

1. ÚVOD

1.1. Zatřídění SKK

1.1.1 Při navrhování jakéhokoliv svařovaného systému, konstrukce anebo komponenty (dále jen SKK) je základní činností stanovení požadavků na tyto SKK projektantem/konstruktérem. Termín projektant/konstruktér odpovídá dnešnímu pojetí, kdy nejen v malých ale i větších firmách je pracovní pozice projektanta spojována i s pracovní pozicí konstruktéra. Přitom pracovní náplň obou profesí a druhy dokumentů jimi tvořené jsou tradičně rozdílné. Z hlediska životního cyklu projektu popsaného v článku Úvod do svařování a v článku Konstruktér a svařování I, je na vrcholu pomyslné pyramidy hierarchie projektant (návrhář), následován konstruktérem a technologem. Anglický termín „Designer“ je tak možno v závislosti od etapy a druhu činnosti překládat jako projektant či návrhář anebo jako konstruktér. Tato možnost dvojího překladu v praxi vede k mnohým nedorozuměním, neboť projektová dokumentace ve smyslu stavebního zákona a prováděcích vyhlášek není to samé jako výrobní konstrukční dokumentace a výrobně technická či technologická dokumentace.

1.1.2 Projektant definuje všechny okrajové podmínky a požadavky, které je nutno splnit a dodržet v navazujících etapách životního cyklu svařované konstrukce (projektu) s cílem naplnit jednak požadavky zákazníka jednak platné legislativní požadavky a jsou-li na daný SKK vydány samozřejmě i požadavky technických norm (pokud jsou stanovené - legislativou, projektem, zákazníkem aj.). V navazující etapě tvorby výrobní konstrukční dokumentace již konstruktér, tj. pracovník odpovědný za tvorbu výrobní výkresové dokumentace, zpracovává konstrukci s ohledem na požadavky určené projektantem (návrhářem). Následně se v dokumentech v etapě technické přípravy výroby/montáže zpracují výrobně-technologické dokumenty (VTD) pro zajištění výroby/montáže – provede se návrh přípravků, zpracují se technologické postupy, instrukce a návody apod.

1.1.3 Jedním ze základních požadavků kladených na svařované SKK je požadavek na bezpečnost a s tím související určitou projektovou životnost, zpravidla omezenou vnějšími vlivy jako je mechanické a korozní namáhání. Zajištění požadované úrovně bezpečnosti a životnosti vyžaduje od projektanta/konstruktéra definování požadavků na jakost svařovaných SKK a způsob a rozsah její kontroly a to v celém životním cyklu, včetně doporučení a předepsání kontrol v etapě provozu, stanovení intervalů provozních kontrol, kontrol při prodloužení životnosti např. tlakové nádoby apod.

1.1.4 K stanovení požadavků na jakost svařovaných SKK a svarových spojů je nejdříve nutné příslušné SKK zatřídít, klasifikovat, kategorizovat a stanovit všechny relevantní požadavky na bezpečnost svařovaného SKK.

1.1.5 Pokud na daný výrobek platí národní legislativa (a převzaté direktivy EU), může tato legislativa stanovovat třídy (kategorie) výrobků, jako je to např. u netopených tlakových nádob anebo potrubí, kdy související evropské normy na tyto netopené tlakové nádoby a potrubí jsou tzv. harmonizované a SKK v nich uvedené jsou stejným způsobem kategorizované. Klíčovým zákonem v ČR je tak zákon č. 22/1977 Sb. o technických požadavcích na výrobky, ve znění navazujících Nařízení vlády (NV). Znalost aktuální platné legislativy je tak základním a samozřejmým předpokladem pro projektanty a konstruktéry.

1.1.6 V případě svařovaných stavebních konstrukcí je pak zatřídění definováno v tzv. Eurokódech pro navrhování ČSN EN 1990 a související normě pro provádění ČSN EN 1090-1,2,3.

1.1.7 Správným zatříděním svařovaných SKK tak projektant stanoví okrajové podmínky pro kvalitu SKK a svarových spojů a související minimální požadavky na rozsah a způsoby (metody) provádění kontrol. Současná legislativa klade výlučnou odpovědnost vždy na výrobce

svarovaných SKK. Výrobce je ten, kdo si uchoval plnou odpovědnost za výrobek a vystavuje k němu příslušnou projektovou, konstrukční a průvodní dokumentaci včetně tzv. prohlášení o shodě nebo jiný druh prohlášení např. dle ČSN EN 1090-1. Systém subdodávek mnohdy vede k zavádějící představě, že za výrobek ručí jen výrobce na konci subdodavatelského řetězce provádějícího výrobu.

1.1.8 Harmonizované normy uvádí zpravidla požadavky odstupňované dle dané kategorie tlakové nádoby, potrubí nebo stavební kovové konstrukce a stanovují i požadavky na zajištění jakosti svarových spojů skládající se zpravidla z určitého souboru opatření (volba materiálu, konstrukční detaily, výpočty, požadavky na výrobu aj.) včetně požadavku na systém zajištění kvality ve svařování dle ČSN N ISO 3834.

1.2. Stupně kvality svarových spojů

1.2.1 Mezi opatření umožňující definovat přímo požadavky na kvalitu svařovaných SKK je definování stupně kvality svarových spojů a definování minimálního požadovaného rozsahu kontrol a způsobu kontrol. Některé normy a předpisy používají i jiný termín, jako je např. kategorie svarového spoje (ASME). V legislativě EU jsou harmonizovány normy ČSN EN ISO 5817, ČSN EN ISO 10042, ČSN EN ISO 13919-1 pro určení kvality svarového spoje.

1.2.2 Nejčastěji aplikovaná ČSN EN ISO 5817 pro ocel, nikel, titan a jejich slitiny stanovují tři stupně kvality svarových spojů B, C, D. Výrobní normy pak zpravidla konkrétním kategoriím potrubí, tlakových nádob a konstrukcí přiřazují stupně kvality svarového spoje dle této normy, rozsahy kontrol (zpravidla vyjádřené v %) a způsobu kontrol (VT, PT, MT, RT, UT, ET). Na jednom svařenci (svarku), komponentě, systému nebo konstrukci se zpravidla bude vyskytovat více stupňů kvality svarových spojů.

1.2.3 Stupně kvality dle EN ISO 5817:2014:

- B vysoký stupeň kvality
- C střední stupeň kvality
- D nízký stupeň kvality
- B⁺ vysoký stupeň kvality B s dodatečnými požadavky pro EXC4 dle EN 1090

1.2.4 Do EN ISO 5817:2014 byl zaveden termín hodnocení třídy únavy FAT. Klasifikační odkaz FATx slouží pro navrhování a kontrolu SKK dle např. EN 13480 a EN 13445. Konstruktor/projektant může definovat na základě návrhu a výpočtu svařované SKK v konstrukční dokumentaci požadavky na FATx, které je nutné dodržet při výrobě a následně kontrolovat. Pro kategorie svarů, respektive stupně kvality B a C dle EN ISO 5817 jsou uvedeny v příloze C této normy dodatečné požadavky pro VT.

1.2.5 Svary pomocné a mírně staticky namáhané zpravidla stačí zatřídit dle ČSN EN ISO 5817-D. Svary tlakových nádob vystavené cyklickému namáhání pak nejčastěji lze zatřídit dle ČSN EN ISO 5817 do stupně C nebo B. Nově je možné používat i stupeň B⁺, pokud na základě výpočtu tlakové nádoby je potřeba zvýšit únavovou životnost svarového spoje.

1.2.6 Projektant a konstruktér by měl být seznámen i se základním popisem vad, které uvádí ČSN EN ISO 6520 a také se základní terminologií zejména v ČSN EN ISO 17659. Znalost obou norem je nezbytná pro používání správných odborných termínů, nemá-li docházet mezi profesemi a dokumenty k nedorozuměním.

1.3. Nejčastější zkušební metody pro svarové spoje

1.3.1 Projektant/konstruktér by měl být dobře seznámen se základními zkušebními metodami. Přehled uvádí norma ČSN EN ISO 17635.

