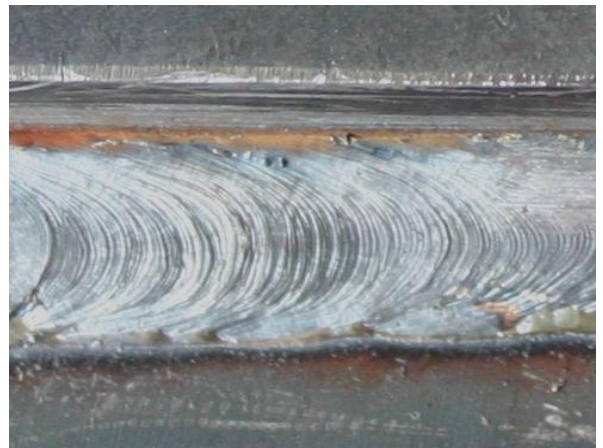
Mezi asi největší a nejmarkantnější rozdíl mezi C18 a ostatními směšnými plyny je jeho univerzálnost. U C18 můžeme svařovat sílu plechu od 2mm až po 15mm a více. Toto rozmezí nelze vzhledem k tepelné degradaci při svařování ostatních plynů dodržet.

Nutno dodat že i plyn C 18 má své nevýhody a to sice:

- Užší stranový svár
- Nutná větší zručnost svářeče (je třeba správný sklon hořáku k podélné i příčné ose sváru)
- Pro sprchový přenos svárového kovu nutný vodou chlazený hořák



Obr. 35. Kresba koutového svaru pomocí ochranného plynu C8



Obr. 36. Kresba koutového svaru pomocí ochranného plynu C18

## 6.2 Kapilární zkouška svarových spojů pomocí defektoskopické barvy.

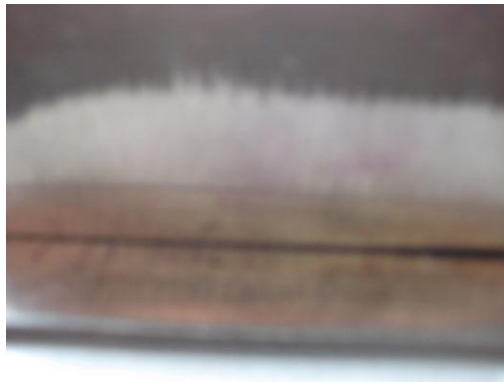
Tato nedestruktivní metoda kontroly svárů je v praxi velmi používaná a patří mezi tzv. metody kontroly těsnosti. Touto metodou nedestruktivního zkoušení lze identifikovat pouze vady v povrchových vrstvách materiálu (např. póry, zápaly, studené spoje, trhliny - vše na povrchu svarů). K samotné kapilární zkoušce se používá defektoskopická sada, která zahrnuje barvu červenou a takzvanou vývojku – barvu bílou, jejímž úkolem je zvýraznit případné póry na povrchu svaru.

Kapilární nedestruktivní zkouška svarových spojů byla provedena na sváru zavařeným Směsným ochranným plynem C8 a C18. I zde je vidět patrný rozdíl ve kvalitě svárů.

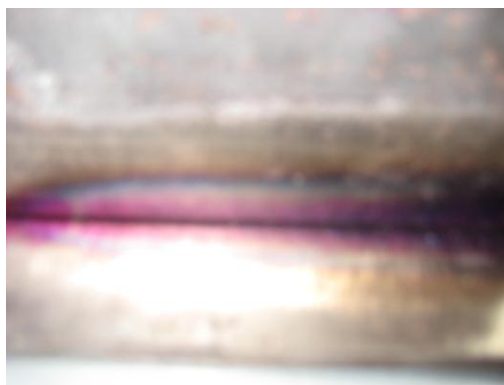
Zaschnutí defektoskopické barvy trvalo 3 hodiny. Jako defektoskopická barva byla použita pronikající červená barva Reinke rot od firmy Technotrenn. Celá defektoskopická sada se skládá ze tří složek:

- Reinke rot – pronikající barva
- Reinke grun – čistič
- Reinke wiess

Po 3 hodinách by znatelný výsledek následující : na vzorku svařovaný plynem C 18 nebyly žádné známky po proniknutí barvy skrze svár, naopak při zvětšení pod optickým mikroskopem na vzorku C8 byly patrné malé známky proniknutí červené defektoskopické barvy.



