



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

SVARKY V TECHNICKÉ DOKUMENTACI

WELDMENT IN THE ENGINEERING DOCUMENTATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jiří Černošek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Petr Svoboda, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav konstruování
Student:	Jiří Černošek
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	doc. Ing. Petr Svoboda, Ph.D.
Akademický rok:	2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Svarky v technické dokumentaci

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Svařování patří mezi moderní způsoby výroby nerozebíratelných spojů a velmi často nahrazuje nýtování, kování, odlévání apod. Technická dokumentace svarků musí reflektovat současné české normy (ČSN), evropské normy (ISO), výrobní operace, materiály a metody. Syntéza těchto znalostí v příkladech technické dokumentace může napomoci k ucelení představ o navrhování svařovaných konstrukcí.

Typ práce: rešeršně syntetická

Cíle bakalářské práce:

Hlavním cílem je zpracování přehledu současného stavu poznání v oblasti tvorby technické dokumentace svarků a syntéza těchto poznatků do příkladů výkresové dokumentace.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- popsat současné české a evropské normy věnující se výkresové dokumentaci svarků,
- popsat vybrané metody a materiály, které se používají pro svařování,
- analyzovat získané informace s ohledem na konstrukční proces,
- syntéza informací na příkladech výkresové dokumentace.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, výkresy součástí, výkres sestavení, digitální data.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2017.pdf

Seznam doporučené literatury:

TIMINGS, Roger. Fabrication and welding engineering. 1st ed. Oxford: Newnes, 2008. ISBN 978-07-0666-916.

SINGH, Ramesh. Applied Welding Engineering: Processes, Codes, and Standards. Second Edition. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2016. ISBN 978-0-12-804176-5.

PHILLIPS, David H. Welding engineering: an introduction. First Edition. Chichester, West Sussex: Wiley, 2016. ISBN 978-111-8766-446.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

Abstrakt

Předložená bakalářská práce se zaměřuje na současný stav poznání v oblasti tvorby technické dokumentace svařků. Popisuje základní způsoby svařování a materiály k tomu využívající. Shrnuje jednotlivé typy svařů společně s jejich značení na výkresech. Udává též přehled výkresů společně s nejdůležitějšími pravidly, která je nutné dodržovat. Součástí bakalářské práce je i jednoduchý příklad zobrazující současný standardní postup při vytváření svařku.

Klíčová slova

Technická dokumentace, výkresová dokumentace, svařování, svary, počítačové modelování svařků.

Abstract

Submitted bachelor's thesis is aimed at the present state of recognition in the field of weld's technical documentation. It describes basic methodes of welding including materials being used with such a processes. It summarizes individual types of welds together with their markings on drawings. It also shows overview of all types of drawings including most important rules, which must be kept up. Part of this bachelors thesis is also simple example, which displays todays standard procedure of welder's creation.

Key words

Technical documentation, drawing documentation, welding, welds, weld's computer modeling.

Bibliografická citace

ČERNOŠEK, J. *Svarky v technické dokumentaci*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 68 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Petr Svoboda, Ph.D..

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Petru Svobodovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a ochotnost.

Čestné prohlášení

Tímto prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci vypracoval zcela samostatně, pouze s použitím uvedených pramenů a ve spolupráci s vedoucím práce Ing. Petrem Svobodou, Ph.D..

V Brně dne 14. května 2017

.....
Jiří Černošek

OBSAH

1 ÚVOD	11
2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	12
3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	13
3.1 Základní normy svařování	13
3.2 Mechanická spojení	13
3.3 Materiály	14
3.3.1 Svařování ocelí	15
3.3.2 Svařování litiny	17
3.3.3 Svařování neželezných kovů a jejich slitin	17
3.3.4 Svařování plastů	18
3.3.5 Přídavný materiál	18
3.4 Technologie svařování	18
3.4.1 Příprava svarů před svařováním	19
3.4.2 Tavné svařování	19
3.4.3 Tlakové svařování	23
3.4.4 Kombinované svařování	24
3.4.5 Dokončování svarů	26
3.5 Výkresová dokumentace	27
3.5.1 Typy výkresů	28
3.5.2 Bližší pohled na obsah výkresu pro svařování a obrábění	30
3.6 Bezpečnost	41
4 DISKUZE	44
4.1 Příprava vytváření výkresové dokumentace	44
4.1.1 Příprava výroby	44
4.1.2 Výroba	45
4.2 Budoucnost svařování	50
5 ZÁVĚR	53
6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	54
7 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	57
8 SEZNAM TABULEK	58
9 SEZNAM PŘÍLOH	59

1 ÚVOD

Svařování patří společně s nýtováním, pájením a lepením mezi moderní způsoby vytváření nerozebíratelných spojů [1]. Podstata této metody spočívá ve svaření vhodných materiálů kovových nebo plastových, kdy dochází ke vzniku nových meziatomových vazeb podmíněného změnou vnitřní struktury základních materiálů, které nám umožní homogenní látkové spojení. Vznik těchto vazeb v rámci svařování uskutečňujeme pomocí tepla (např. elektrickým obloukem a plamenem), tlaku (např. elektrickým odporem a výbuchem), nebo kombinací obojího popřípadě doplněným přítomností přídavného materiálu. Obecně platí závislost, že čím vyšší působí tlak, tím méně je potřeba vnést teplo, a obráceně.

Při svařování dochází ke spojení dvou a více dílců, z nichž je vytvořen jeden celistvý kus, tzv. svarek. Za dílce vhodné ke svařování jsou nejčastěji považovány tvářené polotovary (např. plechy a profily), dále pak odlitky a výkovky. Před samotným procesem je důležitá příprava, v jejímž rámci dochází k očištění stykových ploch navařovaných dílců, což zamezí vniknutí nečistot do prováděného svaru a usnadní vzájemné dosednutí. Zároveň je potřeba zajistit optimální vzájemnou polohu svařovaných dílců. K tomuto účelu nám slouží svěrky, opěrky či upínky pro kusovou výrobu a různá polohovadla pro velkosériovou výrobu [1]. K dosažení konečného tvaru výrobku dochází po svařování k obrobení funkčních ploch (např. díry a drážky) a v případě zvýšené přítomnosti nežádoucích vnitřních pnutí ještě následuje vyžihání.

Provedení a rozsah technické dokumentace svařování se odvíjí především od počtu vyráběných svarků, jejich složitosti a způsobu výroby. Zatímco u jednoduchých svarků nám k úplnému zobrazení postačí jediný výkres pro svařování a obrábění, u složitějších svarků nebo u hromadnější sériové výroby obě technologie - jak svařování, tak i obrábění - potřebují svůj vlastní výkres [2].

Na počátku postupu výroby stojí projektant, jehož úkolem je vytvořit co možná nejekonomičtější řešení, které však z hlediska požadované kvality a bezpečnosti splní svou budoucí funkci a s tím i požadavky zákazníka. Následně konstruktér vytvoří výkresovou dokumentaci, ve které zvolí a zakreslí vhodný typ svaru. Na závěr určí technolog na základě předepsaných svarů potřebné parametry pro jejich provedení [3].

Díky jednoduchosti provedení a poměrně nízkým nákladům i za předpokladu vytváření tvarově i rozměrově složitějších výrobků patří svařování v dnešní době mezi preferované volby konstrukčního řešení. Mezi další jeho výhody patří možnost dosažení nižší hmotnosti při vytváření libovolného tvaru svařence. Oproti nýtování se jedná o bezhlučnou metodu a spoje vykazují v tomto případě i těsnost. Při kvalitním provedení svaru je navíc únosnost v místě spoje často stejná nebo téměř ekvivalentní únosnosti spojovaných dílů. Na druhou stranu jsme omezeni svařitelností materiálů či jejich vzájemnou podobností, kdy přílišná odlišnost vede ke vzniku strukturálních zón s různými velikostmi a tvary hranic zrn. Kvůli způsobenému odhmotnění mají svařence i menší tlumící schopnost a přítomné tepelné roztavení vede k nežádoucím pnutím, které má za následek deformaci svařovaných dílů a změny struktury jejich materiálů [4].

2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

Tato bakalářská práce je vytvořená primárně pro studenty předmětu Konstruování a jím podobných. Z důvodu časových limitů výuka nikdy nezachází do hloubky vybraných témat a pouze nastiňuje jejich základní vlastnosti a pravidla. Od tohoto způsobu výuky se také odvíjí zpracování příslušných učebnic a jejich všeobecný obsah. Student je tak nucen podrobnější informace dohledávat v externích pramenech. Tato metoda se však někomu může jevit jako zdlouhavá a náročná.

Cílem proto bylo vytvoření rešeršního pojednání a vytvoření uceleného náhledu o současném stavu poznání v oblasti svařování v technické dokumentaci, které by svým obsahem rozšířilo oblast poznání i za hranice zmíněných učebnic.

K přiblížení tohoto typu vytváření nerozebíratelných spojů jsou zde popsány základní typy svařování. Další podkapitoly pojednávají o používaných materiálech, typech svarů, jejich značení na technických výkresech a stručném shrnutí bezpečnostních pravidel minimalizujících riziko spojené s povoláním svářeče. V rámci výkresů svarků jsou též popsány současné české a evropské normy věnující se jejich dokumentaci.

Součástí bakalářské práce je i příklad, který shrnuje získané informace a na jejich základě zobrazuje současný standardní postup při vytváření svarku doplněný o výkresovou dokumentaci jednotlivých součástí a celkového sestavení.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

3

3.1 Základní normy svařování

3.1

Každá technologie výroby se začne po určité době své existence standardizovat. Standardizace je proces zavádění ověřených postupů vedoucí ke koordinaci výroby a opakovatelnosti její kvality. Aby došlo k mezinárodnímu sjednocení těchto postupů, zavádějí se technické normy. Jedná se o kvalifikovaná, avšak nikoli povinná doporučení, která pro všeobecné a opakované použití poskytují pravidla, směrnice a pokyny zajišťující vhodnost materiálu, výrobku a postupu výroby k danému účelu.

V České republice se technologii svařování věnuje třída 05 [5]. Seznam norem využívaných při tvorbě technické dokumentace společně s jejich evropským ekvivalentem je uveden v tab. 3-1.

Tab. 3-1 Základní normy svařování

<i>Název normy</i>	<i>Číselné označení</i>	<i>Evropský ekvivalent</i>
Základní názvosloví	ČSN 050000	-
Metody svařování	ČSN 050011	EN ISO 4063
Polohy svařování, úhly sklonu a otočení	ČSN 050024	EN ISO 6947
Stupeň jakosti	ČSN 050110	EN ISO 5817
Svařitelnost	ČSN 051330	EN ISO 18278
Přídavný materiál	ČSN 055805	EN ISO 13479
Svarové spoje	-	EN ISO 2553
Všeobecné tolerance svařovaných konstrukcí	ČSN 050205	EN ISO 13920
Příprava svarových ploch	ČSN 050025	EN ISO 9692

Norma ČSN 050000 [6] je kořenem, jelikož určuje názvy základních pojmů používaných v oboru svařování kovů a vymezuje jejich význam. Vždy jednou větou popisuje:

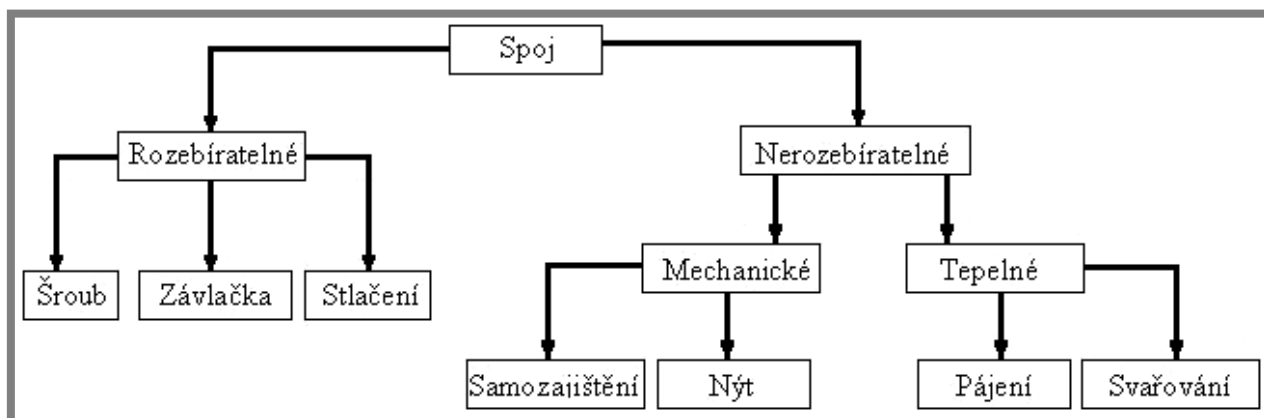
- všeobecné pojmy - svařování, svar, návar, svařované konstrukce atd.
- způsoby svařování - typy tavného a tlakového svařování
- technologie svařování - směr svařování, základní a přídavný materiál, šířka a převýšení svaru atd.
- svarové spoje a svary - svar tupý, koutový, děrový, jednovrstvý, montážní atd.

Ostatní normy jsou obsáhleji popsány v příslušných kapitolách.

3.2 Mechanická spojení

3.2

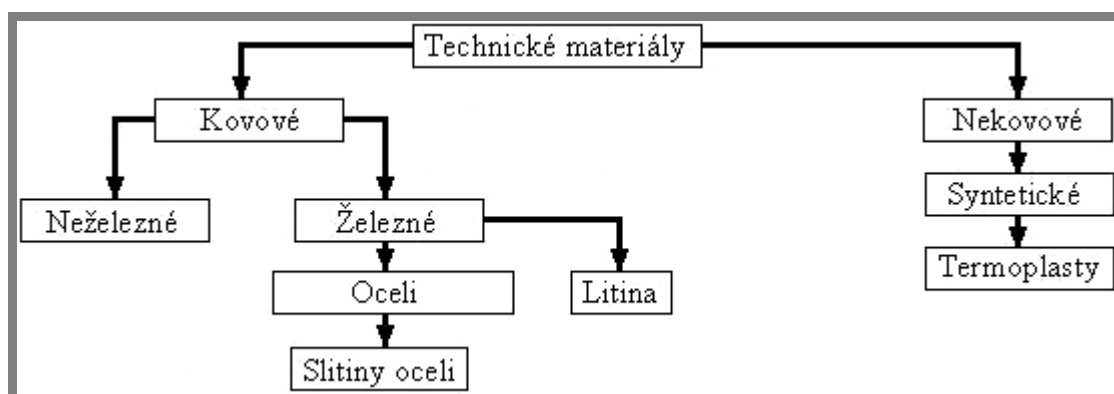
Obecně existují dva druhy - rozebíratelné a nerozebíratelné. Tato označení jsou zcela vypovídající. Zatímco rozebíratelné spoje lze rozmontovat a opětovně složit bez větších problémů tolikrát za sebou, kolikrát to příslušný materiál dovolí, tak jediný způsob na rozdělení nerozebíratelných spojů je destrukce buď spojovacích (např. nýtování) nebo spojovaných komponent (např. svařování). Přehled současných možností mechanického spojení znázorňuje obr. 3-2.



Obr. 3-2 Rozdělení mechanických spojení

3.3 Materiály

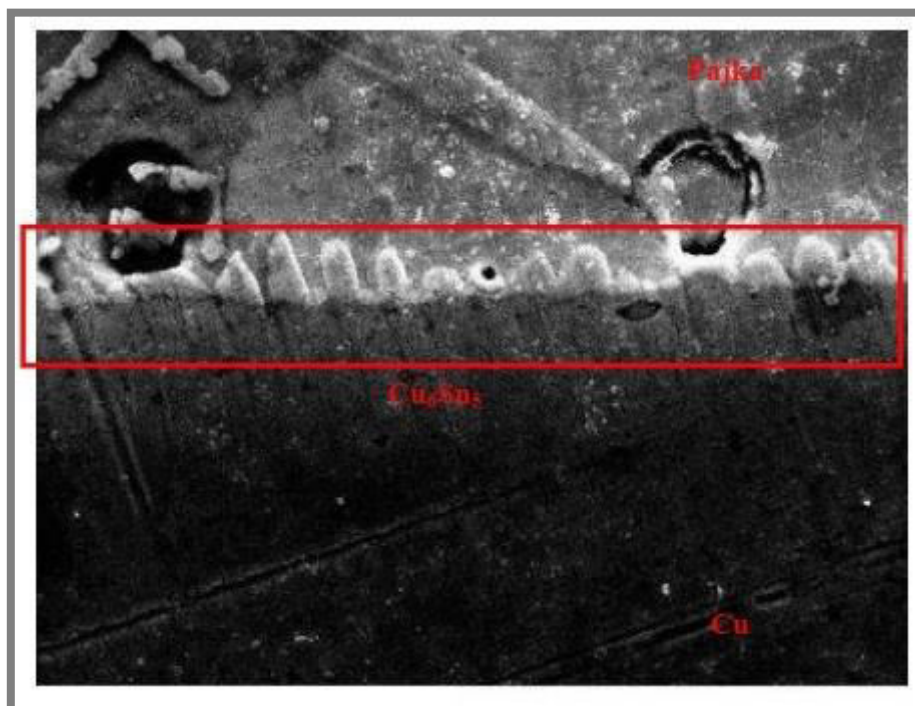
Jak bylo řečeno v úvodu, mezi materiály určené ke svařování se řadí vhodné kovy a plasty. Jejich přehled je zobrazen na obr. 3-3.1.



Obr. 3-3.1 Rozdělení svařovacích materiálů

V rámci kovů může dojít ke vzájemnému spojení železných i neželezných, avšak žádný z těchto typů nelze zkombinovat s plasty.

Odlišné materiály vyžadují odlišné způsoby svařování, a z tohoto důvodu je potřeba obezřetnost v případě, že se je rozhodneme vzájemně spojit. Pokud je v rámci kovů příliš velký rozdíl ve vnitřní struktuře spojený kupříkladu s rozdílnými teplotami tání, dochází ve většině případů ke vzniku tzv. intermetalických fází. Jedná se o homogenní substanci (příklad na obr. 3-3.2). V místě této substance se vytvoří příliš mnoho rozličných chemických vazeb a výsledný materiál svaru se výrazně odlišuje od těch základních. Dochází tak k vytvoření přílišných tepelných pnutí a deformací způsobujících snížení plasticity a pevnosti svaru i značnou křehkost, která zabraňuje uskutečnit jakoukoliv navazující tepelnou úpravu materiálu.



Obr. 3-3.2 Intermetalická fáze na rozhraní pájky tvořené cínem a stříbrem a spojovaného materiálu z mědi [7]

Svařitelnost je společnou nejdůležitější technologickou vlastností materiálů určených ke svařování. Určuje míru dosažení zhotovení svarku s požadovanou funkcí. Posuzuje se z hlediska materiálu (chemické složení a struktura), zvoleného procesu svařování a provedení daného procesu (tvarové a rozměrové řešení spoje a jeho tuhosti) [8]. Svařitelnost dělíme na tavnou a odporovou.

Tuto vlastnost materiálů nám blíže popisuje norma ČSN EN ISO 18278 [9]. Popisuje zkoušky prováděné k určení hodnocení svařitelnosti kovových materiálů pro odporové bodové, švové a výstupkové svařování a výsledky vyhodnocuje v tabulkové formě podle normy EN ISO 15609-5. Též nám popisuje používané svařovací stroje a elektrody.

3.3.1 Svařování ocelí

V rámci svařování jsou kapitolou sami pro sebe oceli, které patří mezi nejčastěji používané kovové materiály. Mohou se svařovat tavně i odporově.