- 1.3.2 Většina výrobních norem uvádí pouze kontroly hotového svarového spoje po svaření. Pro předepisování NDT uvádí určitá doporučení norma ČSN EN ISO 17635.
- 1.3.3 Norma uvádí základní druhy NDT a jejich vhodnost. Dále je v příloze přiřazena k jednotlivým stupňům kvality svarů a metodám NDT i kritéria vyhodnocení. Norma řeší pouze kontroly po svařování.
- 1.3.4 Projektant/konstruktér je však odpovědný za stanovení i ostatních kontrol, jako je např. kontrola sestavení spoje, kontrola svarových ploch, mezikontroly apod., které stanovuje na základě požadavků vzniklých např. z provozních zkušeností, důležitosti konstrukce, zvyklostí v daném oboru apod.
- 1.3.5 Tabulka uvádí nejčastější metody NDT a jejich užívané značky.

Zkušební metoda	Zkratka
Zkoušení vířivými proudy	ET
Zkoušení magnetickým práškem	MT
Kapilární zkoušení	PT
Radiografické zkoušení	RT
Zkoušení ultrazvukem	UT
Vizuální zkoušení	VT

3

1.4. Vliv návrhu, mezní stavy

- 1.4.1 Požadavky ve výrobních normách jsou tzv. generické, stanovující minimální požadavky na stupně kvality a NDT, vycházející ze zatřídění a následné etapy návrhu a výpočtů. Projektant/konstruktér musí při návrhu svařované SKK určit požadavky na stupně kvality a rozsah NDT svarových spojů s ohledem na skutečné parametry a okrajové podmínky navrhovaného a konstruovaného SKK. Mnohdy požadavky na stupeň kvality vycházejí přímo z výpočtů a přímo mohou ovlivňovat rozsah NDT (viz. např. EN 13445-3).
- 1.4.2 Při navrhování svařovaných SKK vychází projektant/konstruktér zejména z tzv. mezních stavů únosnosti a použitelnosti, zpravidla uvedených v příslušných výrobních normách (EN 1990, EN 13445). Jistou komplikací pro projektanty/konstruktéry je, pokud projektují a konstruují výrobek, na který nejsou výrobní normy, který by je vedly při stanovování požadavků na stupeň kvality svarových spojů a rozsah a způsob provádění NDT. V takovém případě je běžnou inženýrskou praxí vypracování technických podmínek na výrobu, které definují požadavky na výrobu a kontroly.
- 1.4.3 Jedním ze základních faktorů majících vliv na kvalitu a tedy i požadovanou pevnost, korozní a únavovou životnost svarových spojů je přítomnost jak povrchových tak vnitřních vad. Geometrické provedení svarového spoje, geometrické vady tvaru a povrchu, aj. mají přímý vliv na únavovou životnost.
- 1.4.4 Konstruktor by měl mít základní znalosti z problematiky navrhování svarových spojů a o doporučeních při navrhování svarových spojů vydaných např. mezinárodní svářečskou federací IIW. Některá tato doporučení jsou promítnuta např. do výrobních norem pro netopené tlakové nádoby a potrubí. Existuje rovněž rozsáhlá anglicko jazyčná literatura o

únarovém chování svarových spojů a hodnocení jejich životnosti.

1.5. Předepisování kontrol

1.5.1 Předepsání požadavku na kvalitu svarových spojů a požadavků na rozsah a způsob NDT provádí projektant/konstruktér v závislosti na druhu dokumentace. Obecné požadavky uvádí projektant v příslušných technických zprávách, výpočtových zprávách a projektových výkresech. Může být vyžadováno vypracování technických podmínek na výrobu anebo plánů jakosti, kde budou stanoveny obecné anebo konkrétní postupy pro zajištění jakosti pro daný projekt nebo konstrukci. Nedílnou součástí stanovení požadavků na kvalitu svařovaných SKK je určení požadavků na svařování dle ČSN EN ISO 3834 uvádějící tři stupně zajištění jakosti ISO 3834-2,3,4.

1.5.2 Ve výkresové dokumentaci lze požadavky uvádět různými způsoby v závislosti od zařazení systému projektové organizace. Obecné údaje platné pro celý výkres se uvádí v rohovém razítku nebo v poznámkách. Konkrétní požadavky ke konkrétním svarovým spojům lze uvádět do symbolu dle ČSN EN ISO 2553.

1.5.3 Projektová/konstrukční dokumentace musí jednoznačně definovat stupně kvality svarových spojů, druhy NDT a rozsah NDT. Projektant/konstruktér je odpovědný za stanovení všech požadavků na NDT a vyžaduje to zpravidla spoluúčast specialisty na NDT anebo svářečského technologa.

1.5.4 Každá metoda NDT vyžaduje např. různý stupeň zpracování povrchu (jeho drsnosti) nebo geometrické provedení a zajištění přístupu ke svaru. Pokud např. chce konstruktér předepsat u konkrétního svarového spoje kapilární kontrolu, musí předepsat požadované obrobení povrchu anebo volit takové metody svařování, které umožňují přímé provedení PT na neobrobeném povrchu. To však může být v rozporu s požadavkem provést před PT kontrolu vizuální. Konstruktér tak může rozepsat sled kontrol následovně: provést VT hotového neobrobeného svaru, obrobit, provést PT obrobeného svaru.

1.5.5 Při návrhu NDT musí být vzata v úvahu i přístupnost k provedení dané metody NDT. Pro přístup s ultrazukovými sondami může být potřeba, aby konstrukce k tomu byla geometricky uzpůsobena.

1.5.6 V neposlední řadě musí být stanoveny kontroly ve vhodném pořadí a vhodných etapách výroby. U výrobků na které jsou kladeny vysoké požadavky, je zpravidla potřeba předepsat kontroly před svařováním popřípadě dozor v průběhu svařování. Dále může být potřeba zohlednit metalurgické aspekty výroby. Je-li např. materiál citlivý na vznik trhlin (horkých, studených), může konstruktér předepsat NDT po svaření a následně je zopakovat po tepelném zpracování. To platí zejména u nákladných výrobků, kde je vhodné ověřit stav hned ve stavu po svaření, aby se případně předešlo dalším finančním ztrátám prováděním tepelného zpracování u nevyhovujícího výrobku.

1.6. Technická příprava výroby

1.6.1 V etapě technické přípravy výroby/montáže se na základě projektové a konstrukční výkresové dokumentace vypracují výrobně-technologické dokumenty pro výrobu, které obsahují jak požadavky na stupně kvality svarových spojů, tak rozsah zkoušení a způsoby zkoušení. Jedná se zpravidla o tyto dokumenty:

- Plán kontrol a zkoušek (dosud je ve firmách často používána jen průvodka)
- Instrukce pro provádění jednotlivých metod NDT
- Technologický postup výroby/montáže a případných prav
- Technologický postup svařování (WPS)

1.6.2 V případě určených výrobků může být požadováno schválení některých typů dokumentů v závislosti od modulu shody a zařídění SKK autorizovanou osobou. Tyto požadavky by měly být stanoveny v projektové etapě a např. uvedeny ve zpracovávaných plánech kvality.

2. ETAPY PROVÁDĚNÍ NDT

2.1.1 Základní etapy, kdy se provádějí NDT, lze rozdělit na tyto:

- Před svařováním
- V průběhu svařování
- Po svařování

2.1.2 Ve výrobních normách ČSN EN ISO 13480 a ČSN EN ISO 13445 je např. požadováno provádět kontrolu všech sestavených tupých svarových spojů před svařováním, neuvádí však požadavky na provádění kontrol a zkoušek v průběhu svařování, které však požaduje provádět EN ISO 3834-2 a EN ISO 3834-3. Není tak jednoznačně určen výrobnou normou požadavek na rozsah kontrol a popsána metoda kontroly, tj. detailní postup provádění kontroly. Samotná norma ČSN EN ISO 17637 uvádí, že nedefinuje rozsah vizuální kontroly a požaduje, aby rozsah kontrol byl definován předem, a dále popisuje provádění kontroly před svařováním velmi stručně: „Pokud se vizuální kontrola přípravy požaduje, musí být u spoje kontrolováno, zda:“

- Tvar a rozměry přípravy svaru odpovídají požadavkům specifikovaným v postupu svařování
- Svarové plochy a přilehlé povrchy jsou čisté a požadované opracování povrchu bylo provedeno podle uživatelské nebo výrobné normy
- Svařované díly jsou správně sestaveny a odpovídají výkresům nebo instrukcím

6 2.1.3 Z nové normy ČSN EN ISO 17637 vypadá požadavek na provádění VT před jakýmkoliv opracováním povrchu. Je proto vhodné stanovit požadavek na povrchový stav svarů pro kontrolu v konstrukční a VTD (výrobně-technologické dokumentaci). Pokud konstrukční a VTD neuvádí obrobení či jiné opracování povrchu svaru, provádí se VT hotového neobrobeného povrchu svaru a očištěné přilehlé plochy. Svarové spoje, které podléhají následné tlakové zkoušce a opakované kontrole, musí být čisté, bez povrchových úprav.