Obr. 36. Ukázka sváru plynem C18  
po kapilární zkoušce



Obr. 37. Ukázka sváru plynem C8  
po kapilární zkoušce

Rozdíl mezi svárem prováděným ochranným plynem C8 a C18 je dle přiložených fotografií patrný a vyšší kvalita sváru při svařování plynem C8 je zřetelná.

### 6.3 Hodnocení sváru ochranným plynem C8 a C18 pomocí mikrostruktury

#### Identifikace a značení svařených vzorků :

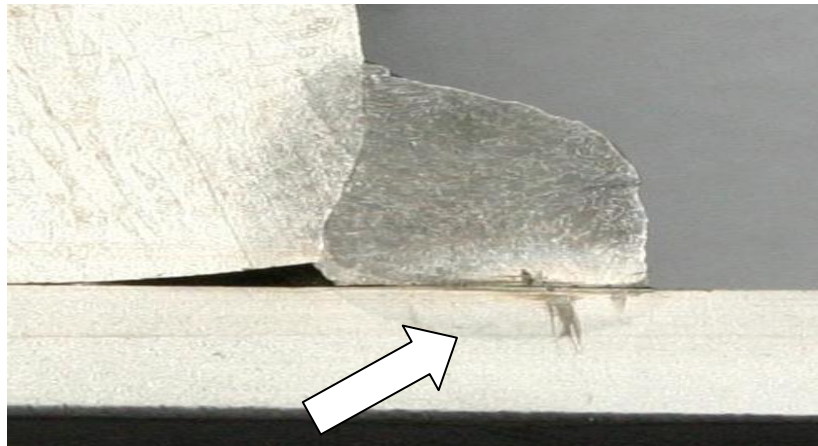
Popis		Tloušťka svařovaného materiálu			Značení vzorku
C 8	T-spoj	pás 8 mm x plech 3 mm			<b>C 8 - T</b>
C 8	Přeplátovaný spoj	pás 12 mm x plech 3 mm			<b>C 8 - P</b>
C 18	T-spoj	pás 8 mm x plech 3 mm			<b>C 18 - T</b>
C 18	Přeplátovaný spoj	pás 10 mm x plech 3 mm			<b>C 18 - P</b>

Na každém vzorku byl proveden příčný řez v oblasti svaru. Následovalo jemné broušení, leštění a v poslední fázi leptání k vyvolání struktury za účelem lepšího vykreslení jednotlivých oblastí svaru – základního materiálu, přídavného materiálu, směsi nataveného kovu a tepelně ovlivněné oblasti.

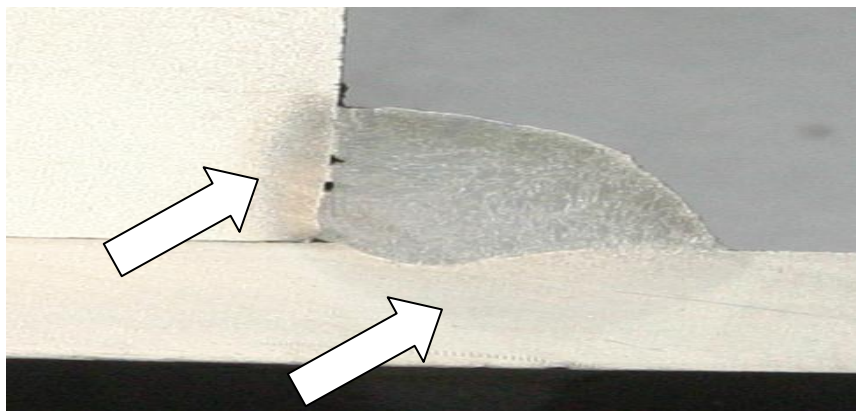
#### **Vlastní hodnocení svaru:**

- **C8 – T:** Téměř dokonalé provaření v oblasti materiálu tloušťky 8 mm včetně kořene, ale v oblasti materiálu 3 mm studený spoj – ostré rozhraní mezi přídavným materiálem a základním materiálem bez jeho natavení.
- **C8 – P:** Téměř dokonalé provaření naopak v oblasti materiálu tloušťky 3 mm, kořen neprovařen, ale v oblasti materiálu tloušťky 8 mm studený spoj ( mimo malou část těsně nad kořenem) – ostré rozhraní mezi přídavným materiálem a základním materiálem bez jeho natavení.