V rámci tavné svařitelnosti platí následující:

a) nelegované oceli - svařitelnost vždy ovlivňuje množství ostatních prvků a nečistot v oceli. Ačkoli je potřeba mít o nich přehled, tak největší vliv na svařitelnost má jednoznačně uhlík. U nelegovaných ocelí platí, že do obsahu $C < 0,22 \%$ jsou dobře svařitelné do tloušťky 25 mm bez jakéhokoliv předehřevu, avšak pro tloušťky větší než 25 mm již musí být teplota předehřevu upravena stejně jako rychlost ochlazování [1]. Všeobecně platí, že čím tlustší jsou dílce nebo vyšší obsah C, tím nižší musí být ochlazovací rychlost a tím vyšší musí být teplota předehřevu. Vyšší obsah uhlíku způsobuje vyšší tvrdost a křehkost materiálu, která vede k nežádoucím pnutím a riziku vytvoření prasklin. Zejména v sériové výrobě se

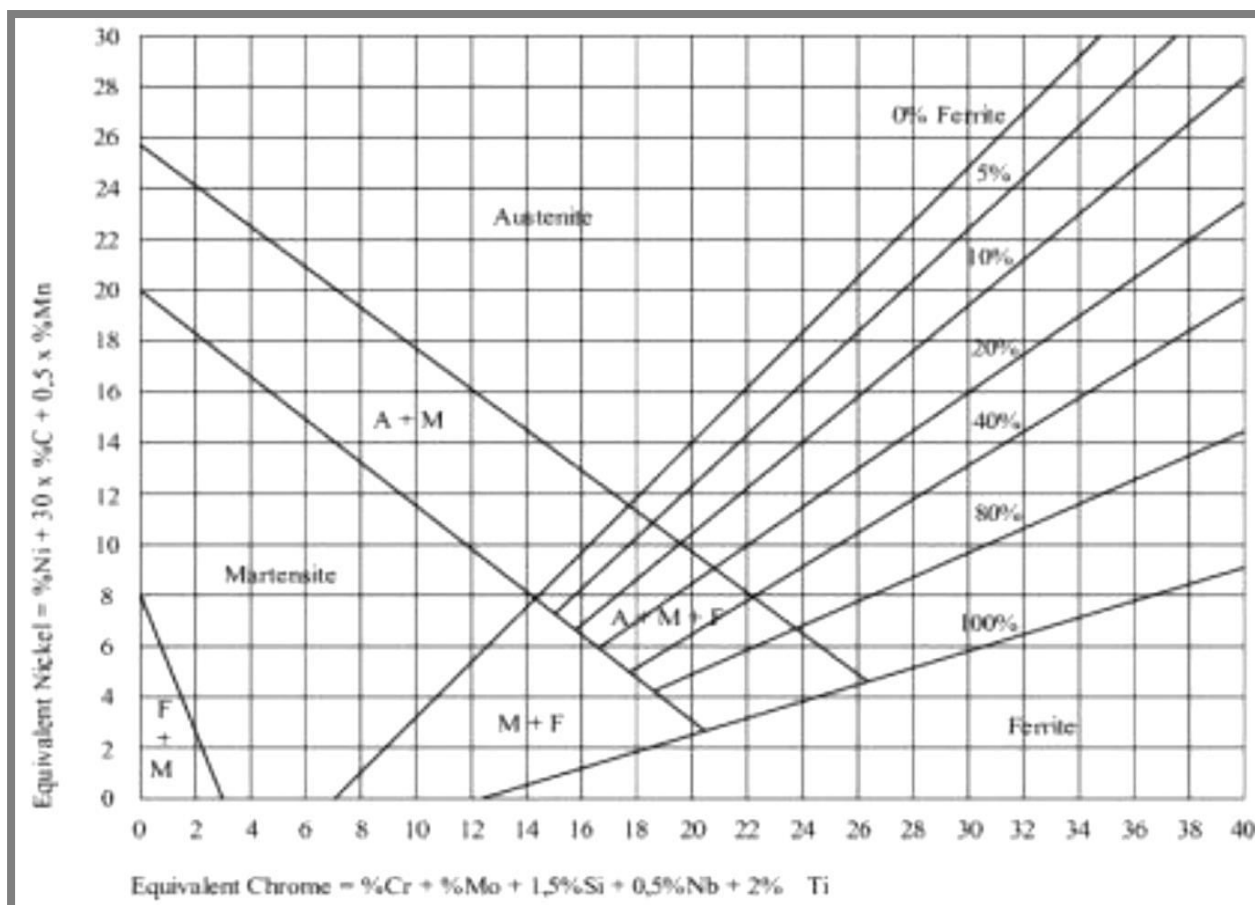
tak vůbec nedoporučují oceli s obsahem $C > 0,5 \%$.

b) legované oceli - legování ocelí znamená cílené přidávání cizích prvků za účelem zlepšení vlastností dané oceli. Tím pádem je potřeba zjistit vliv těchto přídavných prvků na celkové chemické složení. K tomu nám slouží výpočet tzv. uhlíkového ekvivalentu C_E [1].

$$\text{uhlíkový ekvivalent: } C_E = [C + (\text{Mn}/6)] + [(\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V})/5] + [(\text{Cu} + \text{Ni})/15] \text{ [%]}$$

Hodnota uhlíkového ekvivalentu by neměla přesáhnout hranici $0,5 \%$.

c) korozivzdorné oceli - zde se využívá tzv. Schäfflerův výpočet ekvivalentu chromu a niklu. Na základě výsledných hodnot se posléze provádí kontrola strukturní složky v tepelně ovlivněné oblasti podle Schäfflerova diagramu (obr. 2-2.1 - na obrázku jsou k vidění vzorce pro oba ekvivalenty).



Obr. 3-3.1 Schäfflerův diagram [8]

V rámci odporové svařitelnosti platí následující:

Daným měřítkem odporové svařitelnosti je v rámci ocelí opět působení legujících prvků, tudíž zde opětovně uplatníme výpočet uhlíkového ekvivalentu, který má však tentokrát lehce pozměněný tvar [8].

$$\text{uhlíkový ekvivalent: } C_E = C + \text{Mn}/6 + \text{Cr}/5 + \text{Ni}/15 + \text{Mo}/6 + \text{V}/4 \text{ [%]}$$

Ve všech vzorcích pro ekvivalenty se za prvky dosazuje hmotnostní procento obsahu tohoto prvku v dané oceli [1]. Přehled některých ocelí rozdělených podle jejich svařitelnosti zobrazuje příloha (1).

Mezi nejčastěji používané oceli z hlediska rozsahu jejich využití patří [10]:

- 11343 - tavně svařovaná neušlechtilá konstrukční ocel vhodná na součásti s menší tloušťkou, které jsou namáhány staticky nebo mírně dynamicky (např. čepy a držáky)
- 11375 - tavně svařovaná neušlechtilá konstrukční ocel obvyklé jakosti vhodná na součásti se střední tloušťkou namáhány běžně staticky i dynamicky (např. pouzdra a náboje)
- 11523 - pevnější nelegovaná konstrukční jemnozrnná jakostní ocel vhodná na více namáhané součásti (např. mostní konstrukce a tlakové nádoby)

3.3.2 Svařování litin

3.3.2

Svařování litin je obtížná technologie. Na vině je vysoký obsah uhlíku (2-4,5 %), křemíku (1-3 %) a nečistot. Toto chemické složení způsobuje vysokou křehkost, z čehož pramení nízká pevnost a houževnatost. Ta v kombinaci se špatnou vodivostí způsobuje náchylnost k praskání. Proto je nejprve nutný přehřev [8].

Ke spojení litin se často používají obalené elektrody na bázi niklu nebo bronzu [11]. Při samotném svařování se používá nejnižší možný proud a nejmenší průměr elektrody, které nezpůsobují přílišný ohřev povrchu litiny. Svarové housenky bývají krátké a postupně se překovávají. Po spojení se provede žihání, které spočívá v zahřátí litiny na teplotu 500-1200 °C a následném pomalém ochlazení buď v vzduchu, nebo v hale při teplotě kolem 20 °C.

Mezi elektrody vhodné ke svařování litin patří např. ES 716 a ES 723 [11].

3.3.3 Svařování neželezných kovů a jejich slitin

3.3.3

Tyto materiály mají vesměs dobrou svařitelnost, proto se k jejich spojování mohou používat téměř všechny způsoby tavného i odporového svařování [8]. Jejich největší výhoda oproti kovovým materiálům spočívá v nenutnosti pomalého chlazení. Již krátce po ohřátí je můžeme ponořit do lázně, a i přesto nedojde k prudkému sražení spojené se ztrátou ochranné vrstvy kyslíku, která je typická pro prudké ochlazení.

Velké zastoupení v této kategorii má hliník, který je po oceli druhým nejpoužívanějším kovem ke svařování díky své univerzalitě při výběru typu svařování. Má však i některé negativní vlastnosti, které je potřeba brát na vědomí. Na jeho povrchu se nachází vrstva oxidu Al_2O_3 s vysokou teplotou tání (kolem 2050°C), kterou je potřeba před svařením odstranit. Neměnnost barvy při ohřevu také komplikuje určení bodu tavení a sledování tavné lázně

Mezi nejvhodnější způsoby určené ke svařování neželezných kovů patří svařování netavicí se elektrodou v inertním plynu (TIG, MIG) a odporové svařování.

3.3.4 Svařování plastů

Z celé škály plastů se svařují výhradně termoplasty. Jedná se o typ plastu, který lze opakovaně zahřívat do kapalného stavu a následně ochlazovat zpět do tuhého. Reaktoplasty a elastomery se naopak po ochlazení vytvrdí a nelze je již převést zpět do plastického stavu.

Metody svařování termoplastů jsou sice odvozeny od svařování kovů, nedochází zde však po ohřátí k vytvoření taveniny. Zvýšená teplota pouze oslabí přitažlivé síly působící v řetězcích, ze kterých se skládají makromolekuly. Následně dojde k propletení těchto řetězců a po ochlazení se obnoví přitažlivé síly, které tak zabrání opětovnému rozpojení.

3.3.5 Přídavný materiál

Používá se na vyplnění svarových spár, kdy při roztavení vytvoří společně se základním materiálem svarový kov. Je důležité, aby jeho chemické složení bylo stejné nebo velmi podobné chemickému složení základních materiálů spojovaných dílců, se kterými vytvoří při roztavení příslušný svarový kov. Ovlivňuje nám typ a rychlost svařování i složení a vzhled výsledného svaru. Mezi přídavné materiály patří elektrody, tavidla, svařovací dráty nebo keramické podložky. Volíme je s ohledem na svařovací polohu, typ svaru, způsobu zatížení materiálu, jeho tloušťku apod.

Použití přídavného materiálu blíže popisuje norma ČSN EN ISO 13479 [12]. Stanovuje dodací podmínky pro přídavné kovy a tavidla pro tavné svařování kovových materiálů. Též pomáhá zajistit podobnost materiálů na základě jejich mechanických vlastností a chemického složení. Dále hodnotí shodu výrobku uvedeného na trh se stanovenými kritérii jeho provedení. K tomu slouží základní typové zkoušky provedené ve shodě s normou EN ISO 544.

3.4 Technologie svařování

Svařování nabylo dnešní podoby v 19. století. Objev acetyleny v roce 1836 předcházela vyvinutí svařování a řezání plynem a vynález elektrického generátoru roku 1889 zase předcházela svařování elektrickým obloukem. Ve 20. století se postupem času tato technologie vytváření nerozebíratelných spojů s novými objevy a možnostmi neustále vyvíjela. Největšího rozmachu bylo dosaženo v obdobích 1. a 2. světové války, kdy kritická situace zapříčinila enormní vývoj všech technologií, které by danou stranu udržely krok před nepřítelem. Díky výrobní rychlosti převyšující do té doby častěji používaného nýtování a šroubování hrálo svařování důležitou roli kupříkladu k vytváření dopravních prostředků dovážejících vojáky či suroviny na potřebná místa. V druhé polovině 20. století byly poté vyvinuty speciální metody svařování využívající plazmu, laser, ultrazvuk i elektronový paprsek. Poslední vyvinutou metodou z 90. let minulého století je třecí svařování promíšením.

Přehled metod svařování společně s příbuznými procesy nám udává norma ČSN EN ISO 4063 [13]. Také popisuje funkci jejich číselného a písmenného označení. Jejich popis a některé případy značení shrnuje tab. 3-4.1.

Tab. 3-4.1 Označení metod svařování

Označení	Význam
1. číslo	hlavní skupina metod
2. číslo	skupina
3. číslo	podskupina
ISO 4063-131	mezinárodní forma a číslo metody v případě úplného označení metody
ISO 4063-131-2	číslo udávající počet elektrod v případě jejich většího množství
ISO 4063-131-H	přítomnost přídavného materiálu
522+15	metody svařování oddělené znamínkem „+“ v případě jejich většího množství

Výběr některých typů svařování a jejich značení podle normy ČSN EN ISO 4063 se nachází v příloze (2).

3.4.1 Příprava svarů před svařováním

3.4.1

Před samotným procesem svaření se musí podle potřeby provést povrchová úprava svarových ploch. Ta se provádí mechanicky např. obráběním nebo frézováním. Cílem je dosáhnout hladkého, čistě kovového povrchu bez nerovností a nežádoucích vrstev oxidů.

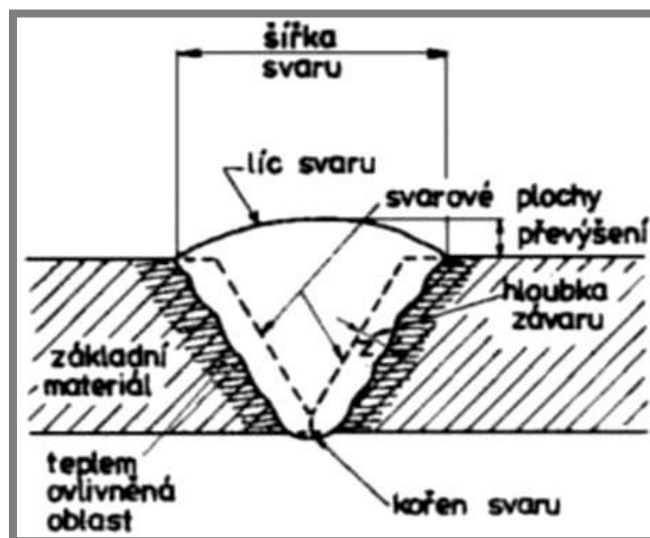
Vždy je přijatelnější používat ke svaření materiály s podobnou vnitřní strukturou, jelikož jejich přílišná odlišnost vede i k odlišnosti krystalizací vytvořené nové struktury. Rozdíly v krystalických mřížkách vedou k vnitřním pnutím a deformacím, které způsobí změnu struktury základního materiálu v blízkosti svaru. K stejnému problému dojde i v případě vnesení přílišného tepla. Tepelně ovlivněná oblast základního materiálu závisí přímo úměrně na teplotě, jejíž velikosti odpovídají tepelná pnutí [4].

3.4.2 Tavné svařování

3.4.2

Jedná se o typ svařování, při kterém se nepoužívá tlak ani rázy, ale pouze teplo.

Tavné svaření začíná natavením svarových ploch základního materiálu [8]. Vytvoří se tavná lázeň, jejíž součástí je v případě potřeby svaru i přídavný materiál. Jako první se vytvoří kořen svaru, na který se v případě větší tloušťky svařovaných součástí postupně nabalují další vrstvy v podobě housenek, dokud nedojde k úplnému vyplnění průřezu, tzv. svarového kovu spoje. Průřez je převážně tvořen přídavným materiálem, který při procesu proniká do základního materiálu. Hloubka proniknutí se označuje jako hloubka závaru. Následně dochází k ochlazení místa spoje, které způsobí krystalizaci, kdy se začne vytvářet nová struktura skládající se z kombinace základního a přídavného materiálu. Jednotlivé části svaru jsou znázorněny na obr. 3-4.2.1.



Obr. 3-4.2.1 Části svaru [8]

3.4.2.1 Svařování elektrickým obloukem

Díky relativně nízké nákladnosti a schopnosti dosáhnout vysokých teplot (až do 7000 °C) umožňujících svařit součásti i s tlustšími profily, patří svařování elektrickým obloukem v dnešní době mezi nejčastěji používané možnosti tavného svařování.

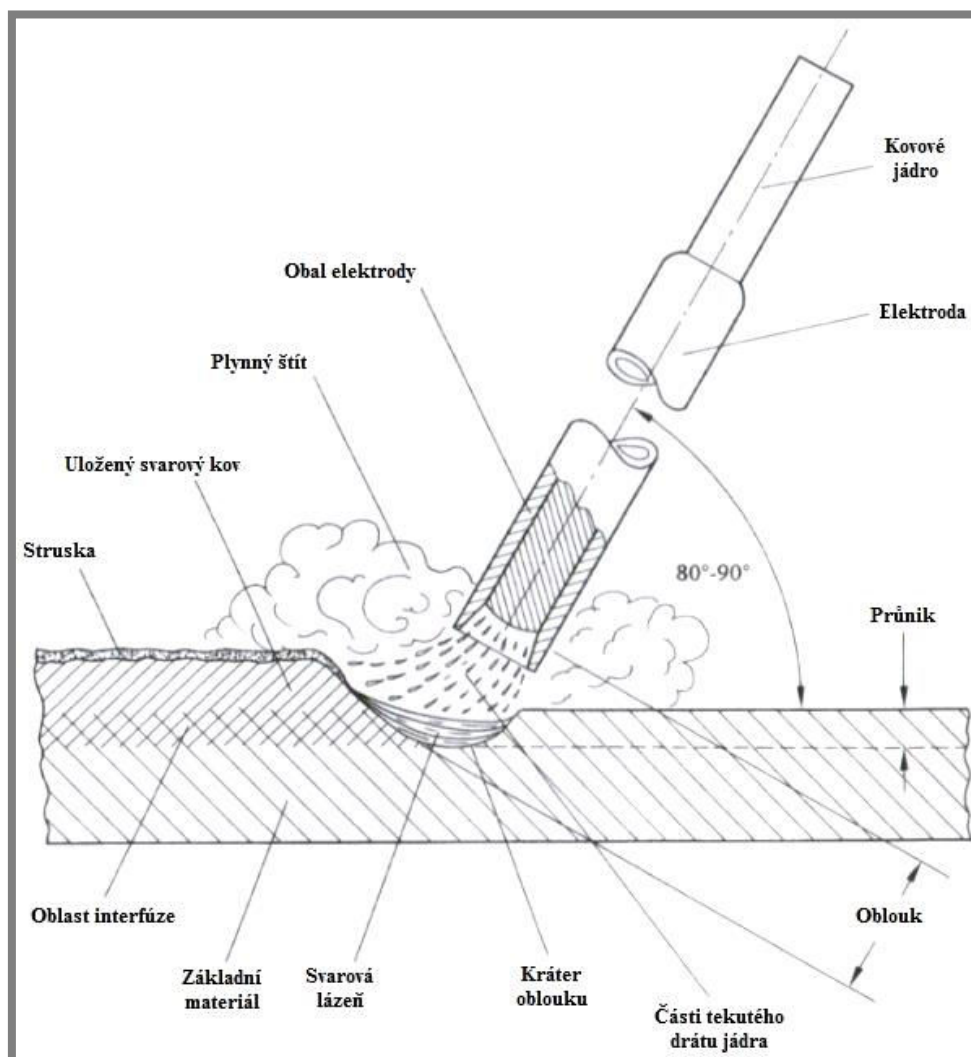
K vytvoření elektrického oblouku nám slouží elektrody, kdy oblouk hoří mezi nimi a svařovaným materiálem. Elektrody rozlišujeme na tavné a netavné.

a) tavné elektrody - kromě samotné tvorby elektrického oblouku slouží i jako zdroj přídavného materiálu, kdy se při působení tepla odtavují a jejich tekutá forma prochází skrz elektrický oblouk přímo do lázně.

Tavné elektrody lze dále rozdělit na holé a obalené.

Holé elektrody patří mezi nejstarší typy. Skládají se pouze z jádra. Nevýhodou je u nich jakákoli absence ochrany v místě spoje, který je tak náchylný na působení okolního prostředí. Standardně největším problémem bývá vrstva oxidu vznikající působením okolního prostředí, která se velmi rychle tvoří na povrchu základních materiálů a mění tak jejich vlastnosti (zejména pevnost a houževnatost). Neodstranění této vrstvy vede k obtížnějšímu natavení materiálů, přítomnosti vměstků ve svaru, nebo celkovému oslabení spoje. Pokud je navíc teplota tání této vrstvy vyšší než teplota tání základních materiálů, zůstane v nich při tuhnutí uvězněna a pronikne i do přidávaného přídavného materiálu.

Obalené elektrody mají kolem jádra vrstvu obalového materiálu, která se při svařování roztavuje spolu s jádrem a vytváří ochranný štít. Plynná část tohoto štítu vytvoří kolem vznikajícího svaru tzv. ochranný plynný zvon, který zabrání negativnímu působení okolního prostředí. Kapalná část štítu zase vytvoří na povrchu svaru strusku, která zpomalí případné rychlé ochlazování svaru vedoucí ke zkřehnutí, a kontroluje celkový obrys svaru. Obal navíc stabilizuje oblouk a ionizuje (proces, při kterém se z elektricky neutrálního atomu stává iont) vzduchovou mezeru mezi elektrodou a základními materiály, čímž zvyšuje vodivost dráhy oblouku. Princip svařování obalenou elektrodou je znázorněn na obr. 3-4.2.1.1.



Obr. 3-4.2.1.1 Svařování obalenou elektrodou [4]

b) netavné elektrody - typickým příkladem je elektroda uhlíková. Při jejím použití je potřeba dodávat přídatný materiál pomocí plnicích tyčí. Ačkoliv tato elektroda produkuje při svařování ochrannou atmosféru složenou z CO_2 , tak na druhou stranu způsobuje nauhličení svarového kovu, které vede k jeho ztvrdnutí a zkřehnutí. Využití této metody je tak velmi omezené.

Při volbě vhodné elektrody je nejdůležitějším parametrem kvalita svarového kovu, která nesmí být nikdy horší než kvalita základního materiálu. Rovněž důležitý je výběr obalu elektrody, který má vliv na kvalitu svarového kovu a na operativní vlastnosti při svařování.

Značení elektrod se ve světě klasifikuje do dvou systémů [14]. Systém A vychází z původní normy EN 499. Je založený na tabulkové hodnotě minimální meze kluzu a nárazové práce velikosti 47 J při definované teplotě zjištěné na vzorku čistého svarového kovu. Značení kombinuje číselné a písmenné označení, příklad s rozбором jednotlivých částí je k vidění na obr. 3-4.2.1.2. Druhý systém B vychází z klasifikace využívané v tichomořské oblasti. Je založený na hodnotě meze pevnosti čistého svarového kovu a na jeho nárazové práci ve výši 27 J, kdy hodnota nárazové

práce při určité teplotě je dána v závislosti na chemickém složení daného svarového kovu. Zásadní rozdíl oproti systému A spočívá ve významu číselných a písmenných značek. Příklad s rozbohem jednotlivých částí je k vidění na obr. 3-4.2.1.3.

Norma ČSN EN ISO 2560 zobrazená v obou příkladech se využívá na území našeho státu. Uznává oba systémy (v závislosti na jejich použití je doplněna příslušným písmenem), i když systém B se u nás využívá jen výjimečně.

Příklad celkového souhrnu veličin systému A je uveden v příloze (3).