2.1.4 Ve větším rozsahu je pak kontrola před svařováním zmíněna v ČSN EN ISO 3834-2 takto: „Před zahájením svařování se musí zkontrolovat:“

- Vhodnost a platnost osvědčení o zkouškách svářeče
- Vhodnost specifikace postupu svařování (WPS)
- Označení základního materiálu
- Označení přídatných svařovacích materiálů
- Příprava svarového spoje
- Sestavení, upnutí a stehování
- Jakékoliv zvláštní požadavky ve WPS
- Vhodnost pracovních podmínek ke svařování...

2.1.5 Kontrola v průběhu svařování je v ČSN EN ISO 17637 popsána následovně: „Pokud se požaduje, musí být svar kontrolován během procesu svařování a kontroluje se, zda:“

- Každá housenka nebo vrstva svarového kovu je vyčištěna před položením další housenky, zvláštní pozornost se věnuje napojení mezi svarovým kovem a svarovou plochou

- Nejsou viditelné vady, například trhliny nebo dutiny, pokud jsou vady zjištěny, musí být zaznamenány tak, aby mohly být nápravným opatřením (rozuměj opravou) odstraněny před navařením další vrstvy svarového kovu
- Přejechod mezi housenkami a mezi svarem a základním materiálem je proveden tak, aby mohlo být dosaženo dostatečné natavení při svařování další housenky¹
- Hloubka a tvar drážkování je v souladu s WPS nebo srovnatelná s původním tvarem svarového úkosu tak, aby bylo zajištěno úplné odstranění svarového kovu dle požadavků²
- Po nezbytných opravách/nápravných opatřeních svar vyhovuje původním požadavkům WPS

2.1.6 Ve větším rozsahu je pak kontrola v průběhu svařování zmíněna v ČSN EN ISO 3834-2 takto: „Během svařování se musí ve vhodných intervalech nebo průběžně monitorovat:“

- Základní svařovací parametry (např. svařovací proud, napětí na oblouku, rychlost svařování)
- Teplota přehřevu a teplota interpass
- Čištění a tvar housenek a vrstev svarového kovu
- Drážkování kořene
- Sled svařování
- Správné používání a zacházení se svařovacími/přídavnými materiály
- Kontrola deformace
- Každá mezioperační kontrola (např. kontrola rozměrů)

7

2.1.7 Výše uvedené kontroly před a v průběhu svařování uvedené v ČSN EN ISO 3834-2 jsou tedy ve srovnání s ČSN EN ISO 17637 výrazně rozšířené, a to o vlastní aspekty technologie svařování. Z toho plyne, že kontroly související s rozsahem dle ČSN EN ISO 17637 pro vlastní vizuální (a rozměrovou) kontrolu, vyžadují odborné znalosti stanovené kvalifikační normou EN ISO 9712. Naopak kontroly související s rozšířeným rozsahem dle ČSN EN ISO 3834-2 pro kontrolu zajištění celkového procesu svařování vyžadují odborné znalosti stanovené pro pracovníky koordinace svařování/svářečského dozoru ve smyslu ČSN EN ISO 14731.

2.1.8 Praxe ukazuje, že pokud pracovníci technické kontroly mají kvalifikaci dle ČSN EN ISO 9712, zpravidla nemají rozšířené znalosti tak, aby mohli odborně provádět rozšířené kontroly související s technologií svařování, jako je dodržování WPS, parametrů svařování, apod.

2.1.9 Pokud je požadováno (v dokumentech QMS anebo v konstrukční a VTD) provádění kontrol a zkoušek před svařováním a v průběhu svařování, je vhodné, aby NDT pracovník byl kvalifikován vedle standardní normy ČSN EN ISO 9712 také některou z vhodných kvalifikací dle schématu IIW, jako je např. mezinárodní svářečský inspektor nebo mezinárodní svářečský technolog. Praxe totiž ukazuje nutnost rozšířených znalostí, než které zajišťuje kvalifikace pracovníka dle schématu v ČSN EN ISO 9712. V praxi osvědčeným řešením pak je provádění kontrol před a v průběhu svařování pracovníkem svářečského dozoru

¹ Je uveden správný překlad z angličtiny. Původní překlad v ČSN EN ISO 17637 je následující: „Přejechod mezi housenkami a mezi svarem a základním materiálem je proveden tak, aby mohlo být dosaženo dostatečné natavení, před položením další housenky“

² Je uveden správný překlad z angličtiny. Původní překlad v ČSN EN ISO 17637 je následující: „Hloubka a tvar drážky (styčné mezery) odpovídá WPS nebo zda je srovnatelná s původním tvarem drážky (styčné mezery), aby se zajistily specifikované podmínky pro úplné odstranění svarového kovu“

s kvalifikací rozšířenou o osvědčení VT dle ČSN EN ISO 9712.

- 2.1.10 Pracovníci kontroly svařování (koordinátoři svařování, NDT pracovníci) musí mít přístup ke všem potřebným dokumentům. Zajištění kvality svarových spojů v etapě výroby anebo montáže začíná, ještě než je svařování zahájeno. Nastudování výrobní anebo montážní dokumentace (výkresy, návodky, instrukce, technologické postupy, postupy svařování, plány kontrol a zkoušek, programy jakosti, apod.) je nezbytné k získání potřebných vstupních dat k zajištění kontrol v celém procesu svařování, tj. v etapách před svařováním, v průběhu svařování a po svařování, zjištění konfigurace svařence nebo potrubních tras, požadavků na rozsah kontrol, požadavků na kritéria přípustnosti a další specifické požadavky. Přezkoumání jakýchkoliv požadavků konstrukční a VTD uplatněné v celém procesu svařování je tak nezbytnou schopností pracovníka provádějícího kontrolu svařování. To vyžaduje rozsáhlé znalosti a zkušenosti. Znalost technických norem je pak nezbytná pro všechny kontroly.
- 2.1.11 Než je svařování zahájeno, kontrolor provádí kontrolu stavu povrchů určených ke svaření a jejich shodu s definovanými požadavky konstrukční a VTD, kontroluje sestavení, správnost značení materiálů včetně svařovacích, aj. Již v této etapě jsou tedy požadovány odborné znalosti technologie svařování – značení svařovacích materiálů, čtení WPS, porozumění jejímu obsahu apod. V průběhu svařování pak provádí kontrolu kladených svarových housenek, jejich napojování, natavování základního materiálu aj. Kontrolor může vykonávat rozličné kontroly svařování: při kvalitaci svářečů, při kvalifikaci postupu svařování a pracovních zkouškách svářečů při výrobě, při montáži, při opravách. Každá činnost pak může mít své specifické požadavky.
- 2.1.12 Určitá nejednotnost v popisu vizuálních kontrol v jednotlivých etapách procesu svařování v současných evropských výrobních normách a nekvalita překladu přímo vyžadují vypracování detailní instrukce k dané problematice, respektive materiálu pro školení personálu a současně vyžaduje od konstruktérů jednoznačné definování požadavků na kontroly před svařováním, v průběhu svařování a po svařování. To zpravidla vyžaduje úzkou spolupráci s příslušným technologem svařování odpovědným za koordinaci procesu svařování. Jak překlady řady norem EN ISO 3834, tak EN ISO 17637 a předchozí EN 970 z technické angličtiny do českého jazyka obsahují mnoho chyb, mnohdy nerespektují vydané slovníky a definice (EN 1792, EN ISO 4063, EN ISO 6497, EN 14610, EN ISO 17659).
- 2.1.13 Kontrola kvality svarových spojů obecně zahrnuje:
- Kontrolu osvědčení/kvalifikace koordinátorů svařování/ svářečského dozoru a svářečských kontrolorů (NDT pracovníků)
 - Kontrolu platnosti osvědčení/kvalifikace svářečů a operátorů
 - Kontrolu VTD, dokumentace KSS, vhodnost WPS a shodu s WPQR
 - Kontrolu kvality základních a přídatných materiálů, značení
 - Kontrolu stavu zařízení pro sestavení (přípravků)
 - Kontrolu zařízení pro svařování, předehřev a tepelné zpracování
 - Kontrolu před svařováním
 - Kontrolu v průběhu svařování
 - Nedestruktivní kontrolu hotového svarového spoje
 - Kontroly stavu materiálů pro defektoskopii
 - Destruktivní kontrolu hotového svarového spoje
 - Tlakové a těsnostní zkoušky