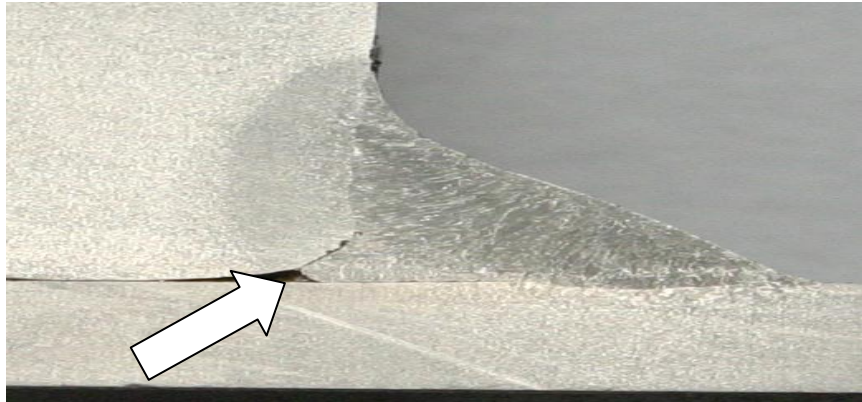
- **C18 – T:** Téměř rovnoměrné natavení obou svařovaných materiálů, promíchání základního a přídatného materiálu, kořen neprovařen.
- **C18 – P:** Téměř rovnoměrné natavení obou svařovaných materiálů, promíchání základního a přídatného materiálu, kořen neprovařen.



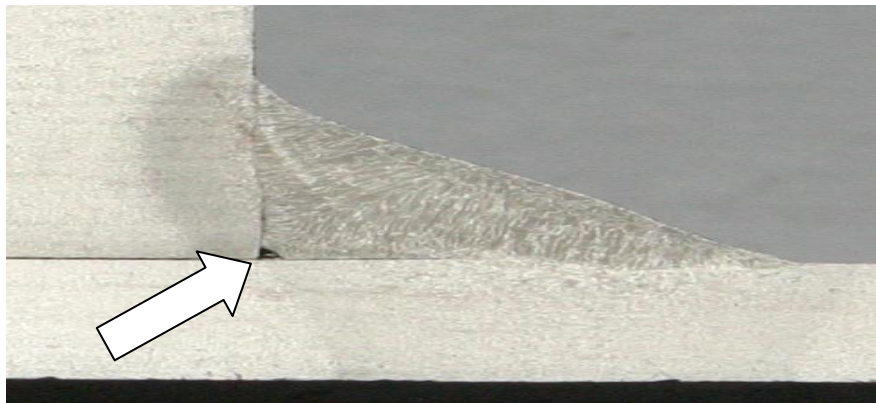
Obr. 39. C8-T detail



Obr. 40. C8 – P detail



Obrázek. 41. C18-T detail



Obr.42 C18-P detail

#### 6.4 Výsledek a shrnutí optimalizace svařování zvedacího rámu

Na základě provedeného pozorování vychází z výsledku porovnání lépe svarové spoje provedené metodou C18. Mají větší podíl provařených oblastí, znaky rovnoměrnějšího rozvozu tepla a příznivější tvar housenky z hlediska namáhání – přechod mezi přídavným kovem a základním materiálem je plynulý, má tvar radiusu a netvoří vrub.

Naopak svary provedené metodou C8 vykazují v obou případech u jednoho svařovaného materiálu téměř dokonalé provaření, ale u druhého materiálu studený spoj téměř v celé oblasti. Taktéž přechod mezi přídavným kovem a základním materiálem je ostrý a tvoří konstrukční vrub, což je nepříznivé z hlediska namáhání.

## ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo analyzovat materiálový tok výroby vybraného finálního produktu a navrhnout optimalizaci výroby. Proto bylo zapotřebí celkovou výrobu zvedacího rámu důkladně zanalyzovat. Po dobu zpracovávání diplomové práce byla uskutečněna řada řízených pohovorů zejména s technologem a pracovníky, kteří se výrobě zvedacího rámu přímo účastnili. Při zkoumání reálných podkladů pro účely práce byly využity praktické poznatky ze všech pracovišť potřebné pro výrobu zvedacího rámu.

Výsledkem prováděných měření, pozorování pracovních postupů, provázanosti jednotlivých činností a jejich důkladné analýzy bylo vytvoření srozumitelného obrazu všech potřebných toků výroby zvedacího rámu.

Následně, byl pomocí vybraných metod, detailně popsán a zanalyzován současný stav výroby zvedacího rámu a nalezeny přesné stanovené technologické nedostatky vedoucí k nízké kvalitě a rentabilitě výroby zvedacího rámu.

Mimo jiné vyplynulo, že současný stav výroby zvedacího rámu je značně neproduktivní a kvalita výsledného dílce není v požadované kvalitě. Na základě těchto skutečností byl proveden návrh hlavních změn při výrobě zvedacího rámu.