ČSN EN ISO 2560-A - E 46 3 1Ni B 54 H5	
kde:	
ČSN EN ISO 2560-A	je číslo dané normy s klasifikací podle systému A, tj. podle meze kluzu a nárazové práce 47J
E	je symbol pro obalenou elektrodu
46	je symbol pro označení hodnoty minimální meze kluzu a prodloužení (zde min. 460MPa a 20%)
3	je symbol pro označení teploty, při které je dosaženo nárazové práce hodnoty 47J (zde při -30°C)
1Ni	je symbol pro označení chemického složení čistého svarového kovu (zde 1%Ni)
B	je symbol pro druh obalu elektrody (zde bazický)
Další údaje jsou nepovinné a znamenají:	
5	výtěžnost elektrody a typ proudu (zde 125 až 160%, AC, DC+)
4	vhodnost pro polohu svařování (zde PA)
H5	maximální obsah difúzního vodíku v ml/100g svarového kovu

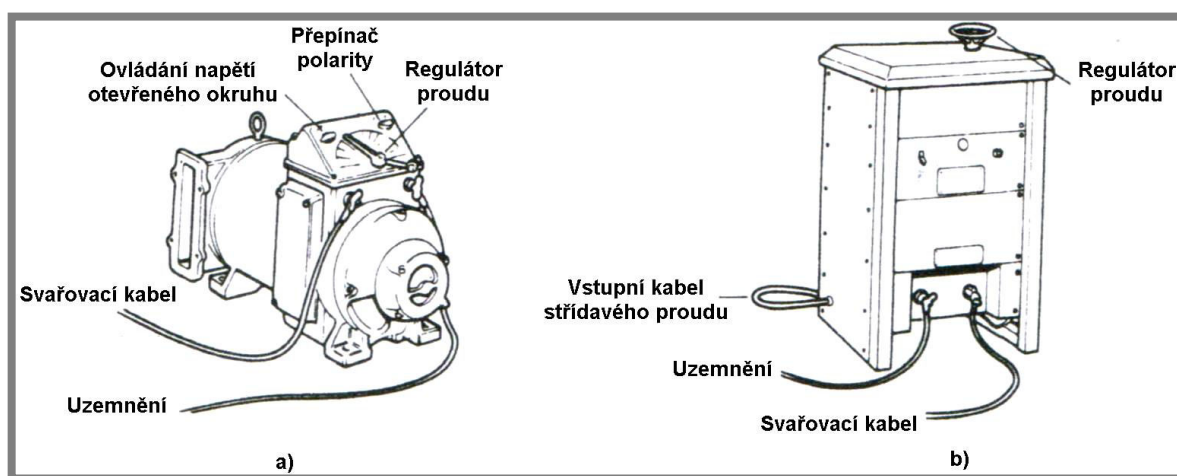
Obr. 3-4.2.1.2 Příklad značení elektrod systémem A [15]

ČSN EN ISO 2560-B - E 55 18 N-2 A U H5	
kde:	
ČSN EN ISO 2560-B	je číslo dané normy, tentokrát s klasifikací podle systému B, tj. podle pevnosti v tahu a nárazové práce 27J
E	je opět symbol pro obalenou elektrodu
55	min. pevnost v tahu (zde min 550 N/mm ²)
18	je symbol, určený pro definici obalu elektrody, vhodnosti pro polohy svařování a typ proudu (zde bazický obal s obsahem železného prášku, vhodná pro AC i DC+ a pro všechny polohy svařování s výjimkou polohy shora dolů)
N2	symbol pro základní legující prvky (zde 1%Ni)
dohromady E5518-N2 A specifikuje požadavky na rozmezí chemického složení a mechanických vlastností ve stavu po svařování	
další nepovinné údaje znamenají:	
U	znamená, že daný svarový kov splňuje rovněž požadavek na nárazovou práci 47 J
H5	obsah difúzního vodíku v ml/100g svarového kovu

Obr. 3-4.2.1.3 Příklad značení elektrod systémem B [15]

Elektroda sama o sobě potřebné teplo nevytváří, musí být tudíž napojená na svařovací zdroj. Jedná se o elektrický přístroj používaný ke generování svařovacího proudu a napětí. Příklady elektrických zařízení jsou na obr. 3-4.2.1.4.

Pokud bychom elektrodu napojili na zdroj elektřiny přímo do zdi, svářeč by nebyl nijak chráněn před potenciálně nebezpečně vysokým proudem a napětím a navíc by nijak nemohl podle potřeby upravovat jejich hodnoty. Generátory a usměrňovače nám řeší oba tyto problémy. Přeměňují výše zmíněné veličiny do požadovaných hodnot bezpečných ke sváření, to jest napětí 50-100 V a proud do 500 A a zároveň jsou vybaveny regulátory (napětí, proud, nebo oboje) a přepínačem polarit (v případě stejnosměrného proudu). Právě nízké napětí v kombinaci s vysokým proudem přeskakujícím mezi elektrodou a svařovaným povrchem vytvoří v daném místě elektrický oblouk. Elektrická energie oblouku se následně přemění na teplo. Proud na výstupu může být jak stejnosměrný, tak i střídavý [4].



Obr. 3-4.2.1.4 Elektrické přístroje [4]

a) generátor; b) usměrňovač

Svařování elektrickým obloukem má velmi širokou oblast uplatnění v rámci použitých materiálů i svařovaných součástí.

3.4.3 Tlakové svařování [16]

3.4.3

U této metody je dodáván výhradně tlak dosahující řádově několika tisíc megapascalů. Z důvodu takto vysokých hodnot ruční způsoby nepřichází v úvahu, proto jsou veškeré typy tlakového svařování plně automatizovány.

Princip spočívá v přiblížení dvou tuhých spojovaných součástí na vzdálenost odpovídající parametru jejich krystalické mřížky. Ke spojení dojde vlivem difúze, kdy se mezi atomy sousedících mřížek vytvoří vazby.

3.4.3.1 Svařování za studena

Podstata spočívá ve vsazení spojovaných součástí do čelistí, pomocí kterých jsou na sebe navzájem natlačovány. Cílem je dosáhnout tlaku, který překoná mez plasticity základního materiálu. V závislosti na jeho druhu se potřebný tlak pohybuje v rozmezí 300-3800 MPa.

Při samotném procesu je potřeba kontrolovat několik faktorů [17]. Aby byl vytvořený svar rovnoměrný po celém povrchu spojovacích ploch, musí plastická deformace probíhat kontinuálně a tečení musí být intenzivní a symetrické. Nutná je také deformace obou kovů, nikoli pouze jednoho, jinak nedojde k vytvoření spoje.

Mezi nejpoužívanější materiály u této metody patří austenitická ocel a neželezné kovy jako hliník, nikl, olovo nebo měď. Důvodem k používání těchto kovů je jejich čistota a vhodný poměr tvrdosti povrchového oxidu ke svařovanému kovu (čím tvrdší oxidická vrstva, tím lepší). K potřebnému skluzu vyvolaného tlakem navíc dochází v rovinách nejvíce obsazených atomy, proto všechny tyto materiály disponují kubickou mřížkou, která je k tomuto jevu nejvhodnější. Přehled používaných materiálů a možnost jejich vzájemného svaření uvádí obr. 3-4.3.1.

Svařování za studena se používá kupříkladu k výrobě různorodých trubek, konzerv a nádrží, jejichž tloušťka materiálu však nesmí přesáhnout 5 mm.

Obr. 3-4.3.1 Svařitelnost materiálů metodou svařování za studena [17]

3.4.4 Kombinované svařování

U kombinovaného svařování se využívá obou výše zmíněných faktorů. Teplo nám zajistí natavení stykových ploch a potřebný tlak zajistí spojení součástí. Jelikož i zde je v rámci tlaku potřeba dosáhnout vysokých hodnot, jsou veškeré metody kombinovaného svařování stejně jako metody tlakového svařování plně automatizovány.

3.4.4.1 Svařování třením

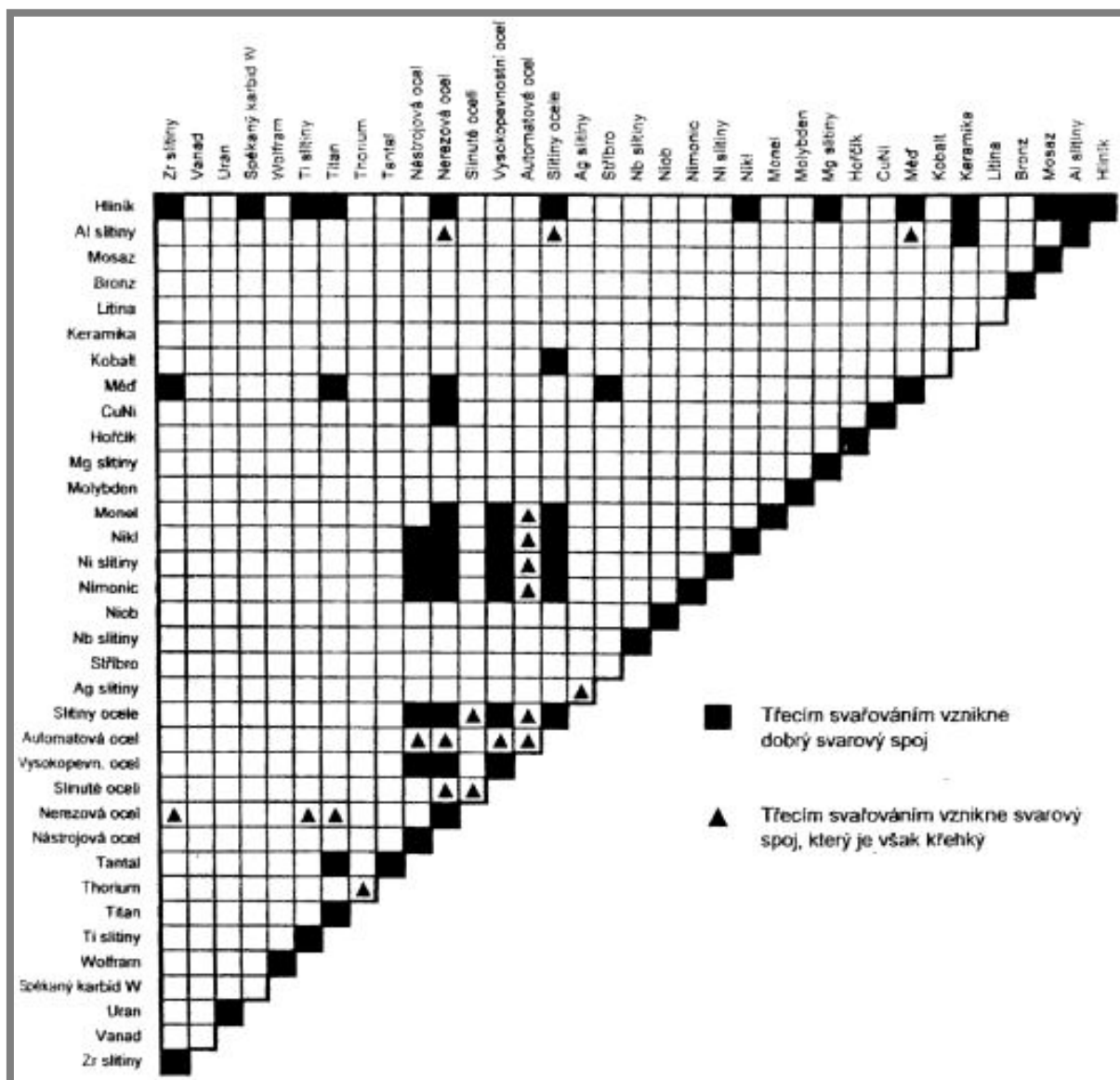
Principem třecího svařování je přeměna mechanické energie na tepelnou.

Svařované součásti se upnou do čelistí, z nichž jedna je otočná, zatímco druhá stacionární [18]. Stykové plochy součástí se musí vzájemně dotýkat. Jakmile započne rotace (rychlost 2-4 m/s), vlivem tření obou součástí (tlak 30-80 MPa) dojde k vytvoření teploty odpovídající 80-85 % teploty tání svařovaného kovu. Povrchy se začnou deformovat a následně vytrhávat z důvodu vzniku a zániku mikrosvarů. Poté se tlak zvýší na hodnotu 80-100 MPa. Následkem se součást upnutá ve stacionární

čelisti vtlačí do součásti v otočné čelisti. Vlivem difuze dojde k jejich spojení. Vytačený materiál vytvoří výron, který se většinou po operaci broušením odstraní.

Na vývoj svaru má vliv vzájemná rychlost součástí, působící tlak, doba i délka stlačení a materiál součástí. Právě kvůli kombinaci odlišných materiálů je potřeba dbát na pečlivější přípravu. U měkčích materiálu se volí o 15-20 % větší průměr. Vyšší pevnost je zase potřeba snížit vhodným předeřháním. Na místě je také úprava geometrie svarových ploch pro snadnější odvod materiálu. Třením lze spojovat legované i nelegované oceli a neželezné kovy jako hliník, měď či mosaz. Přehled používaných materiálů a možnost jejich vzájemného svaření je znázorněn na obr. 3-4.4.1.

Svařování třením se používá kupříkladu k výrobě rotačních součástí nebo rovných plechů.



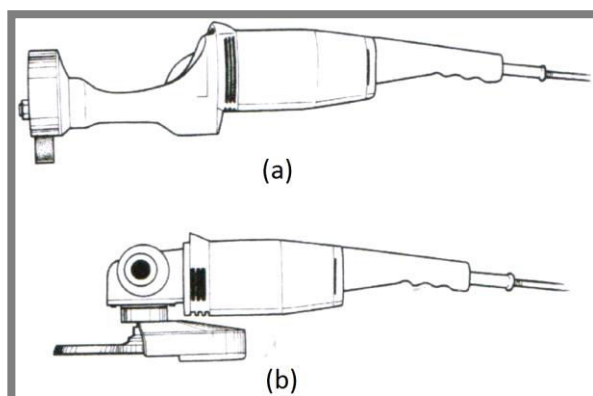
Obr. 3-4.4.1 Svařitelnost materiálů metodou svařování třením [18]

3.4.5 Dokončování svarů

Vytvořený svar není nikdy úhledně zarovnan. Vždy dochází k vytvoření mírného převýšení (viděno na obr. 3-4.2.1) nad základním materiálem, které sice neovlivní funkci ani bezpečnost spoje, z estetického hlediska je však nevzhledný a zvyšuje i hmotnost svaru. Po svaření tak většinou dojde v rámci dokončování ke broušení, ovšem vždy jen do té míry, aby odebrání materiálu nemělo vliv na pevnost svaru.

Broušení patří mezi technologie obrábění. Materiál se odebrá pomocí brusiva, které obsahuje velké množství nepravidelně rozmístěných a různorodě velkých částic fungujících jako břity. Výhodou je schopnost brousit i ty nejtvrďší materiály, díky čemuž nemusíme před svařováním řešit otázku obrobitelnosti základních materiálů. Brusiva mají navíc schopnost samoostření, kdy již tupé částice samovolně odpadávají, zatímco pod nimi vylézají na povrch nové.

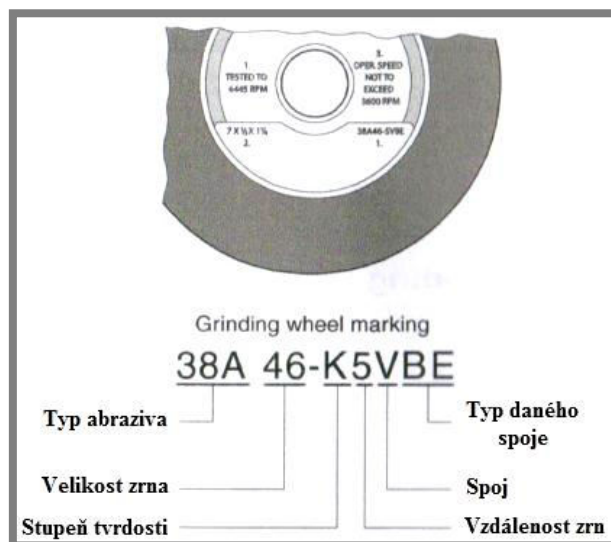
V dnešní době již máme možnost metodu broušení pomocí robotů zautomatizovat. Díky své flexibilitě a jednoduché přenosnosti umožňující broušení kupříkladu v místech stavby však ruční broušení stále hraje důležitou roli. K jeho realizaci se používají přímé nebo úhlové brusky (obr. 3-4.5.1). Ty disponují vyztuženým brusným kotoučem, jehož konstrukce, složení a vhodnost k dané operaci se liší v závislosti na obrušovaném materiálu. Značení brusných kotoučů sloužící k jejich identifikaci kombinuje stejně jako u elektrod číselné a písmenné označení. Příklad s rozbořením jednotlivých částí je k vidění na obr. 3-4.5.2. Příklad celkového souhrnu veličin je uveden v příloze (4).



Obr. 3-4.5.1 Brusky [4]

a) přímá; b) úhlová

Při broušení bývá nejčastějším problémem přehřívání kotoučů z důvodu tepla, které vzniká účinkem tření. Z tohoto důvodu musí operátor působit na kotouč přiměřenou silou a pracovat v krátkých intervalech, po kterých přeruší styk s obrušovanou plochou. Některé brusné kotouče obsahují ventilační díry, které zvyšují účinnost ochlazování. Jelikož má svar většinou podobu rovné housenky, bývají pro dosažení rovnoměrného zabroušení nejlepší technikou pohyby dopředu a dozadu vodorovně se svarem. Pohyby zleva a zprava při postavení kolmo ke svaru mohou vést k zahloubení.



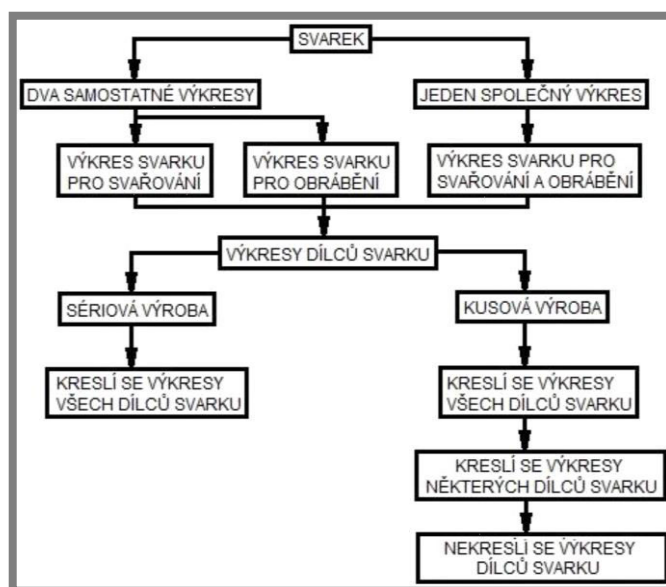
Obr. 3-4.5.2 Rozbor značení brusného kotouče [4]

3.5 Výkresová dokumentace

Výkres představuje grafické zpracování technické dokumentace. Způsoby zpracování výkresové dokumentace svarků jsou znázorněny na obr. 3-5.

Jak bylo zmíněno v úvodu, u kusové výroby nebo jednoduchých svarků nám postačí jediný výkres svarku pro svařování a obrábění. U sériové výroby nebo u příliš složitých svarků je však potřeba vypracovat zvlášť výkres pro svařování a zvlášť výkres pro obrábění.

Co se týče jednotlivých dílců svarku, tak u kusové výroby se podle potřeby kreslí výkresy všech součástí, nebo jen těch, které z důvodu své komplikovanosti vyžadují samostatný výkres. Někdy veškeré informace o dílcích vyčteme přímo z výkresu svarku nebo ze seznamu položek. V takových případech výkresy dílců vůbec nepotřebujeme. U sériové výroby však kreslíme výkresy všech dílců svarku za všech okolností bez ohledu na jejich složitost.

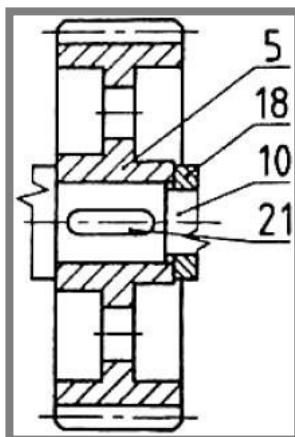


Obr. 3-5 Typy výkresové dokumentace

3.5.1 Typy výkresů

Svarek v sestavě montážní jednotky:

Pokud zobrazujeme svarek na výkresu montážní jednotky, zobrazujeme ho jako z jednoho kusu a označujeme jedním číslem položky (obr. 3-5.1.1 [1]). Stykové plochy jednotlivých dílů nejsou nijak zvýrazněny a šrafování v řezu provádíme jako pro jediný díl stejným stylem [19].



Obr. 3-5.1.1 Svarek ozubeného kola v sestavě montážní jednotky [1]

Výkres svarku pro svařování:

Výkres svarku pro svařování musí obsahovat - jak název napovídá - údaje potřebné výhradně pro svařování. Mezi ně patří kóty zajišťující polohy a pozice dílců, kóty udávající celkové rozměry, dále označení, rozměry a délky všech svarů a přídavný materiál. Každý dílec se označí příslušným číslem položky. Nad popisovým polem se většinou ještě uvádí použité elektrody a jejich spotřeba, celková délka všech druhů svarů, tepelné zpracování materiálu, jeho povrchová úprava a soupis položek všech dílců sestavy [20].

Výkres svarku pro obrábění:

Výkres svarku pro obrábění obsahuje všechny kóty obráběných rozměrů i celkových rozměrů svarku. Nesmí chybět ani drsnosti a geometrické tolerance potřebné pro obrábění funkčních ploch, které probíhá po svařování. V tomto výkresu se svary nekreslí ani nekótují [20].

Výkres dílce svarku:

Na všech výkresech tohoto typu je potřeba vyznačit rozměry a tvary technologických úprav svarových ploch [1]. U ploch obráběných až po svařování se zakótují i jejich přídavky na obrábění. Používá se uložení H11/h11 a drsnost $Ra = 12,5 \mu\text{m}$.

Výkres svarku pro svařování a obrábění:

Tento výkres společně se seznamem položek obsahuje výše zmíněné údaje pro svařování i obrábění. Jednotlivé dílce se označují číselně a pro jejich odlišení se v řezu šrafuje každý jinak. Stykové plochy dílců se kreslí plno tlustou čarou. Úpravy svarových ploch se neuvádí. Příklad výkresu svarku pro svařování a obrábění se společně s příklady výkresů dílčích součástí nachází v příloze (5).