- 2.1.14 Účelem kontrol je identifikování všech nepřijatelných povrchových a vnitřních vad definovaných v konstrukční a VTD. Každý stav povrchu a objemu svarového spoje, který vykazuje odchylky nepřijatelné, je vadný. V případě pochybností se provádí doplňkové zkoušky apod.
- 2.1.15 Dalším účelem kontroly, prováděné před svařováním a v průběhu svařování jsou předcházení vzniku vad, případně včasné identifikování možných problémů v procesu svařování a v neposlední řadě v zajištění důvěryhodnosti ve zvláštní proces svařování.
- 2.1.16 Znalost příčin vzniku různých defektů může napomoci při stanovování typu vad. Při svařování mohou nejčastěji vzniknout vady z následujících důvodů:
- Svařitelnost materiálů je obtížná, nedodržení tepelných režimů svařování
 - Nedostatečná, nevhodná příprava svarových ploch
 - Nevhodné parametry svařování
 - Nevhodné svařovací materiály
 - Nevhodné svařovací zařízení
 - Nevhodný postup nebo technologie (metoda) svařování
 - Nezkušený, nekvalifikovaný svářeč nebo operátor
 - Aj.
- 2.1.17 Kritériem jakosti hotových svarových spojů je jeho celistvost a stav vnějšího povrchu v souladu s požadavky na ně kladené příslušnou konstrukční a VTD (technickými normami, technickými podmínkami, aj.).
- 9 2.1.18 Nedílnou součástí vizuální kontroly je rozměrová kontrola sestavení svarového spoje a hotového svaru a jeho shoda s požadavky konstrukční a VTD. Správně sestavení a nastavení potřebné geometrie je nezbytným předpokladem dosažení požadovaných kritérií přípustnosti kvality svarového spoje.
- 2.1.19 Typy vad ve svarových spojkách popisuje obecně EN ISO 6520. Znalost typů vad je základní znalostí konstruktérů i kontrolorů a je potřeba jisté praxe k správnému určení typu vady, mnohdy ve vazbě k použité metodě svařování.

3. PROVÁDĚNÍ NDT

3.1.1 Správná aplikace NDT závisí na schopnostech a řádných teoretických znalostech kontrolorů a na praktických dovednostech. To vyžaduje, aby organizace měla psané postupy provádění kontrol a zkoušek. Psaný postup zabezpečuje, že provádění kontrol je zabezpečeno, řádně prováděno a kontrolováno ve všech požadovaných etapách procesu svařování.

3.1.2 V souladu s požadavky ČSN EN ISO 3834-2, ČSN EN ISO 9001 na dokumentované postupy a požadavku ČSN EN ISO 17635 musí výrobce mít psaný postup (instrukci). Postup může mít všeobecnou formu bez ohledu na typ či charakter výrobku nebo situaci a který by měl minimálně obsahovat:

- a) Popis kontrolovaného předmětu
- b) Rozsah kontroly
- c) Techniku a postup kontroly
- d) Stav povrchu
- e) Přípravu povrchu
- f) Etapu provádění kontroly
- g) Požadavky na personál
- h) Kritéria přípustnosti
- i) Osvětlení
- j) Použité vybavení
- k) Protokol, typ formuláře, povinný obsah aj.

SVAROX

4. ZOBRAZOVÁNÍ SVAROVÝCH SPOJŮ NA VÝKRESECH A WPS

4.1. Základní znalosti zobrazování

4.1.1 Znalost zobrazování svarových spojů na výkresech je nezbytným předpokladem pro komunikaci mezi konstruktéry/projektanty a NDT pracovníky.

4.1.2 Zobrazování svarových spojů na výkresech svařovaných SKK se provádí dle EN 22553 a po přechodu na normu ISO pak podle EN ISO 2553:2013. Výkresová dokumentace tak může obsahovat obojí způsob značení v závislosti od doby vzniku. Výše uvedené normy uvádějí značky svarů a doplňkové značky, rozměry a doplňující informace. Doplňující informace ve značce svaru mohou definovat požadavky a kritéria kontrol. Jiný možný způsob je definování kontrol v poznámkách na výkrese, který je při větším množství informací přehlednější anebo tabulkou svarů a jejich kontrolních operací.

4.1.3 Některé výrobní normy mohou uvádět odlišný přístup při stanovování „nosné“ tloušťky koutových svarových spojů. Typickým příkladem je odlišný přístup ASME od EN 13445. Použití norem pro konstruování je tak důležitým ukazatelem pro přístup při hodnocení některých charakteristik a kritérií přípustnosti. vzájemné „křížení“ norem není zpravidla přípustné. Znalost výrobních norem a zejména sekcí (částí) pro výrobu a kontroly (např. EN 13480-4,5 a EN 13445 4,5, EN 1090-1, 2 a 3) je nezbytnou součástí znalostí NDT pracovníků. Stanovení toho, jaké normy použít pro výrobu a kontroly, je odpovědností projektanta/konstruktéra.

11

4.1.4 Detailní znalost výkresové dokumentace, technických specifikací, instrukcí, návodů a technických podmínek na kontrolovany produkt je nezbytná před provedením příslušných NDT.

4.1.5 V souvislosti se znalostí značení svarových spojů je nutné znát odbornou terminologii v EN ISO 17659, která uvádí odborné termíny z oblasti návrhu svarových spojů, přípravy sestavení svarových spojů a z oblasti vad svarových spojů a dále znát základní způsoby značení doplňkových informací ve značce svaru, metody svařování, polohy svařování, klasifikace přídavných materiálů, aj..

4.2. Základní znalosti z oblasti specifikování postupu svařování

4.2.1 Součástí VTD je i technologický postup svařování, tzv. specifikace postupu svařování WPS. WPS uvádí postup provedení svarového spoje. Požadavky na kvalifikace postupů svařování a WPS uvádí EN ISO 15607 a EN ISO 15609-1. Znalost a porozumění WPS je nezbytnou vlastností NDT pracovníka. WPS má charakter technologické instrukce / návodky a může obsahovat požadavky a kritéria pro sestavení a provedení svarového spoje a požadavky na NDT.

4.2.2 Základní definice metody svařování uvádí EN 14610 a základní přehled metod a jejich číslování uvádí EN ISO 4063. Při výrobě běžných svařovaných SKK se nejčastěji vyskytují následující metody svařování:

- a) 111- ruční obloukové svařování obalenou elektrodou
- b) 141 – obloukové svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu (WIG, TIG svařování)
- c) 131 – obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním plynu (MIG svařování)
- d) 135 – obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu (MAG svařování)

- e) 121 svařování pod tavidlem drátovou elektrodou

4.2.3 Plyny pro svařování uvádí EN ISO 1417.

4.2.4 Rozdělení kovových materiálů do skupin je uvedeno v TNI CEN ISO/TR 15608. Směrnice stanovuje jednotný systém zařazení evropských materiálů do skupin pro účely svařování. Zařazení do skupin 1 až 11 vychází z rozboru chemického složení materiálu a u skupin 1 a 1 se bere do úvahy i zaručovaná mez kluzu Re_H [MPa]. Příklady zařazení materiálů do skupin uvádí CEN ISO/TR 20172. Uvádění skupin anebo podskupin se provádí do výkresové dokumentace, dále do WPS a také do WPQR.

4.2.5 Nejčastěji používané materiály na svařované SKK jsou nelegované a nízkolegované oceli, vysokolegované korozivzdorné oceli, případně niklové slitiny. Základní znalosti těchto materiálů a zejména jejich technických dodacích podmínek je vhodná pro pracovníky NDT. Technické dodací podmínky na hutní polotovary zpravidla uvádějí požadavky a kritéria na vizuální a rozměrovou kontrolu těchto hutních polotovarů.