Hlavním atributem při navrhování jednotlivých změn byla snaha o jednoduchost, přehlednost a srozumitelnost navržených procesů tak, aby mohly být do výroby uvedeny ihned.

V praktické části je analyzován výrobní proces zvedacího rámu. Tento finální produkt je vybrán proto, že přináší podniku malý zisk a jeho výroba v budoucnu se bude neustále opakovat, a jeho optimalizace je tudíž nezbytná. U tohoto produktu bylo také zjištěno, na kterém stupni dochází k nejvyšší zmetkovosti (svařování) a kde je produktivita výroby nejnižší (obrábění svařené sestavy na horizontálním obráběcím centru).

V oblasti svařování jsem navrhl nahradit současně používaný ochranný plyn C8 plynem C18. Na ověření vlivu změny plynu jsem vykonal metalografické vyhodnocení svařových spojů. Z hodnocení je možné konstatovat, že kvalita svaru při použití plynu C18 je výrazně kvalitnější.

Projekt optimalizace výroby zvedacího rámu je navržen především k odstranění technologických problémů spojených s vysokou zmetkovitostí a nízkou rentabilitou výroby zvedacího rámu.



Zavedením optimalizace výroby zvedacího rámu celá práce nekončí, naopak začíná další etapa. Tou je zvýšení četnosti vstupní a výstupní kontroly a další zvyšování produktivity výroby.

Navrhovaná optimalizace dané svařovací sestavy je pouze jedním z bodů celkové optimalizace výroby firmy Stoecklin. Vzhledem k růstu konkurence na trhu v oblasti manipulační techniky je další optimalizace a zvyšování produktivity velmi důležité. Tato diplomová práce je prvním krokem k celkovému zvýšení produktivity, rentability a k větší konkurenceschopnosti na trhu s manipulační technikou.

Na závěr chci zmínit, že výsledky diplomové práce mají vliv nejen na zvýšení kvality finálního výrobku pro konečného zákazníka ale i k vylepšení samotné organizaci výrobního procesu.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Dillinger.J, Moderní strojírenství, Praha 2007,ISBN 978-80-86706-19-1
- [2] Jurko J, Lukovics I , Obrábateľnosť materiálov, Zlín 2008,ISBN-978-80-7318-736-1
- [3] Humár A, Materiály pro řezné nástroje, Praha 2009,ISBN-978-80-254-2250-2
- [4] Ptáček L. a kolektiv, Nauka o materialu, Cerm Brno 2003, ISBN-80-7204-283-1
- [5] Houša J. Konstrukce číslicově řízených obráběcích strojů. Praha 1985 ISBN-681-322
- [6] Keřovský J. Moderní přístupy k řízení výroby, C.H.BECK, Praha 2009, s 137., ISBN-7400-119-2
- [7] MM Průmyslové spektrum – 2012-05-04 –ISSN-12122572
- [8] Přehled evropských norem v oblasti svařování a souvisejících procesů, 2005 Tesydo Brno , ISSN 12765678,
- [9] Řasa J, Švercl J. Strojnické tabulky, Brno 2004, ISBN 80-7183-312-6
- [10] Jandečka K a kolektiv, Postprocesory a programování NC strojů, Skalica 2007,ISBN-978-80-7044-870-0
- [11] Buda J, Teoria obrábania, Alfa Bratislava, Bratislava 1992, ISBN – 063-564-88
- [12] Sokolovskij A, Technologie strojírenství, Praha 1987, ISBN-301-05-48
- [13] Česká technická norma, Český normalizační institut 1998 ICS 25-160-40
- [15] Výkresová dokumentace firmy Stoecklin

**INTERNETOVÉ ZDROJE:**

- [16] [online] [cit. 2012.14.3 ] Dostupné z [http ://www.tesydo.cz](http://www.tesydo.cz) p-1258
- [17] [online] [cit. 2010. 4. 1 ] Dostupné z [http ://www.syad.cz](http://www.syad.cz) p-7812
- [18] [online] [cit. 2009.18.8 ] Dostupné z [http ://www.mmp.cz](http://www.mmp.cz) p-1214