Popisové pole:

Popisové pole se skládá ze dvou oblastí - identifikačního pole a polí pro dodatečné informace.

Identifikační pole musí povinně obsahovat:

- identifikační číslo
- název výkresu
- název zákonného vlastníka výkresu

Mezi dodatečné informace patří údaje informativní, technické a administrativní.

a) informativní údaje jsou všechny povinné a zabraňují omylům při výkladu zobrazení na daném výkrese. Patří sem:

- značka metody promítání
- hlavní měřítko výkresu
- délkové jednotky (pokud nepracujeme s milimetry)

b) technické údaje mohou být:

- přesnost všeobecných tolerancí - ISO 2768
- základní pravidlo tolerování - ISO 8015

c) administrativní údaje mohou být:

- datum prvního vydání výkresu
- datum a zkrácený popis změny, podpis, změna se na výkrese označí indexem
- podpisy zodpovědných osob
- pořadové číslo listů v případě výkresů tvořených několika listy

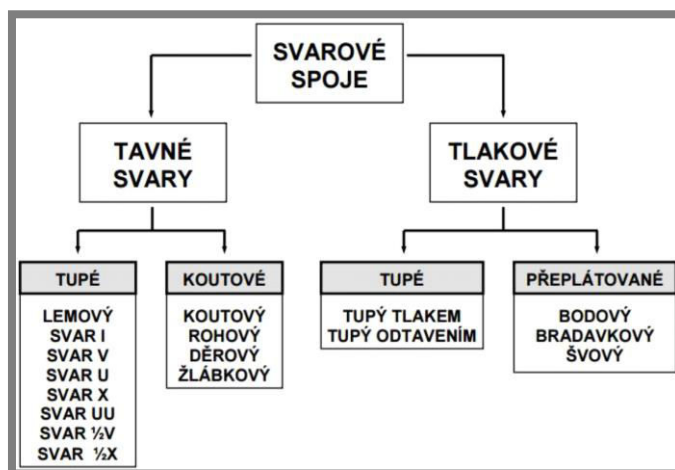
3.5.2 Bližší pohled na obsah výkresu pro svařování a obrábění

3.5.2.1 Svary

Svary jsou prostředky ke spojení dvou nebo více součástí do jednoho svarku. Jsou normalizovány a jejich soupis je k nalezení ve strojnických tabulkách.

Rozdělení svarů

Svary se rozlišují podle několika kritérií. Jejich přehled uvádí obr. 3-5.2.1.1.



Obr. 3-5.2.1.1 Rozdělení svarů [26]

Základním kritériem svarů je způsob jejich výroby. Tavné svary jsou vytvořeny jakoukoli metodou tavného svařování a tlakové svary zase metodou tlakového svařování.

Dalším kritériem rozdělení je vzájemná poloha svařovaných součástí. Zde rozlišujeme tři základní skupiny - svary tupé, koutové a přeplátované. Oblasti jejich uplatnění v rámci tavného a tlakového svařování jsou rovněž uváděny obr. 3-5.2.1.1.

tupý svar - používá se ke svaření součástí ležících v jedné rovině

- v případě tlustšího plechu je potřeba upravit stykové hrany
- na základě typu tupého svaru musíme svařovaný materiál před svařováním vhodně upravit do určitého tvaru
- svary typu U a V se svařují pouze z jedné strany, u ostatních typů provádíme svaření z obou stran

koutový svar - používá se v případě, že svary mezi sebou svírají určitý úhel (nejčastěji pravý)

- stykové plochy se upravují jen v případě vysokého vrubového účinku
- podle tvaru průřezu svaru rozlišujeme koutové svary typu ploché, vyduté a převýšené
- minimální tloušťka svařovaných materiálů musí činit 3 mm [22], přičemž menší tloušťky se svařují dopředu a větší tloušťky dozadu
- mohou být jednostranné nebo oboustranné

přeplátovaný svar - plechy jsou sevřeny mezi dvěma elektrodami s proudem o nízkém napětí a vysoké intenzitě

- vytvoření svaru funguje na principu svařování s elektrickým odporem

Ostatní typy svarů jako lemový, děrový, nebo žlábkový patří do podskupin výše zmíněných, jelikož z nich svým tvarem a způsobem provedení přímo vychází.

Značení svarů na výkresech

Svary ve výkresové dokumentaci značíme v souladu s normou ČSN EN ISO 2553 [23]. Označení je z důvodu přehlednosti vždy zjednodušené, provádíme ho pomocí odkazových čar a značek. Skutečný tvar svaru se nijak neznázorňuje, místa styků svařovaných součástí vyznačujeme souvislou tlustou čarou.

Úkolem konstruktéra je předepsat jednotlivé svary na výkrese, který musí být úplný, správný a jednoznačný. Seznam potřebných prvků je následující [24]:

- charakteristický rozměr jednotlivých svarů
- značky svarů
- počet svarů a jejich délka
- tvar povrchu svarů
- mezera mezi sousedními svary - pouze v rámci bodových a děrových svarů
- označení drsnosti povrchu
- další údaje potřebné při výrobě svařence (označení přídavného materiálu, uvedení celkové délky všech použitých svarů apod.)

Základní a doplňující značka

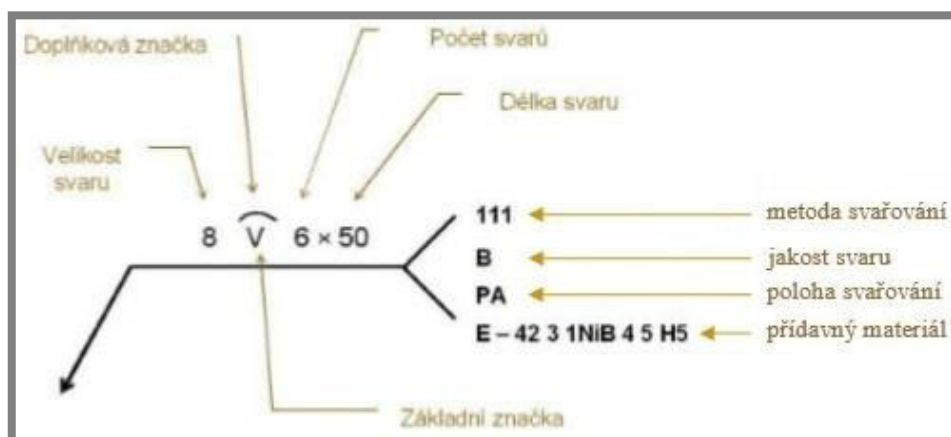
Základní značka je provedena vždy tak, aby svým tvarem charakterizovala geometrii svaru. Veškerý přehled daných značek i příklady jejich kombinací jsou znázorněny v příloze (6).

Každá ze základních značek může být ještě upřesněna doplňující značkou znázorňující tvar povrchu svaru buď při svařování, nebo při následném obrábění, které provádíme, pokud to technologie vyžaduje, nebo čistě z estetického hlediska. Stejně jako základní značky se mohou i doplňující značky podle potřeby kombinovat. Seznam doplňujících značek a jejich možné kombinace se nachází v přílohách (7) a (8).

Odkazová čára

Tvar a údaje odkazové čáry:

Typický příklad odkazové čáry je k vidění na obr. 3-5.2.1.2. Obsahuje všechny nezbytně nutné parametry týkající se svaru a technologie svařování, kterou je daný svar vytvořen. Na výkrese tak tudíž nemusí být další doplňující poznámky.



Obr. 3-5.2.1.2 Odkazová čára [25]

Odkazovou čáru spolu se všemi značkami označujeme na výkresech tenkou čarou. K označení jejich parametrů používáme výhradně technické písmo, které je buď kolmé, nebo šikmé se sklonem 75°. V technické dokumentaci používáme trojí provedení tohoto písma [1]:

- typ A (kolmé nebo šikmé)
- typ B (kolmé nebo šikmé)
- typ CAD (CA nebo CB)

Z obecného hlediska se přednostně používá písmo typu B. Tabulka 3-5.2.1.3 vyjadřuje vztah mezi formátem originálu a minimální velikostí písma. Rozměry jsou udány v milimetrech.

Co se týče rozměrů značek, tak ty vychází právě z velikosti použitého písma h , jak ukazuje tab. 3-5.2.1.4.

Tab. 3-5.2.1.3 Vztah mezi formátem originálu a minimální velikostí písma [1]

Typ písma	Formát				
	A0	A1	A2	A3	A4
Minimální velikost písma					
A ($h=14d$)	5	5	3,5	3,5	3,5
B ($h=10d$)	3,5	3,5	2,5	2,5	2,5

h je výška písmen velké abecedy a číslic
 d – tloušťka čáry

Tab. 3-5.2.1.4 Poměry rozměrů písma [1]

	Označení	TYP A odpovídající rozměr	TYP B odpovídající rozměr
výška písmen	h	(14/14)h	(10/10)h
výška písmen malé abecedy	c ₁	(10/14)h	(7/10)h
mezera mezi písmeny	a	(2/17)h	(2/14)h
mezera mezi slovy	e	(6/14)h	(6/10)h
vzdálenost základních dotažnic	b	(25/14)h	(19/10)h
tloušťka čar	d	(1/14)h	(1/10)h
dolní dotah písmen malé abecedy	c ₂	(4/4)h	(3/10)h

Rozměry a značky na praporku odkazové čáry:

Nyní se blíže podíváme na značení svarů sloužící k jejich identifikaci a doplňkové značky upřesňující provedení svaru.

Rozměr svaru je dvojího typu. Hlavní rozměr se vztahuje k příčnému řezu svaru a zapisuje se vlevo od značky svaru. Vedlejší rozměr se vztahuje k délce svaru a zapisuje se vpravo od značky svaru (viz obr. 3-5.2.1.2) [25].

V případě značení rozměrů platí určitá pravidla:

- vzdálenost svaru od okraje dílu se neuvádí v označení svaru, ale na výkrese
- pokud není za značkou svaru uveden vedlejší rozměr, znamená to, že svar je proveden po celé délce dílu (tzv. svar průběžný)
- pokud je svar přerušovaný, musíme před délkou přidat číslo udávající počet svarů této délky jdoucích za sebou
- pokud není uvedena u tupého svaru jeho velikost, je svar proveden v celé tloušťce dílu
- velikost koutových svarů lze předepsat dvěma způsoby. Buď před údaj o velikosti svaru uvedeme rozměr jmenovité výšky svaru z (obr. 3-5.2.1.5 a), nebo rozměr jmenovité tloušťky svaru a (obr. 3-5.2.1.5 b). Obecně platí, že $a = 0,7 * z$ [1].

Doplňkové značky odkazové čáry se přidávají k základním značkám. Patří mezi ně [26]:

- kružnice na přechodu odkazové čáry a praporku odkazové čáry vyjadřující svar zhotovený po celé délce obvodu (obr. 3-5.2.1.5 c)
- plná vlajčka taktéž v místě zlomu odkazové čáry vyjadřující montážní svar (obr. 3-5.2.1.5 d)
- oboustranná šipka pro svary stejného druhu zhotovené mezi dvěma body (obr. 3-5.2.1.5 e)

- značení ve vidlici na konci praporku odkazové čáry vyjadřující způsob spojení (obr. 3-5.2.1.5 f)

Pořadí údajů ve vidlici je k vidění na obr. 3-5.2.1.2. Popisují nám následující informace:

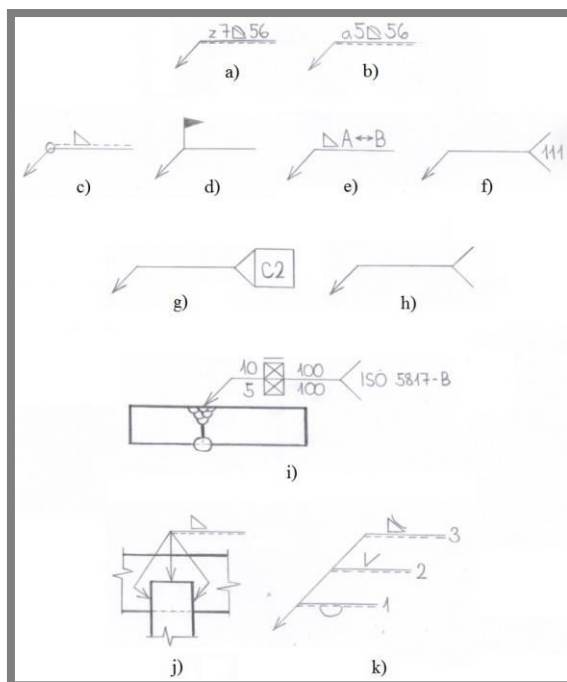
1. metoda svařování označená číselně podle ČSN 050011 (EN ISO 4063)
2. požadovaný stupeň jakosti označený velkým písmenem podle ČSN 050110 (EN ISO 5817)
3. poloha svařování označená dvěma velkými písmeny podle ČSN 050024 (EN ISO 6947)
4. přídatný materiál podle ČSN 055005 (EN ISO 2560)

Pokud je přítomno více svarových spojů se stejnou technologií, můžeme jejich zapsání zjednodušit tak, jak je to k vidění na obr. 3-5.2.1.5 g. Veškeré údaje zapíšeme nad popisové pole výkresu a jednotlivé spoje označíme číslem odkazu na tyto údaje.

Vícenásobné značení svaru řešíme dvěma způsoby. Buď se používají vícenásobné odkazové čáry, které se mohou spojit s jedním praporkem odkazové čáry k označení pozic shodných svarů (obr. 3-5.2.1.5 j), nebo vícenásobný praporek odkazové čáry, kdy nám čísla vyjadřují pořadí operací svařování (obr. 3-5.2.1.5 k).

V některých případech používáme tzv. alternativní značku. Využívá se kupříkladu k zobrazení tupých svarů s požadovanou kvalitou svaru (příklad k vidění na obr. 3-5.2.1.5 i). Všechny doplňující informace pak musí být určeny právě podle této normy. Při použití této značky nám výrobce určuje přípravu svarových spojů a metody svařování tak, aby se zajistila požadovaná kvalita svaru.

Pokud však není potřeba nijak popsat tvar nebo rozměry daného svarku, označení provedeme pouze pomocí odkazové čáry s praporkem a vidlicí bez dalších doplňujících údajů, jak je znázorněno na obr. 3-5.2.1.5 h.



Obr. 3-5.2.1.5 Přehled značení svarů

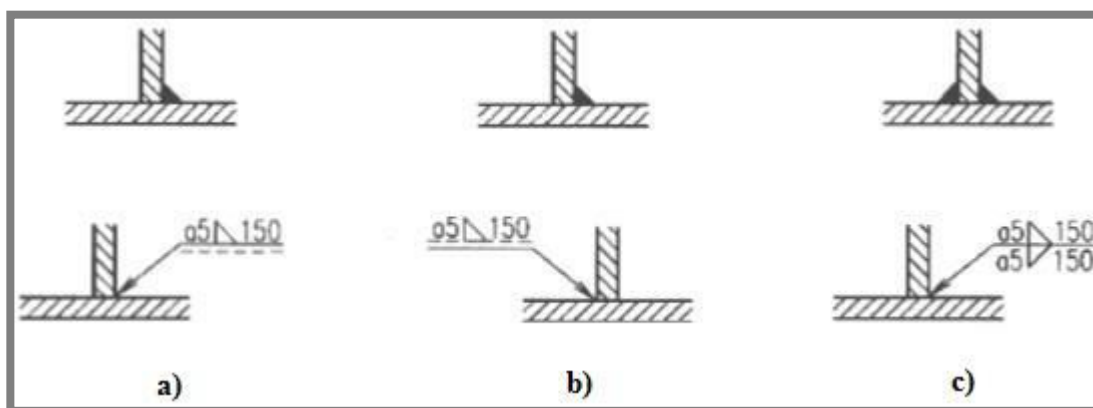
Umístění odkazové čáry na výkrese:

Poloha odkazové čáry nijak nemění její význam, nicméně poloha praporku odkazové čáry se kreslí vodorovně se spodním okrajem výkresu. V krajním případě, pokud není vodorovně provedení možné, kreslíme praporek kolmo na spodní okraj výkresu.

Pro samotné identifikační značky svaru platí následující pravidla [24]:

- je-li povrch svaru na straně odkazové čáry, umísťují se značky na stranu plné čáry praporku (obr. 3-5.2.1.6 a)
- je-li povrch svaru na straně protilehlé k odkazové čáře, umísťují se značky na stranu identifikační (čárkované) čáry praporku (obr. 3-5.2.1.6 b)
- v případě oboustranných svarů není nutné identifikační čáru uvádět a značky se umístí na obě strany plné čáry praporku (obr. 3-5.2.1.6 c)

Tyto pravidla však ignorujeme v případě, že je právě jedna ze stykových ploch upravena. Tehdy směřuje šipka odkazové čáry vždy proti této upravené ploše.



Obr. 3-5.2.1.6 Umístění odkazové čáry [2]

- a) svar na straně odkazové čáry;
- b) svar na protilehlé straně odkazové čáry;
- c) oboustranný svar

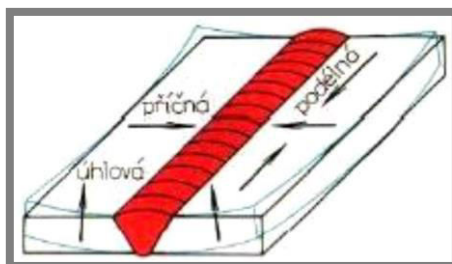
3.5.2.2 Vady svarů

Pooperační pnutí

O deformacích způsobených snahou svařit strukturně příliš odlišné materiály již bylo pojednáno. K jistým pnutím však dojde vždycky důsledkem smršťování svarového materiálu při tuhnutí a chladnutí. Teplem ovlivněné i neovlivněné části základního materiálu brání tomuto smrštění a v důsledku vzniká tahové napětí. V závislosti na směru smršťování svaru bereme v praxi v potaz následující pnutí, jejichž přehled je k vidění na obr. 3-5.2.2.1:

- **podélná** - vznikají smrštěním délky svaru
- **příčná** - vznikají smrštěním šířky svaru
- **úhlová** - vznikají zkroucením svaru. K tomuto jevu dochází, pokud je v horní části svaru více materiálu, než v jeho dolní části. Větší množství materiálu vede k většímu smrštění.

Výše zmíněná pnutí však v malé míře nepředstavují závažný problém a mohou tak být bez rizika přehlížena.



Obr. 3-5.2.2.1 Pooperační pnutí [8]

Druhy vad

Vzhledem ke skutečnosti, že se v dnešní době svařování používá i u potenciálně nebezpečných, avšak pro mnoho lidí dennodenně používaných konstrukcí jako mosty a lodě, mohou vady ve svarech způsobit nehody vedoucí ke katastrofálním následkům. Vadou výrobku se obecně rozumí každá odchylka od vlastností předepsaných technickými normami, proto je při svařování nutné dbát na stanovené předpisy a postupy, abychom se tak vyhnuli budoucím problémům.

Některé vady mohou být zpozorované pouhým okem, u jiných k jejich odhalení musíme provést destruktivní (s porušením materiálu) či nedestruktivní (bez porušení materiálu) zkoušky. Zkoušky však není potřeba provádět u všech vytvořených svarů, zde záleží čistě na důležitosti svarového spoje a potenciálním riziku.

Vady se dále dělí na přípustné a nepřípustné [27]. Přípustné vady nám normy nebo technické podmínky dovolují, jelikož nepředstavují riziko a nemusí se tudíž odstraňovat. U nepřípustných vad je situace opačná, v některých případech je však můžeme opravit a svarový spoj uvést do provozu.

Jednotlivé vady svarů jsou normalizovány podle normy ČSN 050005 (EN ISO 6520) do šesti skupin [27], které shrnuje tab. 3-5.2.2.2:

Tab. 3-5.2.2.2 Vady svarů

Typ vady	Popis
Trhliny	vady způsobené ochlazením nebo napětím
Dutiny	vady způsobené plyny, nečistotou atd.
Pevné vměstky	tuhé cizí látky ve svarovém kovu
Studené spoje a neprůvazy	nečistota svarových ploch, špatné parametry svařování
Vady tvaru a rozměru	převýšený, prohloubený svar, nesprávná šířka
Jiné vady	rozstřík, počkození sekáčem aj.

Celkový přehled klasifikace základních vad těchto šesti skupin zobrazuje příloha (9).

Kvalitou neboli jakostí svaru se blíže zabývá norma ČSN EN ISO 5817 [28].

Určuje stupeň kvality hotového svaru podle vad svarových spojů pro:

- tavné svařování (kromě elektronového a laserového)
- všechny druhy ocelí, niklu, titanu a jejich slitin
- tloušťky materiálů $\geq 0,5$ mm
- plně nebo částečně provařené tupé svary a všechny koutové svary

Norma rozlišuje celkem 3 stupně kvality, a to:

- **B** - vysoký stupeň kvality
- **C** - střední stupeň kvality
- **D** - nízký stupeň kvality

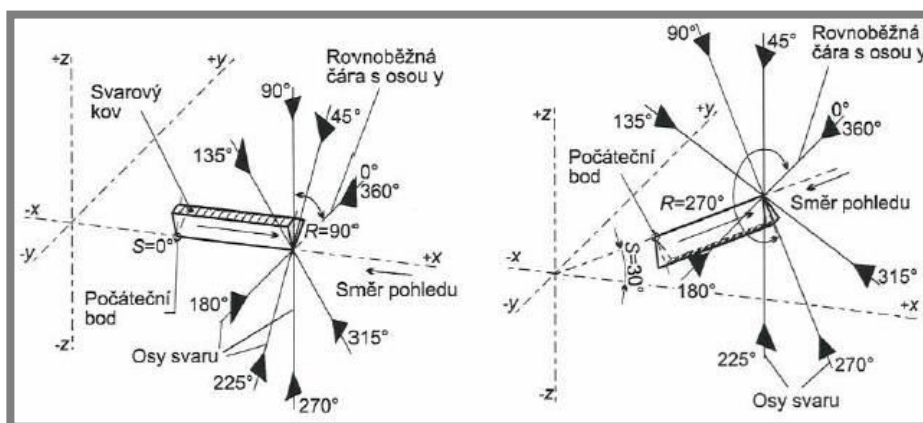
Stupeň kvality se do výkresu předepisuje do vidlice odkazové čáry značky svaru (viz obr. 3-5.2.1.2).