4.2.6 Terminologii a slovníky z oblasti svařování uvádí např. tyto normy:

- a) EN ISO 17659
- b) EN 1792
- c) ČSN 050000
- d) ČSN 050002
- e) TNI CEN/TR 14599

4.2.7 Základní druhy spojů dle ISO 17659:

- a) Tupý spoj
- b) Rovnoběžný spoj
- c) Překládaný spoj
- d) T-spoj
- e) Křížový spoj
- f) Úhlový spoj
- g) Rohový spoj
- h) Čelní plochý spoj
- i) Vícenásobný spoj
- j) Křížový spoj

4.2.8 Základní definice polo svařování uvádí EN ISO 6947.

5. TYPY VAD SVAROVÝCH SPOJŮ

5.1. Obecné rozdělení

5.1.1 Obecně lze rozdělit dle EN ISO 9620-1 na:

- a) Trhliny
- b) Dutiny
- c) Pevné vměstky
- d) Studené spoje a neprůvary
- e) Vady tvaru a rozměru (svarových hran a sestavení svarového spoje, svarových spojů)
- f) Jiné (různé) vady

5.1.2 Podrobný seznam typů vad je uveden v EN ISO 9620-1. Níže je uveden souhrnný seznam s číselným označením dle této normy:

5.2. Typy trhlin (100)

5.2.1 Trhliny viditelné na povrchu svarového spoje lze dle EN ISO 6520-1 rozdělit na:

- a) Podélné 101
- b) Příčné 102
- c) Hvězdicové 103
- d) Kráterové 104
- e) Skupina nespojitých trhlin 105
- f) Rozvětvené trhliny 106

5.3. Typy dutin (200)

5.3.1 Dutiny viditelné na povrchu svarového spoje lze dle EN ISO 6520-1 rozdělit na:

- a) Plynové 201
- b) Staženiny 202
- c) Mikrostaženina 203

5.4. Typy pevných vměstků (300)

5.4.1 Pevné vměstky viditelné na povrchu svarového spoje lze dle EN ISO 6520-1 rozdělit na:

- a) Struskové 301
- b) Tavidlové 302
- c) Oxidické 303
- d) Kovové 304

5.5. Typy studených spojů a neprůvarů (400)

5.5.1 Studené spoje a neprůvary viditelné na povrchu svarového spoje lze dle EN ISO 6520-1 rozdělit na:

- a) Studený spoj 401
- b) Neprůvar (nedostačující průvar) 402
- c) Jehlice 403

5.6. Typy vady svaru (500)

5.6.1 Vady tvaru viditelné na povrchu svarového spoje lze dle EN ISO 6520-1 rozdělit na:

- a) Zápal (vrub) 501
- b) Nadměrné převýšení tupého svaru 502
- c) Nadměrné převýšení koutového svaru 503
- d) Nadměrný průvar (nadměrné převýšení kořene) 504
- e) Strmý (nesprávný přechod) 505
- f) Přetečení 506
- g) Lineární přesazení (vnějších anebo vnitřních hran) 507
- h) Úhlové přesazení
- i) Proláklina 508
- j) Díra 510
- k) Neúplné vyplnění svaru 511
- l) Nadměrná asymetrie koutového svaru 512
- m) Nepravidelná šířka 513
- n) Nepravidelný povrch 514
- o) Hubený kořen 515
- p) Pórovitost kořene 516
- q) Vadné napojení 517
- r) Nadměrná deformace 520
- s) Nesprávný rozměr svaru 521

14

5.7. Typy vad: různé vady svaru (600)

5.7.1 Vady tvaru viditelné na povrchu svarového spoje lze dle EN ISO 6520-1 rozdělit na:

- a) Dotyk elektrodou 601
- b) Rozstřík 602
- c) Vytržený povrch 603
- d) Stopa po broušení 604
- e) Stopa po sekání 605
- f) Podbroušení 606
- g) Vada stehu 607
- h) Přesazení protilehlých housenek 608
- i) Náběhové zbarvení 610
- j) Okujený povrch 613

- k) Zbytek tavidla 614
- l) Zbytek strusky 615
- m) Špatné sestavení koutových svarů 617
- n) Bobtnání 618

SVAROX

6. PŘÍČINY VAD SVARŮ

6.1. Příčiny vad při metodě 141 a 111

6.1.1 Uveden je příklad dvou metod svařování a jejich nejčastější typy vad. Přehled poskytuje projektantům/konstruktérům informaci, jak některé konstrukční aspekty mohou mít dopad do vzniku vad.

6.1.2 Vady ve svarových spojích mají různé příčiny a jsou závislé na použité technologii svařování. Znalost příčin vzniku jednotlivých typů vad usnadňuje jejich identifikování a mimo jiné vysvětluje, proč je nutné dbát důraz na průběžné kontroly v etapách před svařováním a v průběhu svařování. Většina vad má totiž příčiny v těchto etapách! Níže jsou uvedeny běžné příčiny vzniku vad při použití metody č. 141 a 111.

6.1.3 Trhliny:

- a) Nevhodný přídavný materiál a základní materiál z pohledu metalurgického
- b) Velké vnitřní pnutí
- c) Nedostatečné vyplnění koncového kráteru přídavným materiálem
- d) Velmi tuhé upnutí
- e) Velký odvod tepla
- f) Nedodržení předepsaného tepelného režimu - předehřevu, dohřevu, řízeného ochlazování, tepelného zpracování

16 6.1.4 Plynové dutiny:

- a) Nečistý ochranný plyn
- b) Nedostatečná ochrana, malé množství ochranného plynu, netěsnost v přívodu plynu
- c) Vlhkost na povrchu dílců
- d) Znečištěný základní anebo přídavný materiál

6.1.5 Vměstky

- a) Dotyk wolframové elektrody s tavnou lázní
- b) Proudové přetížení wolframové elektrody
- c) Nevhodný druh a průměr wolframové elektrody

6.1.6 Studený spoj:

- a) Nevhodné rychlosti postupu svařování
- b) Velký průměr přídavného materiálu
- c) Malá intenzita svař.proudu
- d) Nečistoty svarových ploch anebo přídavného materiálu

6.1.7 Neprůvary:

- a) Velká postupová rychlost
- b) Malá intenzita svař.proudu
- c) Velké otupení

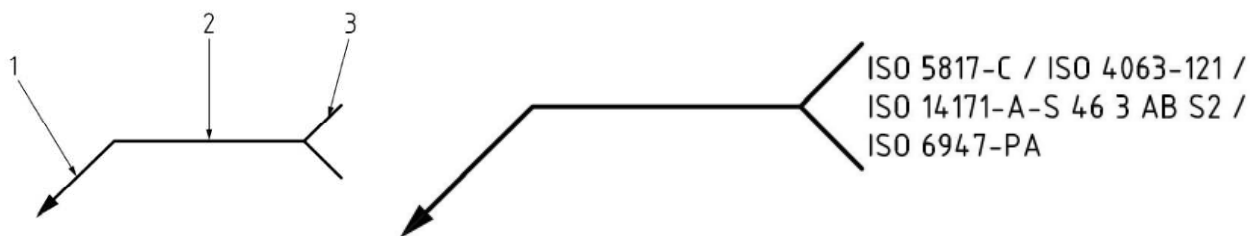
- d) Malý úhel rozevření
- e) Příliš velké přesazení hran kořene svaru
- f) Velký průměr přídavných materiálů
- g) Malá mezera v kořeni svaru

6.1.8 Vady tvaru a rozměru:

- a) Zápaly:
Nesprávný sklon hořáku, elektrody, nadměrná intenzita svař.proudu
- b) Nadměrně převýšený svar:
Malý svař.proud, malá postupová rychlost, velký průměr přídavného materiálu použitý pro krycí vrstvu, nadměrně vyplněný svarový úkos předchozí vrstvou
- c) Nadměrné převýšení kořene:
Velká kořenová mezera, malé otupení, malá postupová rychlost, velká intenzita svař. proudu
- d) Strmý přechod svaru:
Souvisí s nadměrným převýšením svaru a s jeho případným přeteklým povrchem, malá postupová rychlost,
- e) Přetečení krycí nebo kořenové vrstvy
Velká tavná lázeň (nadměrný rozkvy nebo svař.proud), nadměrné množství přídavného materiálu, nevhodný sklon hořáku anebo elektrody
- f) Přesazený materiál (vnitřní a nebo vnější povrch u tupých spojů):
Špatně slícovaný spoj, špatné zajištění a stehování.
- g) Proláklý svar:
U jednovrstvého svaru nadměrná kořenová mezera, u vícevrstvého svaru špatně rozložené vrstvy, velká postupová rychlost svařování, použití velkého průměru přídavného materiálu anebo příliš široká lázeň krycí vrstvy.
- h) Neúplné vyplnění svaru
Malá tavná lázeň, velká postupová rychlost svařování, použití malého průměru svařovacího materiálu u krycí vrstvy anebo malé proudové intenzity.