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

AR	Argon
b	Šířka profilu
CAM	Počítačem podporovaná výroba
CAD	2D a 3D počítačové projektování
CNC	Computer numeric control
NC	Numeric control
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý
C8	Ochranný plyn
C18	Ochranný plyn
ČSN	Česká technická norma
F	Síla
h	Výška profilu
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
DIN	Německý ústav pro normalizaci
MIG	Obloukové svařování tavící se elektrodou
m	Metr
mm	Milimetr
M	Moment
N	Newton
t	Tloušťka stěny
T	Profil tvaru T
P	Přeplátovaný spoj
WIG	Obloukové svařování netavící se elektrodou

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 Tavné svařování[15].....	11
Obr.2 Svařování plamenem[15].....	12
Obr. 3 Ukázka plazmového svařování[16].....	16
Obr. 4 Vyměnitelná břitová destička pro obrábění[17].....	20
Obr. 5 Klasický soustruh SR50.....	21
Obr. 6 Klasická frézka vertikální[17].....	22
Obr. 7 Klasický soustruh PV 1000[17].....	23
Obr. 8 Simulace obrábění – surfcam[14].....	25
Obr. 9 Soustružnický automat MAZAK 1004V.....	26
Obr. 10 Zapichování –pomocí VBD[17].....	29
Obr. 11 Vyměnitelné břitové destičky ze supertvrdeho materiálu[17].....	32
Obr. 12 Pracovní diagram zkoušky tahem[6].....	35
Obr. 13 Charpyho kladivo[18].....	36
Obr. 14 Hodnocení tvrdosti podle Rockwella při použití ocelové kuličky[18].....	37
Obr. 15 Zkouška tvrdosti podle Brinella[18].....	39
Obr. 16 Zkouška tvrdosti materiálu dle Wickerse[18].....	40
Obr. 17 Zkouška prozářením[15].....	42
Obr. 18 Zkouška ultrazvukem[7].....	43
Obr.19 Vizuální ukázka sváru MIG/MAG.....	44
Obr. 20 Ukázka kapilární zkoušky[18].....	46
Obr. 21 Mikrostruktura oceli ve výchozím stavu.....	46
Obr. 22 Výkresová obráběcí sestava zvedacího rámu[15].....	50

Obr.23 Horizontální vyvrtávačka W100.....	53
Obr. 24 Vertikální obráběcí centrum Feeler FV825[7] .....	54
Obr. 25 Měření drsnosti povrchu po obrábění na horizontální frézce.....	57
Obr. 26 Nástroj pro obrábění na konvenčním horizontálním stroji.....	57
Obr. 27 Měření drsnosti povrchu po obrábění na CNC frézovacím centru.....	58
Obr. 28 Frézovací nástroj s vyměnitelnými břitovými destičkami.....	58
Obr. 29 Průměrná aritmetická odchylka profilu.....	59
Obr. 30 Největší výška profilu.....	59
Obr. 31 Průměrná výška profilu.....	60
Obr. 32 Obrábění zvedacího rámu na klasické frézce.....	60
Obr. 33 Obrábění zvedacího rámu na CNC frézce .....	60
Obr. 34 Výkresová sestava zvedacího rámu [15].....	62
Obr. 35. Kresba koutového svaru pomocí ochranného plynu C8.....	65
Obr. 36. Kresba koutového svaru pomocí ochranného plynu C18.....	65
Obr. 37 Ukázka svaru plynem C18 po kapilární zkoušce.....	66
Obr. 38 Ukázka svaru plynem C8 po kapilární zkoušce.....	66
Obr. 39 C8- T detail.....	68
Obr. 40 C8- P detail.....	68
Obr.41 C18 – T detail.....	69
Obr. 42 C18 – P detail.....	69