3.5.2.3 Svařovací poloha a její zajištění

Polohy svarů a svařování popisuje norma ČSN EN ISO 6947 [29].

Poloha svarů v prostoru je dána pomocí úhlu sklonu a úhlu otočení. Sklon S je úhel osy svaru vztážený k hlavní ose svařování. Otočení R je úhel lícové strany svaru vzhledem k hlavní poloze svařování. V případě trubky se ještě bere v potaz úhel její osy označovaný jako úhel sklonu L .

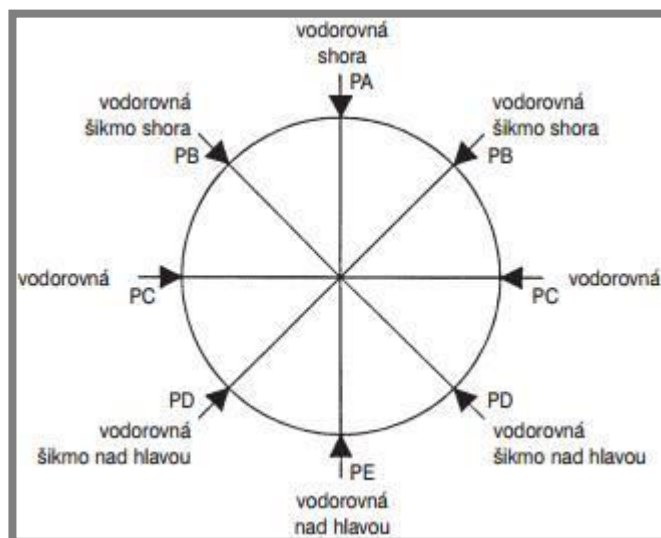
Příklady různých úhlů sklonu a otočení znázorňuje obr. 3-5.2.3.1.



Obr. 3-5.2.3.1 Úhly sklonu a otočení [29]

- a) $S=0^\circ$; $R=90^\circ$
- b) $S=30^\circ$; $R=270^\circ$

Poloha svařování je poloha svaru v prostoru určená vzhledem ke sklonu osy svaru a otočení lícové strany svaru vzhledem k vodorovné rovině.



Obr. 3-5.2.3.2 Polohy svařování [29]

Obr. 3-5.2.3.2 znázorňuje základní polohy svařování. Kromě nich rozlišujeme i PF (svislá nahoru), PG (svislá dolů), PH (trubka svislá nahoru), PJ (trubka svislá dolů) a PK (trubka obvod).

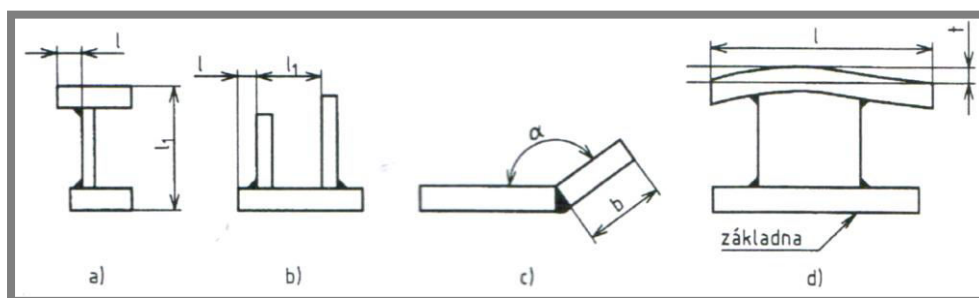
Správná volba svařovací polohy je jednou z přípravných kroků, avšak neméně důležité je i zajištění vzájemné polohy svařovaných dílců. Metody k jejímu dosažení se liší v závislosti na množství vyráběných produktů. U kusové výroby nám postačí jednoduchá univerzální zařízení jako svěrky nebo upínky. Jelikož však při výrobě svařenců zaberou pomocné operace zhruba 60-70% času, vyplatí se u větších sérií zkonstruovat svařovací přípravky, tzv. polohovadla. Ty nám celý proces zrychlují a zpřesňují, tudíž dochází ke snížení času, peněz, a kvalita svarů přitom zůstává díky opakovatelnosti rovnoměrně zachována.

3.5.2.4 Všeobecné tolerance pro svařované konstrukce

Při svařování vznikají plochy, které nemají předem stanovené tolerance. O ně se stará norma ČSN EN ISO 13920 [30], která specifikuje základní tolerance svarků a svařovaných konstrukcí ve čtyřech tolerančních třídách založených na obvyklé výrobní přesnosti. Hlavním kritériem pro výběr určité toleranční třídy jsou požadavky na funkci, kterou mají svařované konstrukce plnit.

Pro délkové a úhlové rozměry rozlišujeme označení A, B, C, D (k vidění na obr. 3-5.2.4.1 a, b, c) a pro geometrické tolerance rozlišujeme označení E, F, G, H (k vidění na obr. 3-5.2.4.1 d). Přehled mezních úchylek těchto rozměrů je dán v tabulkách příslušné normy. Stručný výňatek je k vidění v tab. 3-5.2.4.2. Norma však předepisuje pouze geometrické tolerance přímosti, rovinnosti a rovnoběžnosti. V ostatních případech se geometrické tolerance předepisují samostatně na výkrese.

Předpis tolerance pro svařované konstrukce se do výkresu umísťuje vždy nad popisové pole (např. EN ISO 13920-BF na výkrese pro svařování a obrábění v příloze (5)).



Obr. 3-5.2.4.1 Příklady rozměrů na které se vztahují všeobecné tolerance [1]

a), b) délkové rozměry; c) úhel; d) rovnoběžnost

Součástí tolerance svařovaných konstrukcí je i následná kontrola. Norma ČSN EN ISO 13920 udává přehled zařízení, které se k tomuto účelu hodí. Patří sem:

- ocelová pravítka se stupnicí
- pásová měřidla
- průměrná pravítka
- úhломěry
- posuvná měřítka
- číselníkové úchylkoměry

Tab. 3-5.2.4.2 Mezní úchyly [30]

Tabulka 1 – Mezní úchyly délkových rozměrů											
Toleranční třída	Rozsah jmenovitých rozměrů <i>l</i> (mm)										
	2 až 30	nad 30 do 120	nad 120 do 400	nad 400 do 1 000	nad 1 000 do 2 000	nad 2 000 do 4 000	nad 4 000 do 8 000	nad 8 000 do 12 000	nad 12 000 do 16 000	nad 16 000 do 20 000	nad 20 000
Mezní úchyly <i>t</i> (mm)											
A	± 1	± 1	± 1	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8	± 9
B	± 1	± 2	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8	± 10	± 12	± 14	± 16

Tabulka 2 – Mezní úchyly úhlových rozměrů			
Toleranční třída	Rozsah jmenovitých rozměrů <i>l</i> (mm) (délka nebo kratší rameno úhlu)		
	do 400	nad 400 do 1000	nad 1000
	Mezní úchyly $\Delta\alpha$ (stupně a minuty)		
A	± 20'	± 15'	± 10'
B	± 45'	± 30'	± 20'

3.5.2.5 Přídavky na obrábění

Přídavky na obrábění se umísťují výhradně na funkční plochy, které se po procesu svaření obrousují. Jejich velikost je závislá na velikosti svarku. K určování pomáhá tab. 3-5.2.5.

Tab. 3-5.2.5 Přídavky na obrábění [1]

Obráběný rozměr d, h	Největší rozměr svarku L, D					
	50	100	150	250	500	1000
do 25	2	2	2	2,5	3	3,5
25 až 50	2	2,5	2,5	3	3	3,5
50 až 100	2,5	2,5	3	3	3,5	4
100 až 150	2,5	3	3	3,5	3,5	5
150 až 250	3	3	3,5	3,5	4	5
250 až 500	3	3,5	3,5	4	5	5
500 až 1000	3,5	4	4,5	5	6	6

3.5.2.6 Příprava svarových ploch

Kvalita svarové plochy ovlivňuje vlastnosti vytvořeného svaru. Pokud není základní materiál dostatečně očištěn, přítomné nečistoty mohou proniknout do tavné lázně ve formě nežádoucích vměstků. Nerovnosti zase zhoršují vytvoření souvislé svarové vrstvy. Důležité je také vytvarování svařovaných hran, aby vzniklá mezera odpovídala tvaru budoucího svaru. Jedná se o tzv. sražení hran, které popisuje norma ČSN EN ISO 9692 [31]. Skládá se ze tří částí a každá je vodná pro jiné metody svařování a jiné svary, jak uvádí tab. 3-5.2.6.1:

Tab. 3-5.2.6.1 Přehled částí normy ČSN EN ISO 9692

Název normy	Metody svařování	Typy svarů
ČSN EN ISO 9692-1	svařování ocelí obalenou elektrodou	veškeré koutové a tupé s plným průvarem
ČSN EN ISO 9692-2	svařování ocelí automaticky pod tavidlem	veškeré svary s plným průvarem
ČSN EN ISO 9692-3	svařování hliníku a jeho slitin	veškeré svary s plným průvarem

Samotné sražení hran nám norma popisuje pomocí tabulek. Její ukázka je k vidění v tab. 3-5.2.6.2.

Tab. 3-5.2.6.2 Tvary a rozměry sražených hran [33]

Svar					Tvar svarové plochy				Rozměry v mm		
Číslo	Tloušťka materiálu t	Pojmenování svaru	Značka (podle ISO 2553)	Zobrazení	Řez	Rozměry				Doporučená metoda svařování ¹⁾ (podle ČSN EN 24063)	Poznámka
						Úhel ¹⁾ α, β	Mezera b	Otupení c	Výška úkosu h		
1.5	$5 \leq t \leq 40$	Y-svar	Y			$\alpha \approx 60^\circ$	$1 \leq b \leq 4$	$2 \leq c \leq 4$	—	111 131 135 141	—
1.3.7	$t > 12$	U-svar na V-svar v kořeni	U ²⁾			$60^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ $8^\circ \leq \beta \leq 12^\circ$	$1 \leq b \leq 3$	—	$h \approx 4$	111 131 135 141	$R = 6 \text{ až } 9$
1.3.3	$t > 12$	V-svar na V-svar v kořeni	V ²⁾			$70^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ $10^\circ \leq \beta \leq 15^\circ$	$2 \leq b \leq 4$	R_3	—	111 131 135 141	—
1.7	$t > 12$	U-svar	U			$8^\circ \leq \alpha \leq 12^\circ$	$1 \leq b \leq 4$	$c \leq 3$	—	111 131 135 141	—

3.6 Bezpečnost

Svařování patří standardně mezi nejrizikovější práce v České republice. Téměř každoročně se při jeho vykonávání přihodí smrtelná nehoda. Na vině je přítomnost velkého množství života ohrožujících faktorů.

Nejčastější příčinou nehody je špatný nebo nedostatečný odhad rizika, dále následuje používání nebezpečných a vědomě neoprávněných postupů. Určité procento zde zastupuje i odvádění pozornosti vlivem hádky nebo žertu. Tyto problémy většinou způsobuje nedostatečná kvalifikace svářečů a s tím související neznalost. Svářečské práce proto mohou vykonávat pouze osoby s platným svářečským oprávněním stanoveným normou ČSN EN 287-1,2 (05 0705):1995. Tyto osoby se musí účastnit každé 2 roky přezkoušení a každých 5 let musí absolvovat potvrzení o zdravotní způsobilosti (nad 50 let 1x za 3 roky). Bez oprávnění mají přístup ke svařování pouze osoby ve výcviku nebo žáci škol. V obou případech však musí být přítomna kvalifikovaná osoba jako dozor [32].

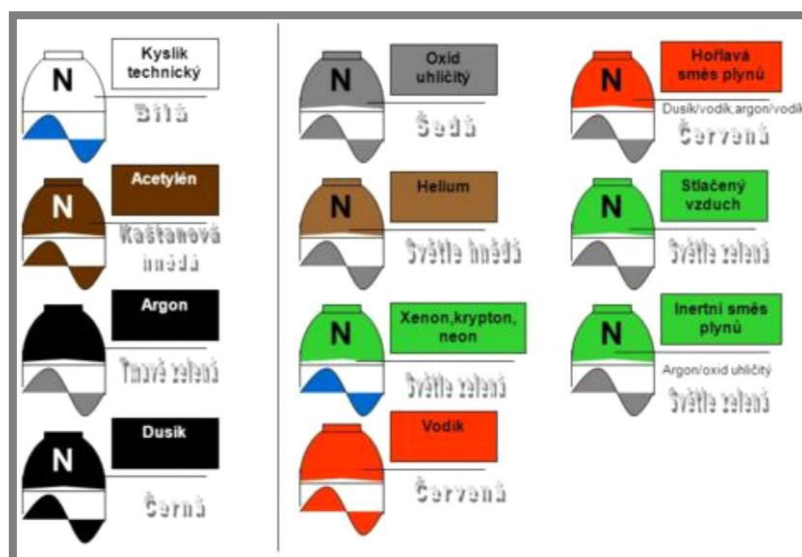
Kromě samotných svářečů hraje velkou roli i pracovní prostředí. O zajištění jejich bezpečnosti se ze zákona starají zaměstnavatelé. Všeobecné zásady jsou následující:

- vymezený prostor pro svařování (stálý a přechodný, snadný přístup pro případ evakuace)
- 15 m³ volného prostoru na jednoho svářeče

- 2 m² volné podlahové plochy na jednoho svářeče
- zajištění stálého odsávání škodlivin
- vybavení hasícím přístrojem nad 5 kg

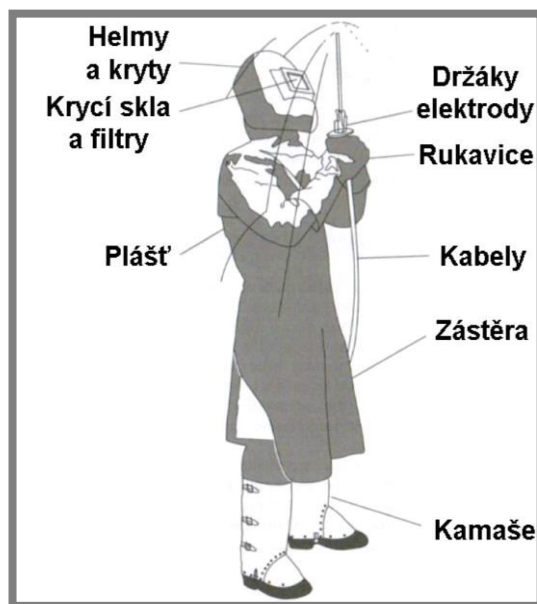
Svařovací přístroje a nebezpečné látky bývají hlavní příčinou nehod. U přístrojů je vždy nutné před operací zkontrolovat jejich stav. Jakákoli závada vytváří potenciální riziko a je nutné ji okamžitě nahlásit nadřízenému. Např. poškozené pojistky u generátoru mohou vytvořit zkrat nebo úraz elektrickým proudem nebo nedostatečná izolace může způsobit požár a s ním i popálení.

V rámci látek se bavíme o těch, které používáme ke svařování a které svařováním produkujeme. První skupina zahrnuje plyny. Jelikož se většinou jedná o látky hořlavé či dokonce výbušné, musí se skladovat v ochranných nádobách. Ty jsou v závislosti na typu plynu rozděleny podle barev (obr. 3-6.1). Druhou skupinu tvoří buď kovy a úlomky strusky odlétávající do okolí, nebo plyny unikající do ovzduší. Odlétávající kousky mohou z důvodu své vysoké teploty způsobit požár. K zabránění postačí odstranit z dosahu všechny objekty, které by jimi mohly být zapáleny. Unikající plyny zahrnují toxické dýmové zplodiny, kovové páry, prachové částice aj. Dlouhodobější inhalace může způsobit ztrátu vědomí a udušení. Každé svářečské pracoviště tak musí být vybaveno systémy odsávání. Ty existují dvojího druhu. Statické systémy zajišťují filtraci pomocí odsávací jednotky a systému potrubí a flexibilních odsávacích ramen přímo nad pracovištěm. Mobilní filtrační systémy jsou rozměrově přizpůsobeny tak, aby se s nimi mohl svářeč volně pohybovat, např. připevněním na jeho záda. Vzduch se ve filtračních jednotkách přečistí a poté je hadicí vhnán do svářečské kukly, odkud vytlačuje vzduch znečištěný.



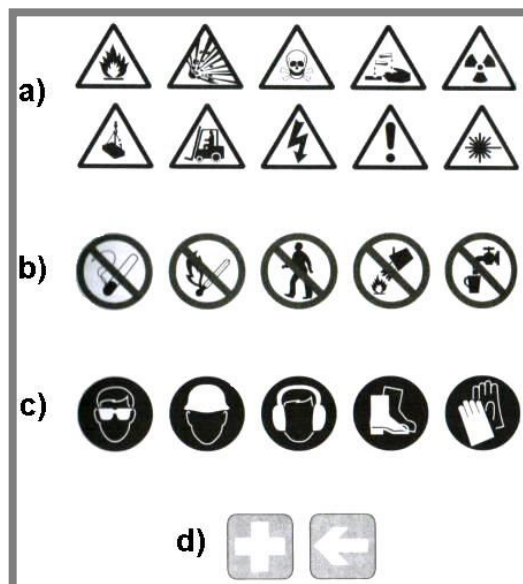
Obr. 3-6.1 Barevné rozdělení ochranných nádob [34]

Při přítomnosti tepelně i toxicky nebezpečných látek je svářeč povinen nosit ochranné pomůcky [4]. Obr. 3-6.2 znázorňuje všechny části oblečení, které je svářeč nucen nosit.



Obr. 3-6.2 Ochranný oděv [4]

Svářečská pracoviště bývají k zajištění vyšší bezpečnosti osazena značkami. Rozlišujeme celkem 4 typy. Varovné značky nás informují o hrozícím nebezpečí. Zákazové značky zakazují činnost, která vede ke zvýšení rizika nebezpečí. Povinné značky nutí k činnosti, která předchází nebezpečí. Bezpečnostní značky zvyšují bezpečí při vypuknutí krizové situace [4]. Obr. 3-6.3 znázorňuje příklady těchto čtyř kategorií.



Obr. 3-6.3 Bezpečnostní značky [4]

a) varovné; b) zákazové;
c) povinné; d) bezpečnostní

4 DISKUZE

4.1 Příklad vytváření výkresové dokumentace

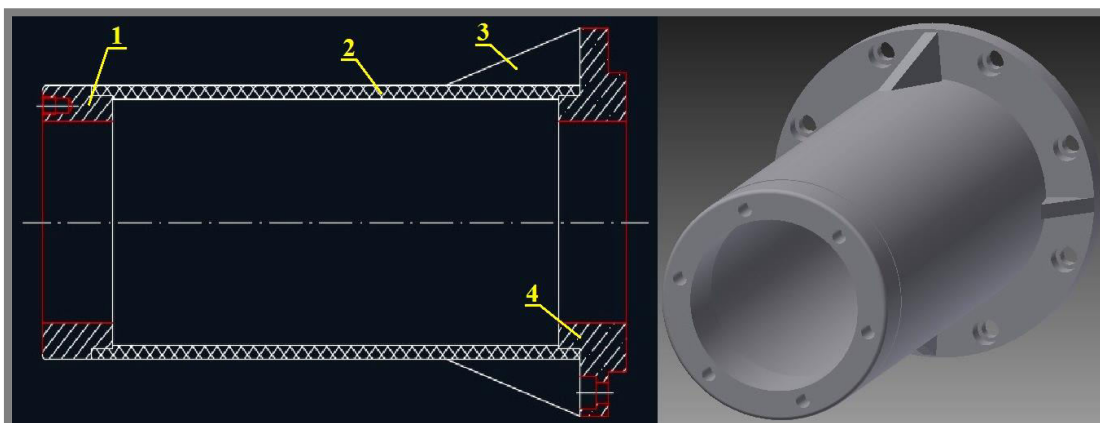
Technické normy nám sice předepisují, jak popisovat svarové spoje, jak určovat jejich jakost nebo jak určit svařitelnost materiálů, avšak žádná z nich neurčuje způsob navržení dané svařované součásti. Tato skutečnost umožňuje výrobcům určitou svobodu ve snaze nalézt optimální řešení při dodržení veškerých požadavků na funkčnost svařované konstrukce.

Výrobce si podle svého uvážení a zkušeností může zvolit materiál, celkový počet vyráběných kusů, typ polotvaru nebo způsob seřízení svařovacích přístrojů. Všechny tyto výrobcem ovlivnitelné faktory shrnuje pojem tzv. technologičnosti konstrukce.

Následující příklad pojednává o postupu vytvoření součásti v prostředí svařovacích pracovišť s využitím informací získaných v předchozích kapitolách.

4.1.1 Příprava výroby

Vytvářená součást je k vidění na obr. 4-1.1. Jedná se o spojení prstence (číslo 1), trubky (číslo 2), a příruby (číslo 4) vyztužené čtyřmi žebry (číslo 3).



Obr. 4-1.1 Příkladová součást

Přírubové spoje tvoří zesílený okraj trubky a slouží k jejímu spojení s jinými trubkami nebo zařízeními, které na ně navazují. Mají zajišťovat pevné a těsné, avšak rozebíratelné spojení. Využívají se především u tlakových nádob a potrubních systémů. Spojení zajišťuje systém několika šroubů. V prstenci se jedná o šrouby s šestihlannou hlavou [10], zatímco v přírubě jde o zapuštěné šrouby s válcovou hranou s vnitřním šestihlannem [10].