7. OBRAZOVÁ A TABULKOVÁ PŘÍLOHA

7.1. Značení svarů dle EN ISO 2553



Obr.č.1: Obecná značka svaření a značka s doplňkovými informacemi v odkazové vidlici určujícími stupeň kvality svaru dle ISO 5817, metodu svařování dle ISO 4063, svařovací materiál dle ISO 14 171 a polohu svařování dle ISO 6947.

- 1 odkazová čára
- 2 praporek odkazové čáry
- 3 odkazová vidlice

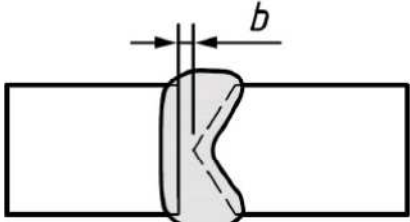
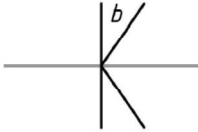
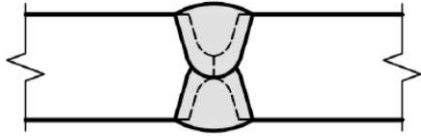
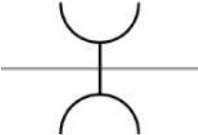
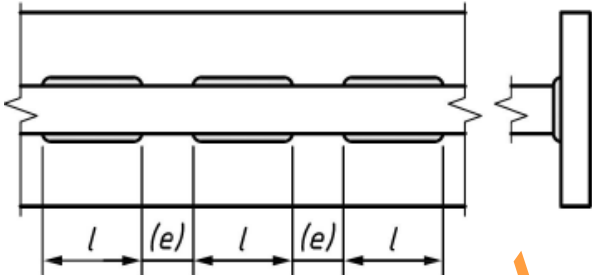
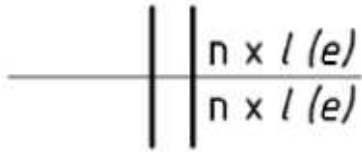
Tab.: Základní značky svarů – výběr z ISO 2553

Název svaru	Zobrazení	Značka
I – svar (pí svar)		
V - svar		

<p>V svar s výrazným otupením</p>		<p>$s(h)$ </p>
<p>½ V - svar</p>		
<p>1/2V – svar s výrazným otupením (1/2Y – svar)</p>		
<p>U - svar</p>		
<p>½ U - svar</p>		
<p>Oblý svar (S – hloubka průvaru)</p>		

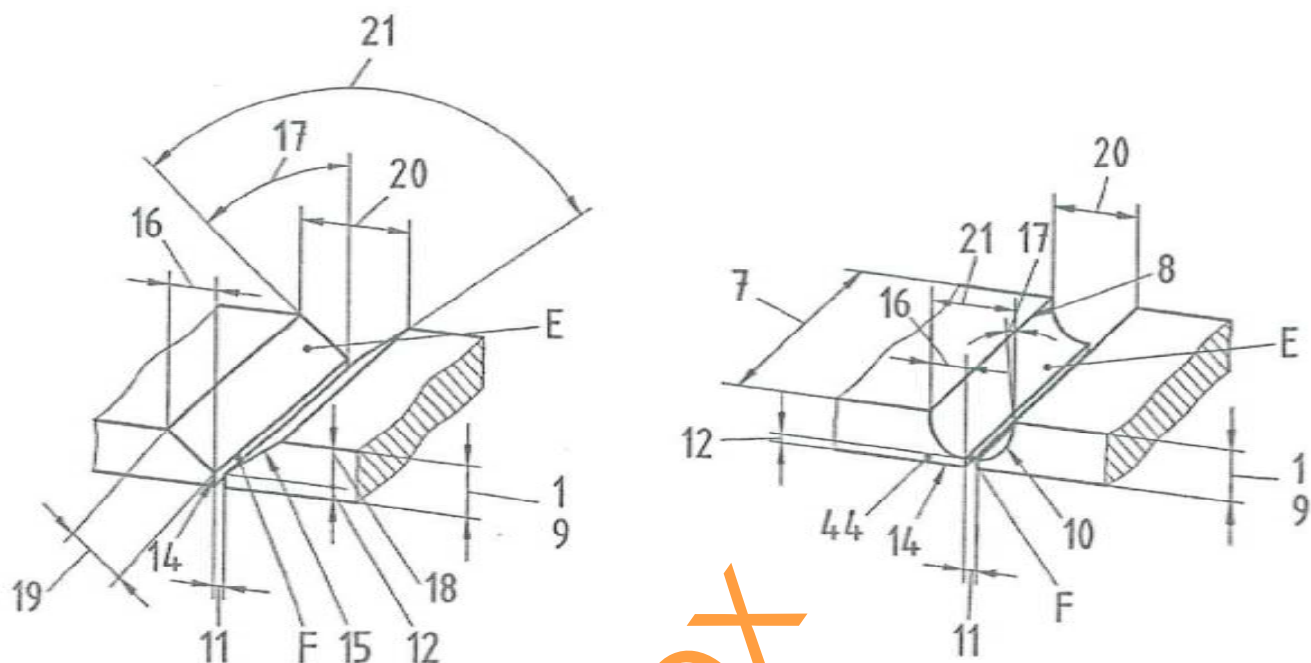
20

<p>½ oblý svar</p>		
<p>Koutový svar</p>		
<p>Děrový svar, žlábkový svar</p>		
<p>Návar</p>		
<p>Oboustranný V - svar (X - svar)</p>		
<p>Oboustranný 1/2V - svar (K - svar)</p>		

		
Oboustranný U - svar		
Přerušovaný svar		

SVAROX

7.2. Příprava svarových ploch V a U svaru tupého spoje – terminologie dle EN ISO 17659

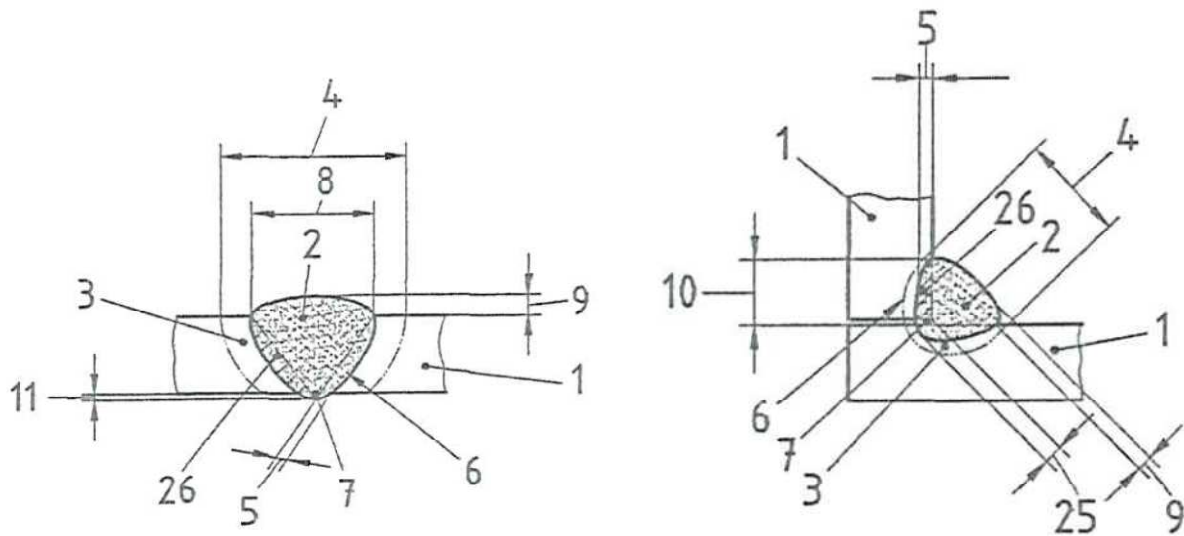


Obr.: Základní terminologie svaru V, U a koutového

22

- E styková (úkosovaná, obráběná) plocha
- F otupení
- 1 tloušťka svařovaného materiálu
- 7 délka spoje
- 8 podélná hrana svarové plochy
- 9 tloušťka spoje
- 10 poloměr drážky (úkosu)
- 11 mezera v kořeni (mezi otupěními)
- 12 výška otupení
- 14 boční hrana kořene
- 15 boční hrana zkosení
- 16 šířka zkosení
- 17 úhel zkosení
- 18 výška zkosení
- 19 šířka zkosené stykové plochy
- 20 šířka otevření
- 21 úhel otevření
- 44 perko (jazýček)