## **SEZNAM TABULEK**

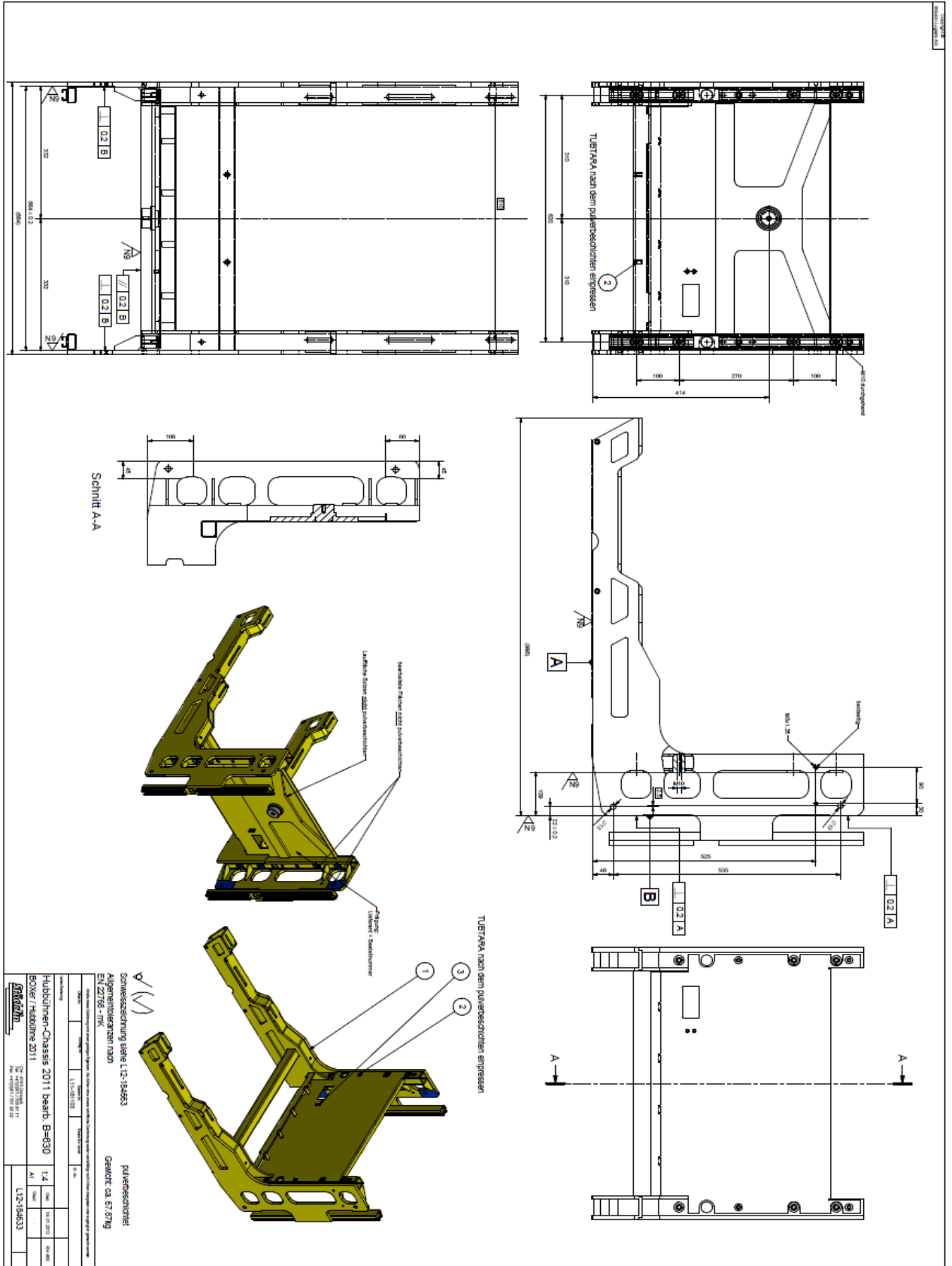
Tab. 5 Vlastnosti oceli 11373 a 11343

Tab. 6 Srovnání operačních časů

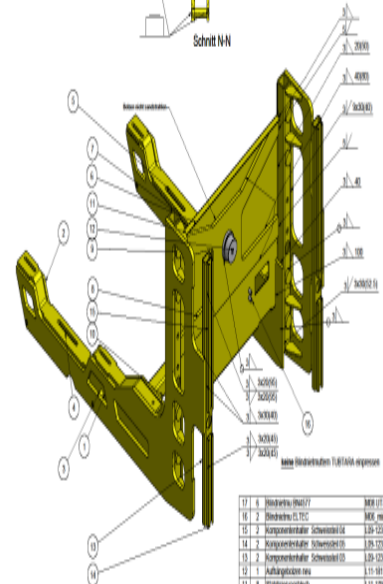
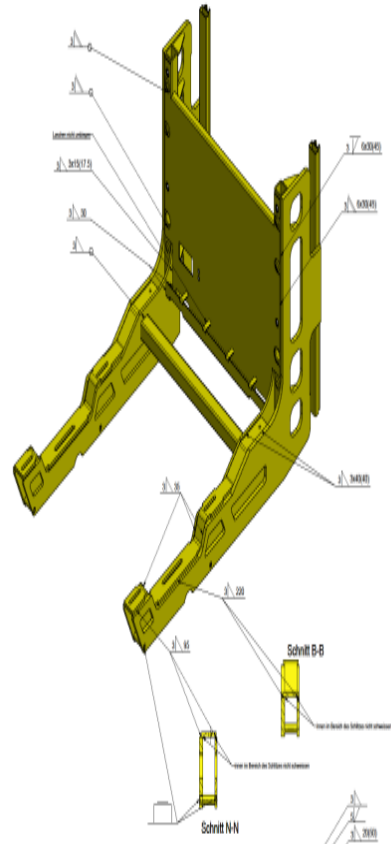