Jakmile se ze zadání získají veškeré možné informace, započne příprava výroby. Na jejím počátku stojí projektant. Jeho úkolem je vytvořit takové řešení, které splní požadavky zákazníka i platné legislativní požadavky, avšak zároveň bude z ekonomického hlediska co možná nejefektivnější. Následně konstruktér podle tohoto řešení vytváří výkresovou dokumentaci obsahující potřebné rozměry, tolerance, struktury povrchu, svary, přídavky na obrábění aj. Výkresová dokumentace jde poté k technologovi, který na základě předepsaných svarů určí potřebné parametry a technologické postupy pro jejich provedení [3].

4.1.2 Výroba

4.1.2.1 Projektová část

Možností výroby je zde několik. Nabízí se kupříkladu možnost celou konstrukci vyrobit soustružením z jediného kusu. V tomto případě by však velká rozdílnost v průměrech příruby se zbytkem konstrukce vedla k velkému množství materiálového odpadu, proto je výhodnější vysoustružit všechny součásti zvlášť a následně je spojit svary.

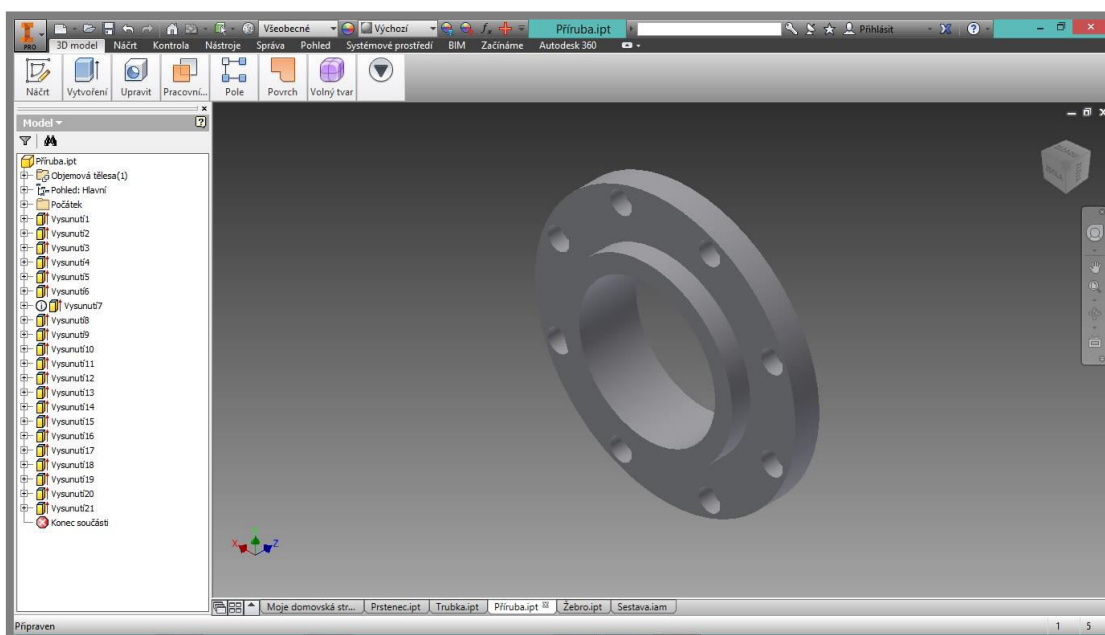
Celá konstrukce je vytvořená z materiálu 11503. Jedná se o konstrukční nelegovanou ocel zajišťující zaručenou svařitelnost ve výrobní délce do 6 m. Ve strojírenství se tato ocel používá často díky jejímu širokému spektru uplatnění. Jednostnost materiálu této konstrukce nám navíc zjednoduší proces svaření a tím sníží čas a náklady.

4.1.2.2 Modelování

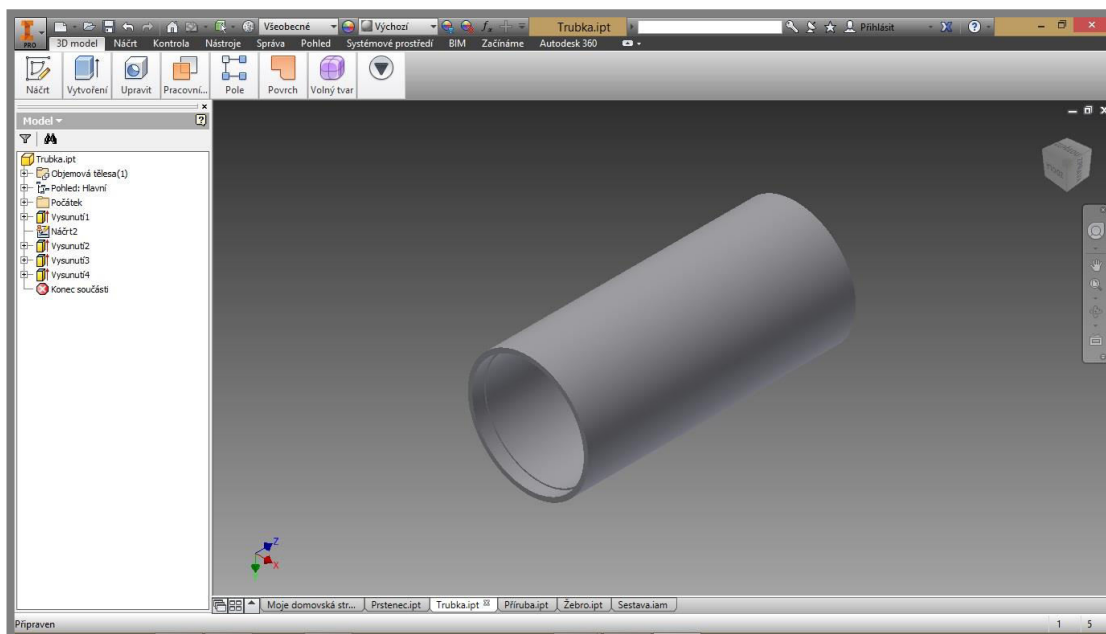
V současné době se k modelování svarků používají čím dál častěji 3D počítačové programy. 2D vytváření výkresů má sice stále své zastoupení ve výuce i praxi, avšak jde o pomalejší, náročnější, a tudíž méně progresivní metodu. U počítačových programů se navíc snáze provádějí úpravy a disponují i možností provést zkušební analýzu společně s výpočtem pevnosti svaru či materiálu.

Následující postup je prováděn v programu Inventor.

Programování svarku začíná vytvořením dílčích součástí. Jejich příklady jsou k vidění na obr. 4-1.2.2.1 a obr. 4-1.2.2.2.

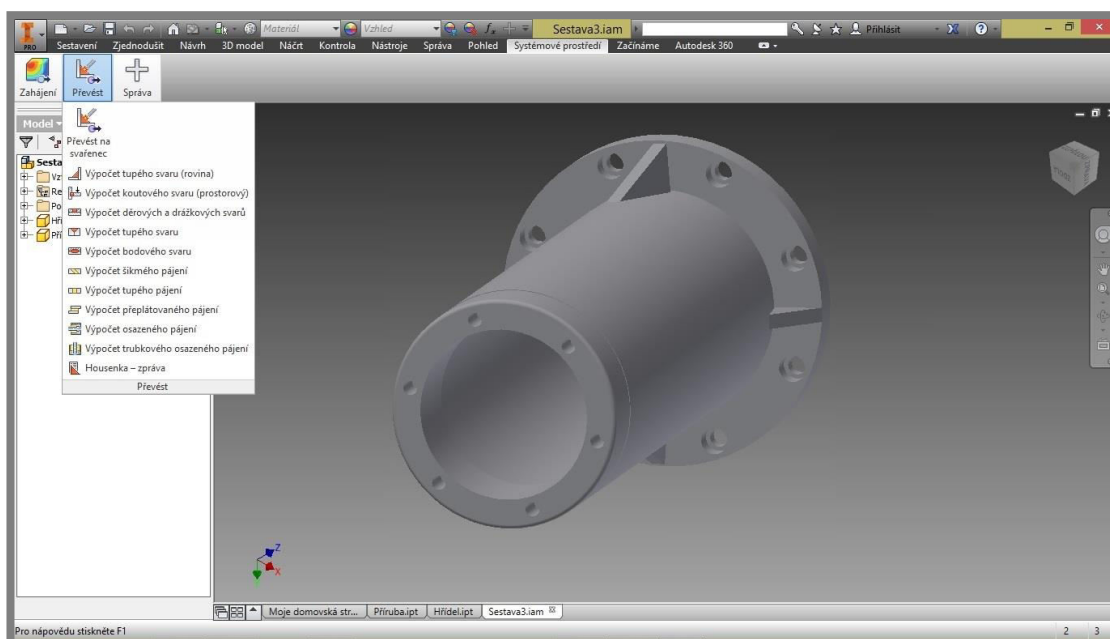


Obr. 4-1.2.2.1 Příruba



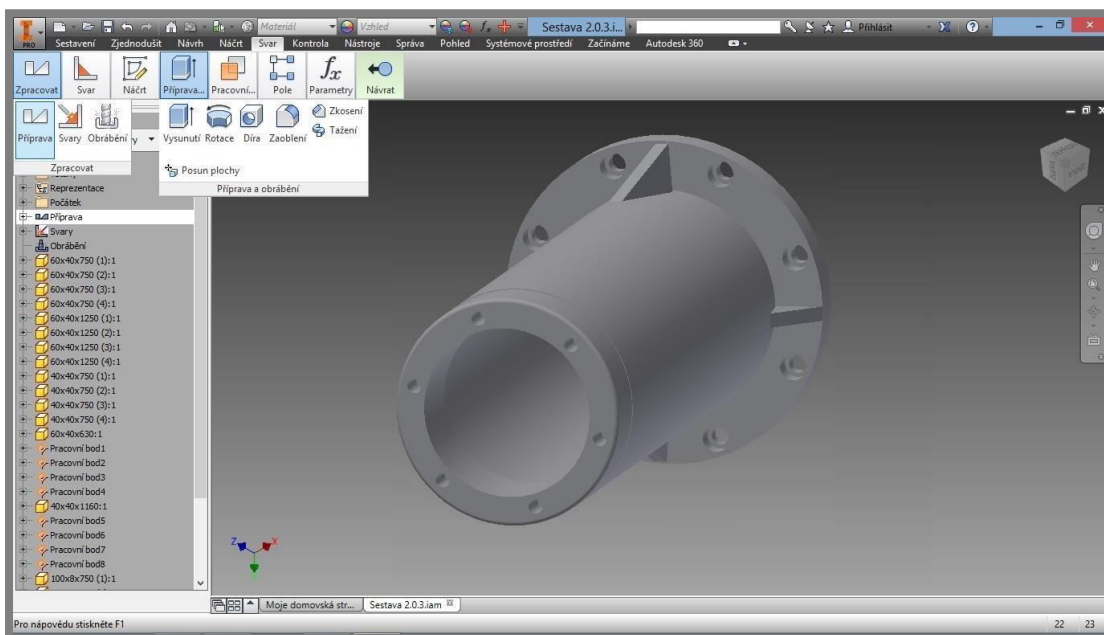
Obr. 4-1.2.2.2 Trubka

Ty se následně převedou do prostředí sestavy, které nám umožní jejich spojení. Jakmile se vytvoří sestava, převedeme ji na svařenec (obr. 4-1.2.2.3). Toto prostředí nám umožní pracovat s funkcemi pro svary.



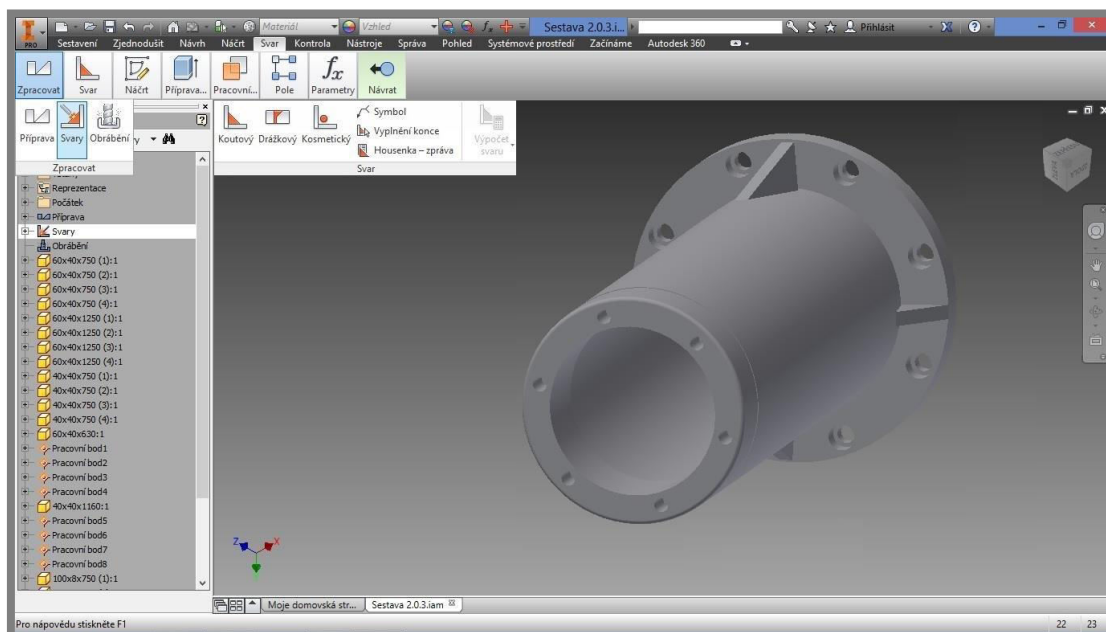
Obr. 4-1.2.2.3 Převod sestavy na svařenec

V prostředí sestavy se nejprve provede příprava plochy, k čemuž slouží ikona "Příprava". Tento příkaz aktivuje skupinu příkazů (náčrt, vysunutí, rotace, díra, zaoblení, zkosení a tažení - obr. 4-1.2.2.4), které slouží k tvarové úpravě modelu.



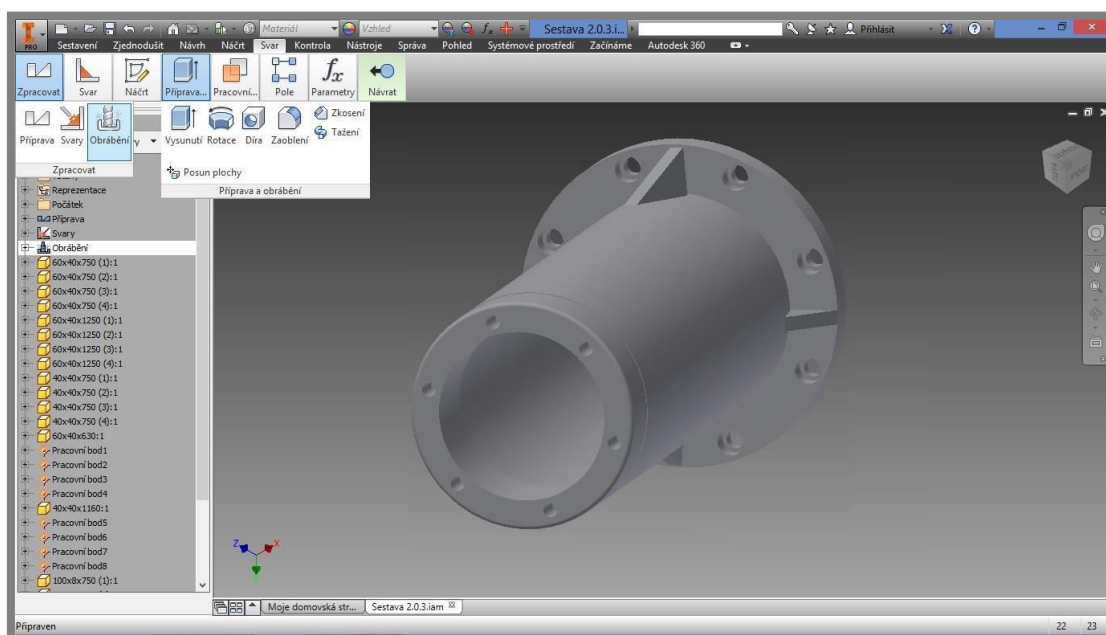
Obr. 4-1.2.2.4 Funkce "Příprava"

Poté se provedou samotné svary. Ikona "Svary" nám otevře podokno obsahující potřebné nástroje k jejich vytvoření (obr. 4-1.2.2.5). Veškeré svary se zadávají pomocí ploch, které svar spojuje. Určuje se typ svaru, délka, odsazení aj.



Obr. 4-1.2.2.5 Funkce "Svary"

Po vytvoření svaru je potřeba provést obrábění. K tomu nám slouží ikona "Obrábění", která aktivuje stejnou skupinu příkazů jako ikona "Příprava" (znázorněno na obr. 4-1.2.2.6), které tentokrát slouží k tvarové úpravě svarků.



Obr. 4-1.2.2.6 Funkce "Obrábění"

4.1.2.3 Konstrukterská a technologická část

Jakmile projektant vytvoří konstrukční řešení, je na konstruktérovi, aby na jeho základě vytvořil příslušnou výkresovou dokumentaci. Avšak i konstruktér musí myslet ekonomicky.

Jelikož se jedná o konstrukčně jednodušší svarek, postačí nám k uvedení všech potřebných údajů jediný výkres pro svařování a obrábění. Dále je potřeba rozhodnout o počtu výkresů dílčích součástí. Ty jsou z konstrukčního hlediska taktéž jednoduché, tudíž uvedení jejich informací přímo do výkresu pro svařování a obrábění nezpůsobí nepřehlednost a jejich dílčí výkresy nejsou v praxi zapotřebí. Zde jsou však pro názornost příkladu uvedeny.

4.1.2.4 Výkresy

Výkresy součástí, výkres svarku pro svařování a obrábění i kusovník jsou součástí přílohy.

Výkresy součástí znázorňují dílce před jejich spojením, proto není potřeba uvádět drsnosti povrchů, geometrické tolerance nebo samotné svary. Na obr. 4-1.1 vytvářené součásti jsou však vidět funkční plochy označené červenou barvou. Na funkční plochy dosedají jiné součásti, proto je potřeba zajistit jejich přesnost. Proces svaření však svým tepelným působením způsobuje pohyb materiálu kroucením, smrštěním atd., tudíž by došlo ke ztrátě této přesnosti. Proto se na výkresech dílců neuvádí drsnosti povrchů, geometrické tolerance ani samotné svary. K funkčním plochám je potřeba přidat přídavky na obrábění (tab. 3-5.2.5), které se po vytvoření svarku obrobí. Na výkresech dílců je zakótujeme společně s plochami, na kterých se nachází. Pro uložení součástí se použije uložení H11/h11 a jako stupeň drsnosti postačí $Ra = 12,5 \mu\text{m}$ (viz výkres dílce svarku v kapitole 3.5.1).

Výkres svarku pro svařování a obrábění musí standardně obsahovat následující informace [19]:

- jasné a úplné kótování
- údaje o svarech a svařování
- údaje o rozměrové a geometrické toleranci
- údaje o struktuře povrchu
- označení všech dílčích součástí v závislosti na jejich čísle v kusovníku
- technické požadavky
- popisové pole

Upínání součástí před procesem svařování je důležitou součástí výroby. Mezi faktory, kterých se snažíme docílit, patří jednoduchá montáž a obsluha upínacího zařízení, rychlá výměna dílců a zajištění přesné vzájemné polohy dílců. Dosažením těchto faktorů šetříme čas a námahu.

Pro upnutí a vystředění součástí trubkovitého typu se nejčastěji používá svěrka viděná na obr. 4-1.2.4.1. Disponují jednoduchou konstrukcí se stejnou roztečí upínacích bodů, které zajistí rovnoměrné rozdělení upínací síly po celém obvodu upnuté součásti. Díky nízké hmotnosti se snadno a rychle upnou a jejich manipulace je přesná a bezpečná [35].



Obr. 4-1.2.4.1 Svěrka [35]

Metoda svařování je pro proces výroby svarku neméně důležitá. Pokud možno, volí se co nejmenší počet metod za účelem snížení času a nákladů výroby. V tomto případě nám díky jednotnosti materiálu a konstrukčně jednoduchým svarkům postačí jediná metoda.

Použitá ocel 11503 je relativně univerzální, co se do metod svařování týče. Vhodným řešením se zde jeví použití svařování obalenou elektrodou (metoda 111 - viz příloha (2)), jelikož se jedná o velmi často využívanou metodu se snadnou dostupností prostředků a levném provedení. Při výběru vhodné obalené elektrody je nejdůležitější kvalita produkovaného svarového kovu, která musí být vyšší nebo alespoň ekvivalentní základnímu materiálu [1]. Na základě tabulek [10] se zvolí elektroda s označením E 35 A RR 1 1. Jde o nejpoužívanější rutilovou elektrodu pro svařování běžných konstrukčních ocelí o pevnosti do 480 MPa.

Ještě než začneme součásti svařovat, je potřeba podle potřeby upravit svarové plochy. Na výkresu svarku pro svařování a obrábění jsou k vidění dva typy svarů.

Prsteneček a trubka jsou spojeny jednostranným tupým V-svarem. Před jejich vytvořením je potřeba srazit hrany způsobem, který znázorňuje obr. 4-1.2.4.2 vyňatý ze strojnických tabulek. Stejný obrázek znázorňuje i způsob sražení jednostranných koutových 1/2V-svarů použitých ke spojení příruby a trubky a následným připojením vyztužovacích žebër. Sražení se v obou případech řídí normou ČSN EN ISO 9692 [31].