7.3. Tupý a koutový svarový spoj – terminologie

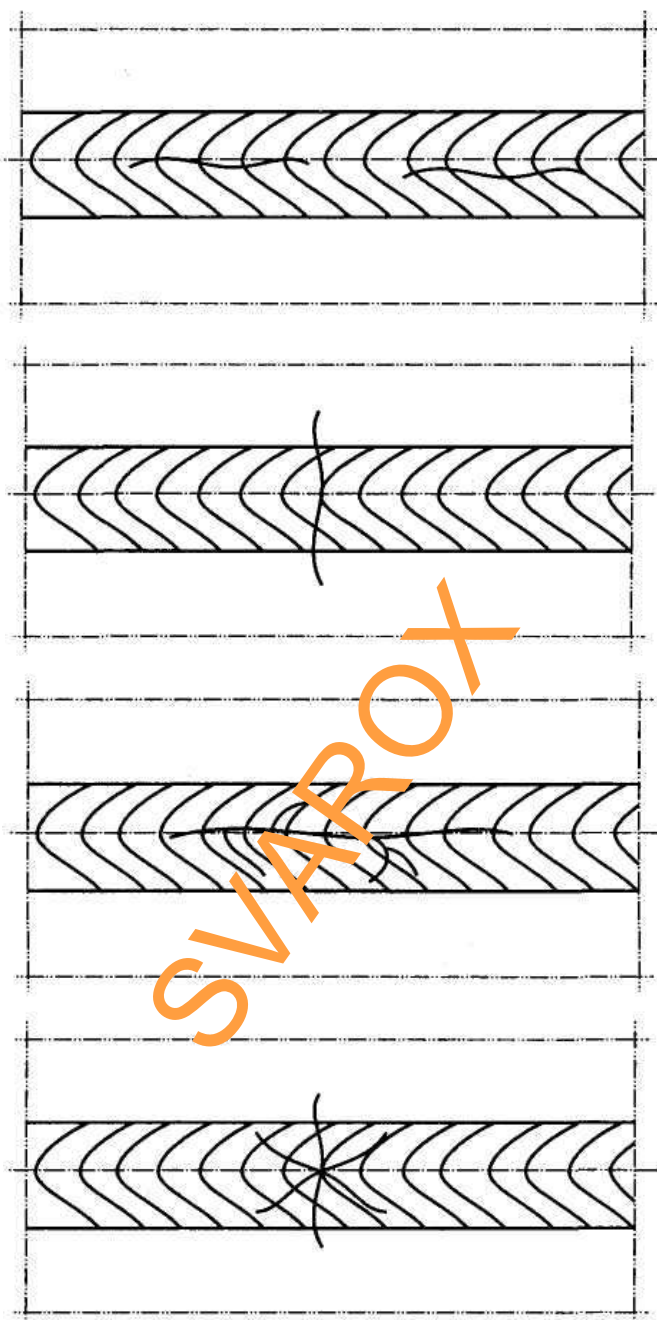


Obr.: Základní terminologie svarového spoje tupého a koutového

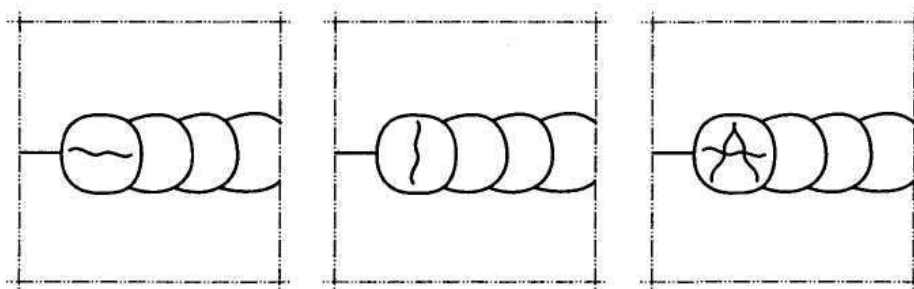
- 1 základní materiál (ZM)
- 2 svarový kov (SK)
- 3 teplem ovlivněná oblast (TOO)
- 4 oblast svaru
- 5 průvar
- 6 hranice natavení, ztavení
- 7 kořen svaru
- 8 šířka svaru (krycí vrstvy)
- 9 převýšení svaru
- 10 délka odvěsny koutového svaru
- 11 převýšení kořene
- 25 průvar kořene
- 26 oblast natavení

23

7.4. Typy trhlin



Obr.: Podélné, příčné, rozvrstvené a radiální trhliny



Obr.: Trhliny koncového kráteru

8. MEZNÍ HODNOTY VAD PRO JEDNOTLIVÉ STUPNĚ JAKOSTI DLE EN ISO 5817 PRO VT

8.1.1 V normě EN ISO jsou uvedeny požadavky na tři stupně kvality svarových spojů. Pro použití v praxi je vhodné používat následující tabulku s již vypočtenými přípustnými rozměry (mezemi) velikosti vad vyplývající z vzorců n normě uvedených. Tabulka obsahuje nejběžnější svařované tloušťky do 20mm a rozměry koutových svarů do $a=16$.

8.1.2 Výpočty se vždy vztahují k charakteristickému rozměru svarového spoje (tloušťka respektive velikost tupého svaru, velikost koutového svaru a). Přípustná mez velikosti vady pro jednotlivé stupně kvality je označena pomocí dolního indexu B, C, D u dané značky rozměru vady (např. d_B).

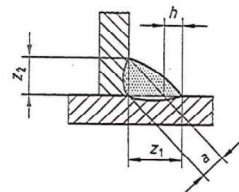
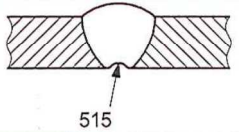


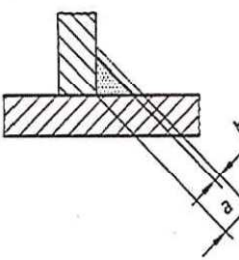
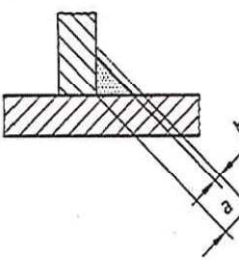
Tab.: Rozměry vad dle ISO 5817 pro vybrané rozměry svarových spojů

a	jmenovitá velikost koutového svaru (kolmice na přeponu)
b	šířka převýšení svaru (krycí vrstvy svaru)
$d_{b,c,d}$	průměr dutiny (póru)
$h_{b,c,d}$	hloubka
s	jmenovitá tl. tupého svaru
t	tloušťka stěny trubky nebo plechu (jmenovitý rozměr)
α	úhel přechodu svaru
β	úhlové přesazení