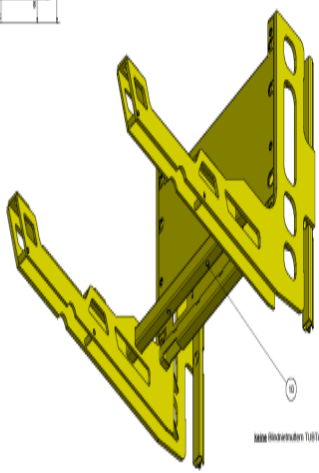
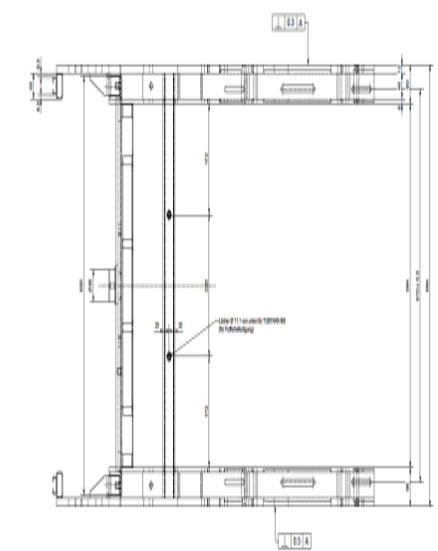
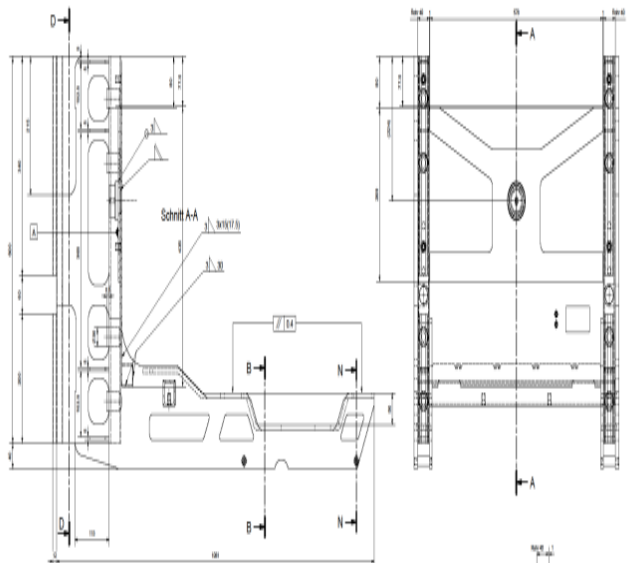
Tab. 7 naměřené hodnoty po obrábění na konvenční frézce