Svar					Tvar svarové plochy				Rozměry v mm		
Číslo	Tloušťka materiálu t	Pojmenování svaru	Značka (podle ISO 2553)	Zobrazení	Řez	Rozměry				Doporučená metoda svařování (podle ČSN EN 24063)	Poznámka
						Úhel ¹⁾ α, β	Mezera b	Otupení c	Výška úkosu h		
1.3	$3 \leq t \leq 10$	V-svar	✓			$40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$b \leq 4$	$c \leq 2$	—	3 ^{d)}	Případně s podložkou
1.4	$3 < t \leq 10$	1/2 V-svar	✓			$35^\circ \leq \beta \leq 60^\circ$	$2 \leq b \leq 4$	$1 \leq c \leq 2$	—	111 131 135 141	—

Obr. 4-1.2.4.2 Způsob úpravy svarových ploch [33]

Jak řečeno v kapitole 3.5.2.4, předpis tolerance pro svařované konstrukce se do výkresu umísťuje vždy nad popisové pole. Jelikož se zde jedná o těsnící součástku nucenou snášet lehce vyšší zatížení, použije se i přesnější tolerance, např. EN ISO 13920 - BF.

Po vytvoření svarku následně dojde k obroušení svarových spojů. Výběr brusného kotouče závisí čistě na výsledném materiálu svaru. Jelikož je tvořen ocelí střední tvrdosti a pevnosti, není zapotřebí používat vysoce kvalitní a velmi drahé brusné materiály. Na tento dokončovací proces postačí obyčejný kotouč s označením 32A 40-M5V.

Kusovník je uveden na samostatném výkresu, proto se vyplňuje shora dolů. Záhlaví je standardně nad prvním řádkem soupisu a přítomné je i vlastní popisové pole. Jsou v něm uvedeny všechny dílce svarku společně s údaji o materiálu, polotvaru, hmotnosti a počtu kusů daného dílce.

4.2 Budoucnost svařování

V minulosti se svařování prokázalo jako významný způsob vytváření nerozebíratelných spojů, když některými svými vlastnostmi předčilo šroubování a nýtování nebo když dopomohlo k uskutečnění velkých vědeckých událostí (použití svarů na stavbu raketoplánu).

Postupem času docházelo k neustálému rozšiřování této technologie a v současné době se uplatňuje ve všech významných průmyslových odvětvích. Z důvodu tohoto rozšíření se tudíž nedá očekávat, že by tato metoda spojování

materiálů v dohledné době zcela vymizela.

Budoucnost svařování je z velké části dána budoucností odvětví, ve kterých se využívá. Nicméně z důvodu neustálého zdražování materiálů, energie i paliv je potřeba hledat nové cesty, které udrží svařování na určité ekonomické úrovni.

Jedním ze způsobů je nacházení nových technologií či modernizace těch existujících spojených s jejich širším uplatněním. Ve většině případů jde o úsporu materiálů a energií. Příkladem takového efektivního postupu je rozšiřování laserových technologií v oblasti oprav strojních komponentů [36]. Jejich jakákoli vada způsobí přerušení výroby a tím pádem i zvýšení nákladů, proto musí být provedena rychle a efektivně. Díky laserovým technologiím může celá oprava proběhnout v jediné fázi. Například díky stabilizovanému nanášecímu svařovacímu procesu se doba proti běžnému plynovému svařování zkrátí až třikrát.

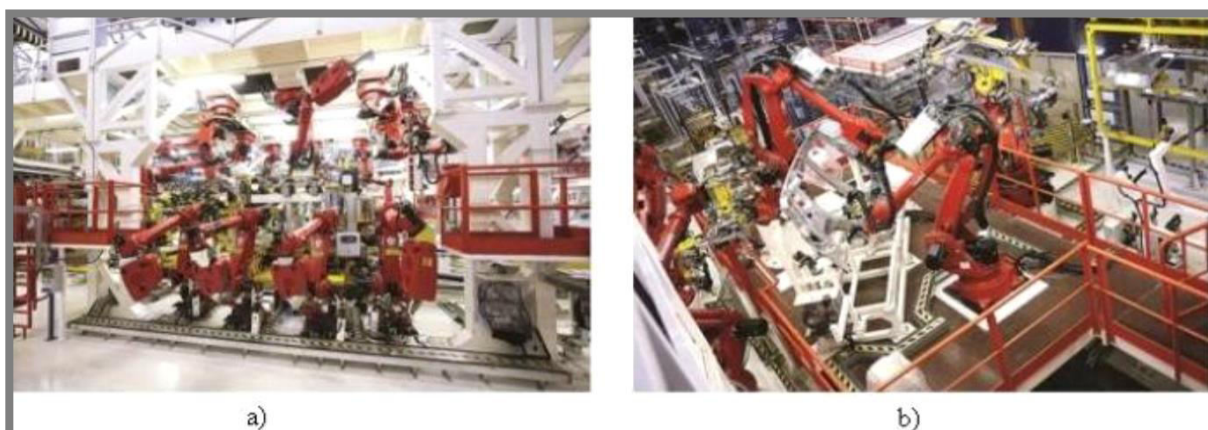
Taktéž nacházení nových materiálů a možností jejich svařování tvoří velký příslib do budoucna. Zde pokrok laserové aditivní výroby umožňuje vytvářet jednotlivé díly i lehké konstrukční části z hořčíkových slitin, které vydrží vysoká zatížení a disponují nízkou hmotností. Laserová technologie může být použita i v případě výroby konstrukcí z kompozitních materiálů, jež je všeobecně obtížné kombinovat.

Velká pozornost je zaměřena i na možnosti automatizace, která je fenoménem dnešní doby. První plně automatizovaný robot byl uveden do provozu na přelomu 50. a 60. let minulého století. Od té doby pomalu pronikají do všech průmyslových odvětví.

Své zastoupení mají i ve svařování. V dnešní době dokáží svařovat pomocí elektrického oblouku, laseru, mohou pájet, řezat, i brousit. Neustálým vývojem navíc zvládají více a více typů svařování a tím zvyšují svou univerzálnost.

Narozdíl od člověka roboti vykonávají práci rychleji, levněji a spolehlivěji. Tím, že provádějí svařování, také zvyšují bezpečnost, kdy člověk místo práce s nebezpečnými nástroji a materiály pouze operuje daný stroj.

Velkým krokem vpřed je také vytváření spojovacích soustav, kde dochází ke kombinaci technologií umožňující nové montážní aplikace. V této oblasti je významná například firma Comau operující v automobilovém odvětví [37]. Na obr. 4-2.1 a) je ukázka soustava 18 robotů s kapacitou kolem 100 bodových svarů za dobu 52 sekund. Na obr. 4-2.1 b) zase pracují dva roboti na lepení bočnic před jejich namontováním na skelet. Obě linky se vyznačují vysokou flexibilitou.



Obr. 4-2.1 Ukázka stanice firmy Comau [37]

a) stanice pro svařování; b) stanice pro lepení

Nicméně tu jsou jistá omezení. Ne všechny firmy si mohou dovolit zavedení svářečských robotů. Kvůli svým větším rozměrům a horší přenositelnosti se navíc využívají pouze ve svářečských pracovištích a nikoli na stavbách. Ruční svařování tak má stále své zastoupení a v blízké budoucnosti se neočekává jeho kompletní vymizení.

I tak je mu předpovídan mírny sestup. Ten je mimo jiné způsoben nezájmem dnešních mladých lidí, kteří svařování vidí jako hrubou, náročnou a nebezpečnou práci. Mnoho podniků tak čelí nedostatku kvalifikovaných svářečů. I zde však dochází k pokroku. Výuka „Virtual Welding“ se zaměřuje na praktické ukázky se snahou o co největší napodobení reality (obr. 4-2.2). Dotyční tak bez podstoupení jakéhokoliv rizika získají pomocí virtuálních simulace potřebnou odpovídající představu o tom, jaké podmínky obecně při této práci panují a co vše obnáší být svářečem. Přístup daného přístroje k online souborům navíc umožňuje pomocí aktualizací držet krok se současnými trendy.



Obr. 4-2.2 Přístroj na virtuální realitu svařování [38]

5 ZÁVĚR

Předložená bakalářská práce shrnuje současné poznatky v oblasti tvorby technické dokumentace svarku. Vedle řešení otázky svařitelnosti rozdílných materiálů se zabývá technologiemi vytváření svarů a jednotlivými typy svarových spojení, které se v dnešní době běžně využívají. Dále popisuje způsob zobrazování svarů na výkresech, možnosti jejich značení, tvorbu samotné výkresové dokumentace a popisuje základní bezpečnostní opatření.

V rámci výkresové dokumentace svarků též dává přehled o současných základních využívaných normách. Ty nám sice předepisují pravidla a postupy při volbě metod svařování a přídavného materiálu či způsobu úpravy svarových ploch, avšak způsob vytvoření výkresové dokumentace, na jejímž základě se posléze vyrobí daná součást, závisí čistě na příslušném zaměstnanci. Ten tak podle potřeby postupuje buď na základě svého uvážení nebo skrze zavedené firemní předpisy.

Jelikož svařování patří mezi stále více se využívající metody nerozebíratelného spojování dílů, je součástí bakalářské práce i jednoduchý příklad popisující postup vytvoření typického svařence v moderním 3D programu, které určují budoucí trend v tvorbě technické dokumentace svařovaných konstrukcí. V tomto a jím podobných programech je pomocí prostorového modelování dosaženo názornější představy o sestavě a jejich komponentech, aniž bychom museli součásti přímo vyrábět. Na vymodelovaných součástech mohou být také prováděny nejrůznější pevnostní analýzy, pomocí kterých měříme napětí a deformace, které se svými hodnotami blíží skutečným hodnotám v místě aplikace daných součástí. V neposlední řadě můžeme taktéž podle potřeby přizpůsobovat tvar součástí, což nám pomůže snáze určit nejvhodnější řešení z technologického i ekonomického hlediska.

Všechny výše zmíněné informace mají sloužit jako nadstavba stávající literatury využívané při výuce předmětů zaměřených na konstruování s cílem pomoci zvládnout správnou formální tvorbu výkresové dokumentace svarků.

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a Jiří DVOŘÁČEK. Základy konstruování. Vyd. 5. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013, 236 s. : obr., tab. ISBN 978-80-7204-839-7.
- [2] Technické kreslení. In: Sosnejdek.cz [online]. Chomutov, 2008 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: www.sosnejdek.cz/predmety/files/ok/ok_technickekresleni.pdf
- [3] Konstrukter a nedestruktivní kontroly svarových spojů [online]. 2016 [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <http://svarox.cz/konstrukter-a-nedestruktivni-kontroly-svarovych-spoju/>
- [4] TIMINGS, Roger. Fabrication and Welding Engineering. Routledge. New York, 2008. ISBN 978-0-7506-6691-6.
- [5] Technické normy. *Technicke-normy-csn.cz* [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.technicke-normy-csn.cz/>
- [6] ČSN 05 0000: *Zváranie. Zváranie kovov. Základné pojmy*. 1988.
- [7] *VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY STUDIUM SPOLEHLIVOSTI BEZOLOVNATÉHO PÁJENÍ STUDY OF LEAD-FREE SOLDER RELIABILITY* [online]. 2017 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/20541716-Vysoke-uceni-technicke-v-brne-brno-university-of-technology-studium-spolehlivosti-bezolovnateho-pajeni-study-of-lead-free-solder-reliability.html>
- [8] Svařování [online]. [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/svarovani/UT_01_Prehled_svarovani_T08.pdf
- [9] ČSN EN ISO 18278-1 (05 1330): *Odporové svařování - Svařitelnost - Část 1: Hodnocení svařitelnosti kovových materiálů pro odporové bodové, švové a výstupkové svařování*. 2015.
- [10] SVOBODA, Pavel a Jan BRANDEJS. Výběry z norem pro konstrukční cvičení. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-7204-838-0.
- [11] *Svařování litiny v příkladech* [online]. 2008 [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <https://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cislocclanku=2008010302>
- [12] ČSN EN 13479 (05 5805): *Svařovací materiály - Všeobecná výrobová norma pro přídavné kovy a tavidla pro tavné svařování kovových materiálů*. 2005.
- [13] ČSN EN ISO 4063 (05 0011): *Svařování a příbuzné procesy - Přehled metod a jejich číslování*. 2010.

- [14] Změny v klasifikačních normách svařovacích materiálů [online]. 2007 [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <http://www.cws-anb.cz/t.py?t=2&i=221>
- [15] DOPLŇUJÍCÍ ÚDAJE A TABULKY [online]. [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: http://www.svarovani.cz/userfiles/files/07-11-original_smallpdf.com_.pdf
- [16] Svařování [online]. [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <http://www.spsvitkovice.cz/texty/texty/ZAV/ZAV1-svarovani.pdf>
- [17] Svařování tlakem za studena [online]. [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/hsv__specialni_metody_svarovani__svarovani_tlakem_za_studena__mrna.pdf
- [18] Svařování třením [online]. [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/hsv__specialni_metody_svarovani__svarovani_trenim__mrna.pdf
- [19] Svařovaná sestava - Svarek [online]. 2013 [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: https://www.spskladno.cz/stahuj_dumy.php?id=1073
- [20] Výkresová dokumentace svarku [online]. 2006 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/predmety_omk/2k/PC4.pdf
- [21] POSPÍCHAL, J. *Technické kreslení*. 2. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. 84 s. ISBN: 80-01-02196-3.
- [22] Základy značení svarů: Svařované konstrukce [online]. 2005 [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: http://homen.vsb.cz/~hla80/Vyuka/02Svary_a_OK.pdf
- [23] ČSN EN ISO 2553: *Svařování a příbuzné procesy - Zobrazování na výkresech - Svarové spoje*. 2013.
- [24] KLETEČKA, Jaroslav a Petr FOŘT. *Technické kreslení*. Computer Press. Brno, 2001. ISBN 80-7226-542-3.
- [25] Značení svarů. In: Sst.opava.cz [online]. [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: sst.opava.cz/schreier/csn_svar.pdf
- [26] Svary a svařované konstrukce. In: Mechmes.websnadno.cz [online]. [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: mechmes.websnadno.cz/dokumenty/pri-s-08_svarysvarovespoje.pdf
- [27] Změny v klasifikačních normách svařovacích materiálů [online]. 2012 [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <http://www.cws-anb.cz/t.py?t=2&i=384>
- [28] ČSN EN ISO 5817 (05 0110): *Svařování - Svarové spoje oceli, niklu, titanu a jejich slitin zhotovené tavným svařováním (kromě elektronového a laserového svařování)- Určování stupňů kvality*. 2008..

[29] ČSN EN ISO 6947 (05 0024): *Svařování - Pracovní polohy - Definice úhlů sklonu a otočení*. 1999.

[30] ČSN EN ISO 13920: *Svařování - Základní tolerance pro svařované konstrukce – Velikosti délek a úhlů - Tvar a poloha*. 1998.

[31] ČSN EN ISO 9692-1 (05 0025): *Svařování a příbuzné procesy - Doporučení pro přípravu svarových spojů - Část 1: Svařování ocelí ručně obloukovým svařováním obalenou elektrodou, tavící se elektrodou v ochranném plynu, plamenovým svařováním, svařováním wolframovou elektrodou v inertním plynu a svařováním svazkem paprsků*. 2004.

[32] Bezpečnost při svařování [online]. [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <http://www.hanousek.cz/editor/filestore/File/Bezpecnost%20pri%20svarovani.pdf>

[33] *Svařování plamenem* [online]. [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2615607/>

[34] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. 3. dopl. vyd. Praha: Scientia, spol., 1999. ISBN 80-7183-164-6.

[35] *PRACOVNÍ POMŮCKY PRO SVAŘOVÁNÍ POTRUBÍ: PŘÍPRAVKY PRO UPNUTÍ A VYSTŘEDĚNÍ TRUBEK PŘED SVAŘOVÁNÍM* [online]. 2014 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.hala-welding.cz/file.php?nid=5135&oid=3643268>

[36] Laserové technologie pro výrobu budoucnosti [online]. 2015 [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: http://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv-technik/laserove-technologie-pro-vyrobu-budoucnosti_33389.html

[37] Inovativní spojovací systémy. *Mmspektrum.com* [online]. 2016 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/inovativni-spojovaci-systemy-predjimajici-budoucnost.html>

[38] Virtual Welding - Výuka budoucnosti. *Fronius.com* [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-86D62696-808BD052/fronius_ceska_republika/hs.xsl/29_10694.htm#.V0Iu69SLTDc

7 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 3-2 Rozdělení mechanických spojení	14
Obr. 3-3.1 Rozdělení svařovacích materiálů	14
Obr. 3-3.2 Intermetalická fáze na rozhraní pájky tvořené cínem a stříbrem a spojovaného materiálu z mědi	15
Obr. 3-3.1 Schäfflerův diagram	16
Obr. 3-4.2.1 Části svaru	20
Obr. 3-4.2.1.1 Svařování obalenou elektrodou	21
Obr. 3-4.2.1.2 Příklad značení elektrod systémem A	22
Obr. 3-4.2.1.3 Příklad značení elektrod systémem B	22
Obr. 3-4.2.1.4 Elektrické přístroje	23
Obr. 3-4.3.1 Svařitelnost materiálů metodou svařování za studena	24
Obr. 3-4.4.1 Svařitelnost materiálů metodou svařování třením	25
Obr. 3-4.5.1 Brusky	26
Obr. 3-4.5.2 Rozbor značení brusného kotouče	27
Obr. 3-5 Typy výkresové dokumentace	27
Obr. 3-5.1.1 Svarek ozubeného kola v sestavě montážní jednotky	28
Obr. 3-5.1.2 Kusovník	29
Obr. 3-5.2.1.1 Rozdělení svarů	30
Obr. 3-5.2.1.2 Odkazová čára	32
Obr. 3-5.2.1.5 Přehled značení svarů	34
Obr. 3-5.2.1.6 Umístění odkazové čáry	35
Obr. 3-5.2.2.1 Pooperační pnutí	36
Obr. 3-5.2.3.1 Úhly sklonu a otočení	37
Obr. 3-5.2.3.2 Polohy svařování	37
Obr. 3-5.2.4.1 Příklady rozměrů na které se vztahují všeobecné tolerance	38
Obr. 3-6.1 Barevné rozdělení ochranných nádob	42
Obr. 3-6.2 Ochranný oděv	43
Obr. 3-6.3 Bezpečnostní značky	43
Obr. 4-1.1 Příkladová součást	44
Obr. 4-1.2.2.1 Příruba	45
Obr. 4-1.2.2.1 Trubka	46
Obr. 4-1.2.2.3 Převod sestavy na svařenec	46
Obr. 4-1.2.2.4 Funkce „Příprava“	47
Obr. 4-1.2.2.5 Funkce „Svary“	47
Obr. 4-1.2.2.6 Funkce „Obrábění“	48
Obr. 4-1.2.4.1 Svěrka	49
Obr. 4-1.2.4.2 Způsob úpravy svarových ploch	50
Obr. 4-2.1 Ukázka stanice firmy Comau	51
Obr. 4-2.2 Přístroj na virtuální realitu svařování	52

8 SEZNAM TABULEK

Tab. 3-1 Základní normy svařování	13
Tab. 3-4.1 Označení metod svařování	19
Tab. 3-5.2.1.3 Vztah mezi formátem originálu a minimální velikostí písma	32
Tab. 3-5.2.1.4 Poměry rozměrů písma	33
Tab. 3-5.2.2.2 Vady svarů	36
Tab. 3-5.2.4.2 Mezní úchylky	39
Tab. 3-5.2.5 Přídatky na obrábění	40
Tab. 3-5.2.6.1 Přehled částí normy ČSN EN ISO 9692	40
Tab. 3-5.2.6.2 Tvary a rozměry sražených hran	41

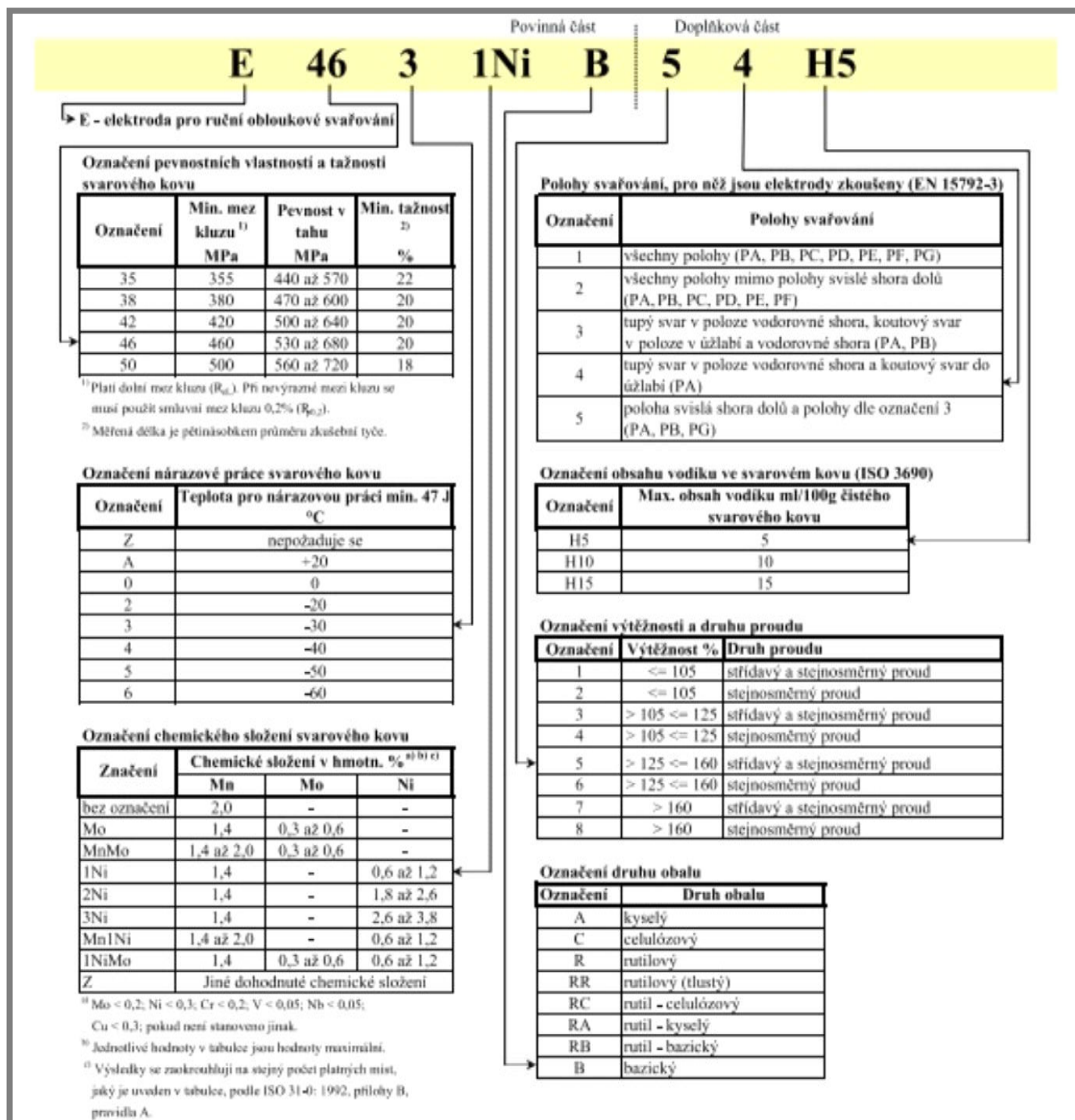
9 SEZNAM PŘÍLOH**(1) Svařitelnost ocelí [34]**