Tab. 8 Naměřené hodnoty po obrábění na CNC frézce

# PŘÍLOHA : VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE ZVEDACÍHO RÁMU





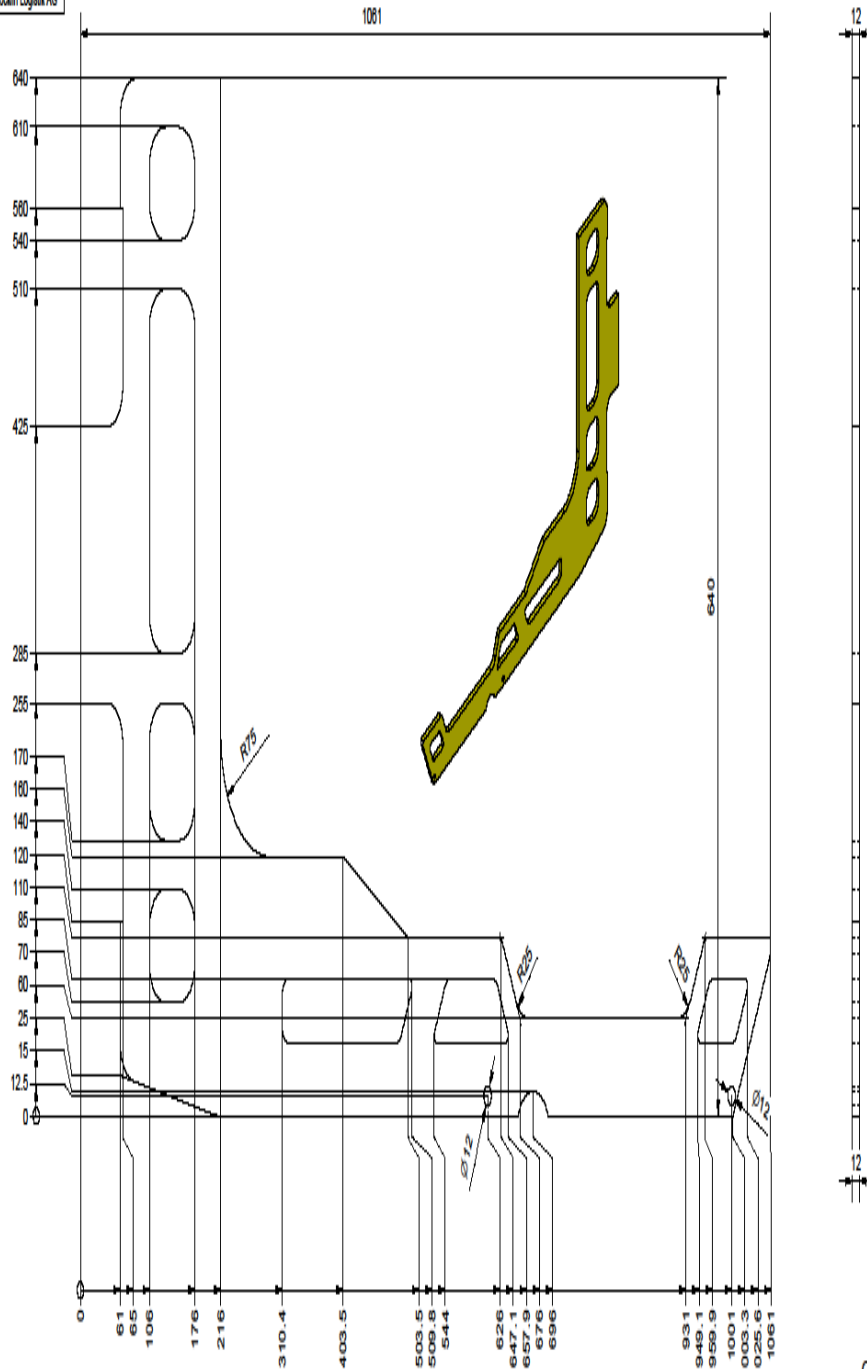


12	8	Werkstoff: 16Mn21	M6 x 11 x 1,1	17925
16	2	Blende aus 1.702	M6	verf. 600
15	2	Komponentenhalter	Schweißteil 04	136 120130
14	2	Komponentenhalter	Schweißteil 03	136 120179
13	2	Komponentenhalter	Schweißteil 02	136 120147
12	1	Aufhängelocke aus		136 161110
11	8	Zuganker aus		136 179020
10	1	1.4016 aus	Ø16 x 100	101911-100
9	4	Stützbohle aus		136 120643
8	1	Stützbohle		136 170647
7	2	Halbbohle aus	Teil 04	136 120009
6	1	Halbbohle aus	Teil 02	136 161117
5	1	Halbbohle aus	Teil 01	136 160009
4	1	Halbbohle aus	Teil 03	136 160009
3	4	Stützbohle		136 170103
2	2	Halbbohle aus	Teil 04-02	136 160173
1	2	Halbbohle aus	Teil 01-02	136 160177

Pos./Menge: 1/1  
 Beschriftung: CAD 01

gefertigt  
 Aggregatbauwerk AGH  
 FN 243664  
 Aggregatbauwerk Dr. Scheuba  
 Industriestraße FN 6501- A - E  
 Schwennstraße 15  
 1040 Wien  
 Qualitätsmanagement FN 36173

Copyright ©  
Südwin Logistik AG



Gewicht: ca. 13.13kg

Inhalt dieser Zeichnung sind unser geistiges Eigentum. Sie dürfen ohne unsere schriftliche Zustimmung weder vervielfältigt noch Dritten übergeben oder zugänglich gemacht werden.

Client No.	Drawing No.	Item No.	Created by / durch	Item No.
1.0880		L11-181122		531383

Letzte Änderung

Hubbühnen-Chassis Teil 01 B=630		1:2.5	Gez.	04.01.2012	RH 463
BOXer / Hubbühne 2011		A3	Gepr.	...	

Allgemeintoleranzen nach  
EN 22768 - mK



CH - 4143 Dornach  
Tel. 001 7705 81 11  
Fax 001 7701 30 32

L12-184727