Třída ocelí	Zaručená	Dobrá	Obtížná	Nedoporučuje se	
		Oceli			
10		10 000 10 370			
11	11 300 11 320 11 342 11 425 11 453 11 481	11 343 11 523	11 500 11 550 11 600 11 650 11 700	11 110 11 120 11 140	
12	12 010 12 020 12 030		12 040 12 050	12 060 12 090	
13	13 030 13 320		13 141 13 151	13 180 13 251	
14	14 220 14 331	14 120	14 221	14 109 14 240	
15	15 110 15 121	15 130 15 230	15 235 15 240	15 340	
16	16 221 16 320	16 532	16 220	16 240	
17	17 020 17 240	17 022 17 040	17 113 17 153	17 024 17 042	
19				19 083 19 132 19 133 19 152 19 191	19 312 19 422 19 436 19 642 19 802 19 824

(2) Značení jednotlivých způsobů svařování

Základní dělení	Podskupiny	Konkrétní typy	Označení	
obloukové svařování	bez ochranné atmosféry	obalenou elektrodou	111	
		gravitační obalenou elektrodou	112	
		holou elektrodou	113	
		trubičkovou elektrodou	114	
		obaleným drátem	115	
		položencou elektrodou	116	
	pod tavítkem	drátkovou elektrodou	121	
		páskovou elektrodou	122	
	v ochranné atmosféře odtavující se elektrodou	v neutrálním plynu		131
		v aktivním plynu		132
v aktivním plynu trubičkovou elektrodou		135		
v ochranné atmosféře neodtavující se elektrodou	v neutrálním plynu		141	
	volframovou elektrodou	atomické svařování ve vodíku	149	
	plazmové svařování		15	
	jiné způsoby obloukového svařování		16	
odporové svařování		bodové	21	
		výstupkové	22	
		švové	23	
		odtavovací stýlkové	24	
		jiné	25	
		vysokofrekvenční	26	
svařování plamenem	kyslíkovým	kyslíko-acetylenovým	311	
		kyslíko-propánovým	312	
		kyslíko-vodíkovým	313	
	vzduchovým	vzducho-acetylenovým	321	
	vzducho-propánovým	322		
tlakové svařování		ultrazvukové	41	
		tření	42	
		kovářské	43	
		výbuchem	441	
		difuzní	44	
		s plamenovým ohřevem	47	
		za studena	48	
jiné způsoby svařování		aluminotermické	71	
		elektrostruskové	72	
		elektroplynové	73	
		indukční	74	
		laserem	751	
		soustředěným paprskem oblouku	752	
		infračerveným paprskem	753	
		elektronové svařování	75	
		obloukové přivařování svorníků	761	
		odporové přivařování svorníků	762	

(3) Systém A značení elektrod [15]



(4) Značení veličin broušení

Typ abraziva			
Značení výrobce	BS značení	Abrazivum	Použití
A	A	Korund	Vysoká tvrdost pro pevné, tvrdé materiály
32A	A	Korund	Rychlé řezání pro rychlý odběr
38A	A	Korund	Lehké brusivo velmi tvrdých ocelí
19A	A	Korund	Měkčí brusivo než 38A pro válcové broušení
37C	C	Karbid křemíku	Pro tvrdé, křehké materiály s vysokou hustotou
39C	C (zelený)	Karbid křemíku	Pro velmi tvrdé a křehké materiály

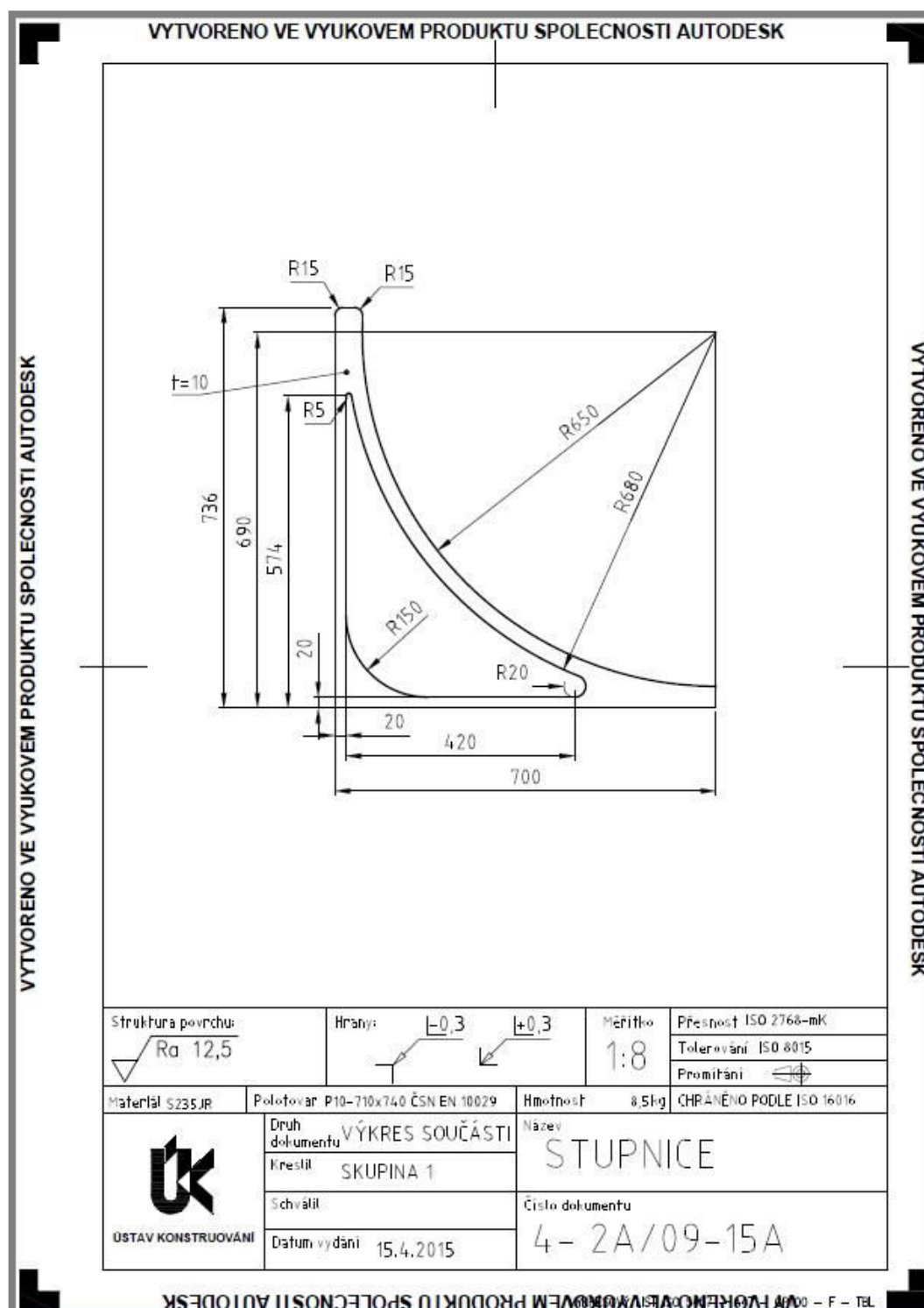
Velikost zrna	
Klasifikace	Velikost zrna
Hrubé	10, 12, 14, 16, 20, 24
Střední	30, 36, 40, 46, 54, 60
Jemné	70, 80, 90, 100, 120, 150, 180
Velmi jemné	220, 240, 280, 320, 400, 500, 600

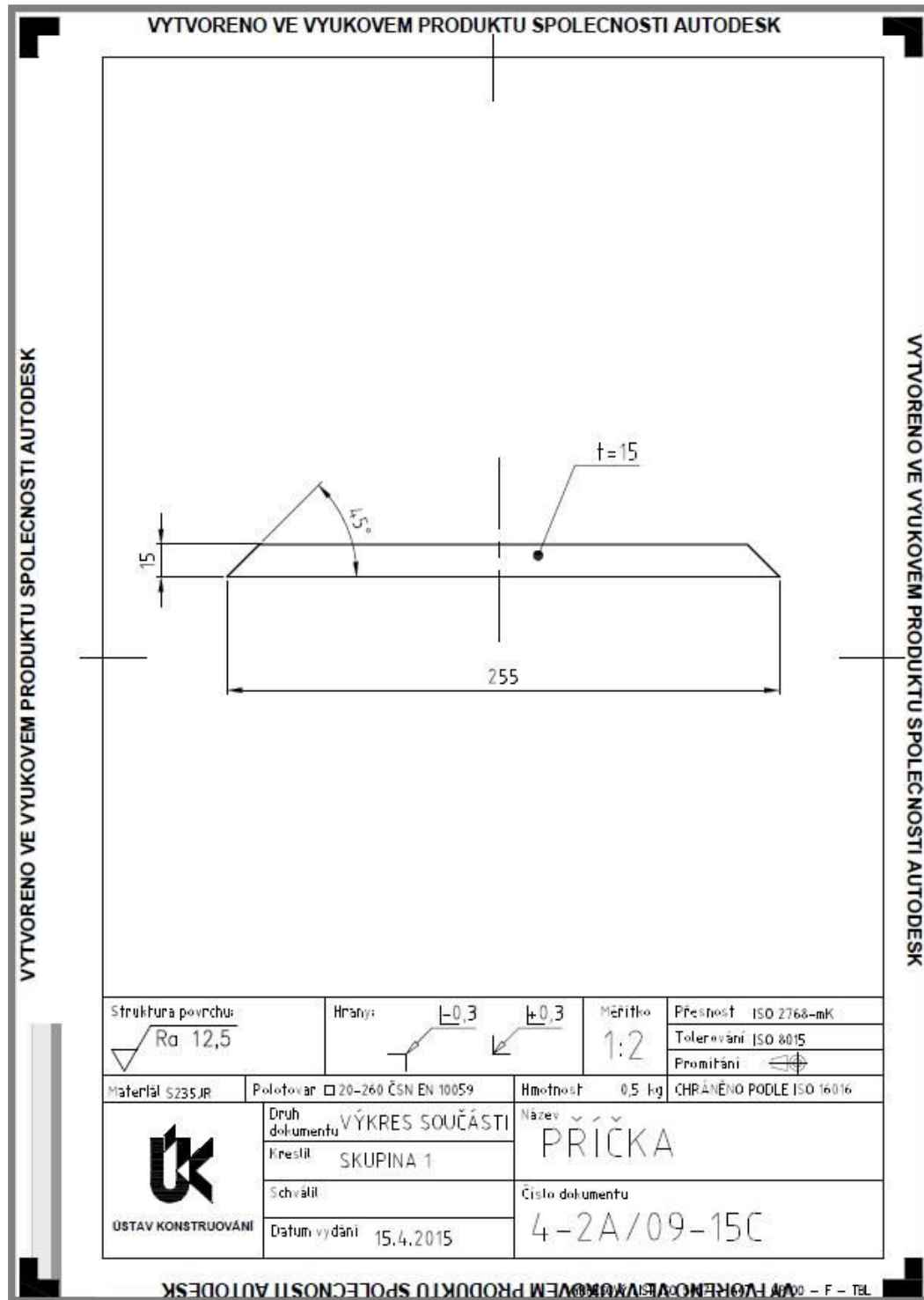
Stupeň tvrdosti	
Klasifikace	Písmenné značení
Velmi měkké	E, F, G
Měkké	H, I, J, K
Střední	L, M, N, O
Tvrdé	P, Q, R, S
Velmi tvrdé	T, U, W, Z

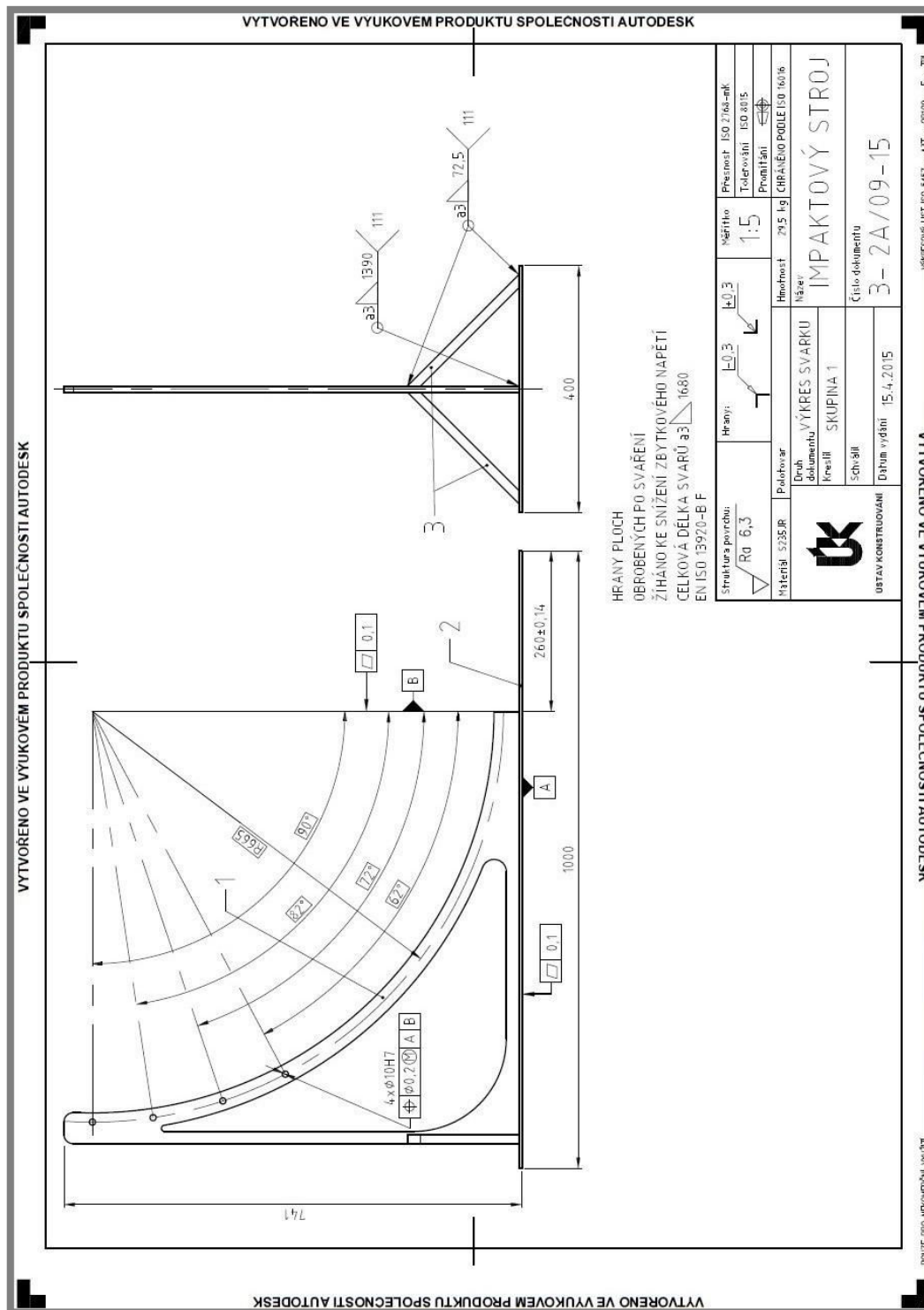
Vzdálenost zrn	
Klasifikace	Číselné značení
Malá vzdálenost	0, 1, 2, 3
Střední vzdálenost	4, 5, 6
Velká vzdálenost	7, 8, 9, 10, 11, 10

Pojivo	
Klasifikace	BS značení
Keramické pojivo	V
Pryskyřicové pojivo	B
Pryžové pojivo	R
Šelakové pojivo	E
Slíkatové pojivo	S

(5) Výkresy dílců a výkres pro svařování a obrábění































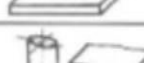















HRANY PLOCH
 OBRABĚNÝCH PO SVĚŘENÍ
 ŽIHANÉ KE SNÍŽENÍ ZBYTKOVÉHO NAPĚTÍ
 CELKOVÁ DÉLKA SVARŮ a3 1680
 EN ISO 13920-B F




Struktura povrchu: Ra 6,3	Hrany: 4x0.3	Nářtko: 1:5	Přesnost ISO 2164-mk Tolerování ISO 2015 Promítání
Materiál: S235JR	Polokovár	Hmotnost: 29,5 kg	Číslo dokumentu: 3-2A/09-15
Druh dokumentu: VÝKRES SVARKU		Název: IMPAKTOVÝ STŘOJ	
Kreslí: SKUPINA 1		Číslo dokumentu: 3-2A/09-15	
Schválí:		Datum vydání: 15.4.2015	
OSTAVKONSTRUKOVÁNÍ			

VYTVOŘENO VE VYUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK






(6) Základní značky svarů [26]

Zobrazení	Značka	Název	Zobrazení	Značka	Název
		lemový svar			svar I
		svar V			svar V strmě boky
		svar 1/2 V			svar 1/2 V se strmým bokem
		svar Y			svar 1/2 Y
		svar U			svar J 1/2 U
		podložení svaru			návar na povrchu
		svar koutový			čelní spoj
		kosý spoj			nárožní svar
		svar děrový			přehýbaný svar
		svar bodový			svar švový

(7) Kombinace základních značek svarů [26]

Zobrazení	Značka	Název
	X	Dvojitý svar V (svar X)
	K	Dvojitý svar 1/2 V (svar K)
	U	Dvojitý svar U

(8) Doplnující značky svarů [26]

Tvar povrchu	Značka	Příklad užití
rovinný	—	
vypuklý	⌒	
vydutý	⌒	
obrobené přechody	⌒	
podložení svaru	M	
podložení svaru odnímatelné	MR	

(9) Vady svarů [27]

přina	Název vady	Označování vad		Charakteristika vady
		ISO 6520	IIW	
1	Trhlina	100	E	
	Mikrotrhlina	1001		
	Podélná trhlina	101	Ea	Směr trhliny rovnoběžný s osou svaru
	Příčná trhlina	102	Eb	Směr trhliny kolmý na osu svaru
	Radiální trhlina	103	E	Trhlina vychází ze společného bodu
	Kráterová trhlina	104	Ec	Tvoří se v kráteru svaru
	Rozvětvené trhlina	106	E	Skupina pospojovaných trhlín
2	Dutina	200		
	Plynová dutina	201	A	Dutina vyplněná plynem
	Bublina	2011	Aa	Plynová dutina kulového tvaru
	Shluk dutin	2013	Ad	Skupina plynových dutin
	Rádka dutin	2014	Ac	Plynové dutiny rozmístěné rovnoběžně s osou svaru
	Pór	2015	Ab	Protážená dutina rovnoběžně s osou svaru
	Červovitá dutina	2016	Ab	
	Staženina	202	K	Dutina způsobená při tuhnutí kovu
	Mezidendritická staženina	2021		Prodloužená staženina vznikající při ochlazení mezi dendrity
3	Vměstky	300	B	Tuhá cizí tělesa ve svarovém kovu
	Struskový vměstek	301	Ba	Struska uzavřená ve svarovém kovu
	Tavidlový vměstek	302	G	Tavidlo uzavřené ve svarovém kovu
	Oxidický vměstek	303	J	Kovový oxid ve svarovém kovu
	Kovový vměstek	304	H	Částice cizího kovu ve svarovém kovu
4	Vady odtavování a závaru	400		
	Studený spoj	401	C	Vada ve spojení mezi svarovým a základním kovem nebo mezi housenkami
	Neprovařený kořen	402	Db, Dc	Vada ve spojení základního materiálu v důsledku nedostatku svarového kovu v kořeni svaru
5	Vady tvaru	500		Chybný tvar vnějšího povrchu svaru nebo nedokonalá geometrie spoje
	Zápal	5011, 5012	F	Drážka na povrchu nebo v kořeni svaru vzniklá při svařování
	Propadlý kořen	5012		Mělká drážka po obou okrajích kořene
	krápník	5041		Nadměrné propadnutí kořene
6	Různé vady	600		Všechny vady nezařazené do skupin 1 až 5
	Dotek elektrodou	601		
	rozstřík	602		