Název vady	Označení vady ISO 6520-1	Tloušťka t [mm]	Mezní hodnoty vady tupých a koutových svarů pro stupně jakosti B, C, D [mm]										Pozn.		
Povrchové vady															
Trhlina	100	≥ 0,5	Nepřípustné pro B, C, D										B,C,D		
Kráterová trhlina	104	≥ 0,5	Nepřípustné pro B, C, D										B,C,D		
Povrchový pór 2017 	2017	0,5 ÷ 3	S(a)	0,5	0,8	1,0	1,4	1,8	2,0	2,4	2,8	3,0	Platí pro: FW a, BW s		
			d_B	Nepřípustné											
			d_C	Nepřípustné											
			d_D	0,15	0,24	0,3	0,42	0,54	0,6	0,72	0,84	0,9			
		≥ 3	S(a)	4	6	8	10	12	14	16	18	20	Platí pro: FW a, BW s		
			d_B	Nepřípustné											
			d_C	0,8	1,2	1,6	2,0							d≤0,2s (a) max.2 mm	
			d_D	1,2	1,8	2,4	3,0							d≤0,3s (a) max.3 mm	
Koncová staženina kráterová 2024, 2025 	2024, 2025	0,5 ÷ 3	t	0,5	0,8	1,0	1,4	1,8	2,0	2,4	2,8	3,0			
			h_B	Nepřípustné											
			h_C	Nepřípustné											
			h_D	0,1	0,16	0,2	0,25	0,36	0,4	0,48	0,56	0,6		h≤0,2t	
		≥ 3	t	4	6	8	10	12	14	16	18	20			
			h_B	Nepřípustné											
			h_C	0,4	0,6	0,8	1,0							h≤0,1t max.1	
			h_D	0,8	1,2	1,6	2,0							h≤0,2t max.2	
Studený spoj 	401	≥ 0,5	Nepřípustné										B, C, D		
Neprovařený kořen tupého jednostranného spoje 	4021	≥ 0,5	t	0,5	1	2	4	6	8	10	12	14			
			h_B	Nepřípustné											
			h_C	Nepřípustné											
			h_D	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0		h≤0,2t max.2			
Souvislý a nesouvislý	5011,	0,5 ÷	t	0,5	0,8	1,0	1,4	1,8	2,0	2,4	2,8	3,0			

27

<p>zápal</p> <p>5011 5011</p> <p>5012 5012</p>	5012	3	<p>h_B</p> <p>Nepřipustné</p> <p>h_C</p> <p>0,05 0,08 0,1 0,14 0,18 0,2 0,24 0,28 0,3 $h \leq 0,1t$</p> <p>h_D</p> <p>0,1 0,16 0,2 0,28 0,36 0,4 0,48 0,56 0,6 $h \leq 0,2t$</p>
	≥ 3	<p>t</p> <p>4 6 8 10 12 14 16 18 20</p> <p>h_B</p> <p>0,2 0,3 0,4 0,5 $h \leq 0,05t$ max.0,5</p> <p>h_C</p> <p>0,4 0,5 $h \leq 0,1t$ max.0,5</p> <p>h_D</p> <p>0,8 1,0 $h \leq 0,2t$ max. 1</p>	
<p>Vruby v kořeni</p> <p>5013</p>	5013	0,5 ÷3	<p>t</p> <p>0,5 0,8 1,0 1,4 1,8 2,0 2,4 2,8 3,0</p> <p>h_B</p> <p>Nepřipustné</p> <p>h_C</p> <p>0,05 0,08 0,1 0,14 0,18 0,2 0,24 0,28 0,3 $h \leq 0,1t$</p> <p>h_D</p> <p>0,25 0,28 0,3 0,34 0,38 0,4 0,44 0,48 0,5 $h \leq 0,2+0,1t$</p>
	≥ 3	<p>t</p> <p>4 6 8 10 12 14 16 18 20</p> <p>h_B</p> <p>0,2 0,3 0,4 0,5 $h \leq 0,2t$ max.0,5</p> <p>h_C</p> <p>0,4 0,6 1,0 $h \leq 0,1t$ max.1</p> <p>h_D</p> <p>0,8 1,2 1,6 2,0 $h \leq 0,1t$ max.2</p>	
<p>Nadměrné převýšení tupého svaru</p> <p>502</p>	502	$\geq 0,5$	<p>b</p> <p>3 6 8 10 12 14 16 18 20</p> <p>h_B</p> <p>1,3 1,6 1,8 2,0 2,2 2,4 2,6 2,8 3,0 $h \leq 1 + 0,1b$ max.5</p> <p>h_C</p> <p>1,45 1,9 2,2 2,5 2,8 3,1 3,4 3,7 4,0 $h \leq 1 + 0,15b$ max.7</p> <p>h_D</p> <p>1,75 2,5 3,0 3,5 4,0 4,5 5,0 5,5 6,0 $h \leq 1 + 0,25b$ max.10</p>
	<p>Nadměrné převýšení koutového svaru</p> <p>503</p>	503	$\geq 0,5$
<p>Nadměrné převýšení kořene</p> <p>504</p>		504	0,5 ÷3
	≥ 3	<p>b</p> <p>3 4 5 6 7 8 9 10 12</p> <p>h_B</p> <p>1,6 1,8 2,0 2,2 2,4 2,6 2,8 3,0 3,0 $h \leq 1 + 0,2b$</p>	

koutového svaru (hodnota rozdílu délek odvěsen koutového svaru $Z_2 - Z_1 = h$) 			h_B	1,65	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	$h \leq 1,5mm + 0,15a$	
			h_C	2,15	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	$h \leq 2mm + 0,15a$	
			h_D	2,2	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	$h \leq 2mm + 0,2a$	
Hubený kořen 	515	0,5 ±3	t	0,5	0,8	1,0	1,4	1,8	2,0	2,4	2,8	3,0		
			h_B	Nepřípustné										
			h_C	0,05	0,08	0,10	0,14	0,18	0,20	0,24	0,28	0,30	$h \leq 0,1t$	
			h_D	0,25	0,28	0,30	0,34	0,38	0,40	0,44	0,48	0,50	$h \leq 0,2mm + 0,1t$	
	≥ 3	t	4	6	8	10	12	14	16	18	20			
		h_B	0,2	0,3	0,4	0,5						$h \leq 0,05t$ max. 0,5		
		h_C	0,4	0,6	0,8	1,0						$h \leq 0,1t$ max. 1		
		h_D	0,8	1,2	1,6	2,0						$h \leq 0,2t$ max. 2		
Pórovitost kořene 	516	≥ 0,5	B	Nepřípustné										
			C	Nepřípustné										
			D	Místně přístupné										
Vadné napojení 	517	≥ 0,5	B	Nepřípustné										
			C	Nepřípustné										
			D	Přípustné. Mezní hodnota závisí na druhu vady způsobené napojením.										
Podkročení velikosti koutového svaru 	5213	0,5 ±3	a	0,5	0,8	1,0	1,4	1,8	2,0	2,4	2,8	3,0		
			h_B	Nepřípustné										
			h_C	0,2										$h \leq 0,2mm$
			h_D	0,25	0,28	0,30	0,34	0,38	0,40	0,44	0,48	0,50	$h \leq 0,2mm + 0,1a$	
	≥ 3	a	4	6	8	10	12	14	16	18	20			
		h_B	Nepřípustné											
		h_C	0,7	0,9	1,0						$h \leq 0,3m$ $m + 0,1a$, max. 2mm			
		h_D	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,0	2,0	$h \leq 0,3mm + 0,1a$, max. 2mm		
Překročení velikosti koutového svaru 	5214	≥ 0,5	a	1	2	4	6	8	10	12	14	16		
			B	1,15	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,0	3,0	$h \leq 1mm + 0,15a$, max. 3	
			C	1,2	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	4,0	$h \leq 1mm + 0,2a$,	

SEZNAM SOUVISEJÍCÍ DOKUMENTACE

- [1] ČSN EN ISO 9001 Systémy managementu kvality – Požadavky
- [2] ČSN EN ISO 9000 Systémy managementu kvality - Základní principy a slovník
- [3] ČSN EN ISO 3834-1 Požadavky na jakost při tavném svařování kovových materiálů – Část 1: Kritéria pro volbu odpovídajících požadavků na jakost.
- [4] ČSN EN ISO 3834-2 Požadavky na jakost při tavném svařování kovových materiálů – Část 2: Vyšší požadavky na jakost
- [5] ČSN EN ISO 17635 Nedestruktivní zkoušení svarů – Všeobecná pravidla pro kovové materiály
- [6] ČSN EN ISO 17637 Nedestruktivní zkoušení svarů – Vizuální kontrola tavných svarů
- [7] ČSN EN 1330-1 Nedestruktivní zkoušení – Terminologie – Část 1: Všeobecné termíny
- [8] ČSN EN 1330-2 Nedestruktivní zkoušení – Terminologie – Část 2: Společné termíny pro metody nedestruktivního zkoušení
- [9] ČSN EN 1330-10 Nedestruktivní zkoušení – Terminologie – Část 10: Termíny používané při vizuální kontrole
- [10] ČSN EN 13927 Nedestruktivní zkoušení – Vizuální kontrola – Zařízení
- [11] ČSN EN ISO 6520-1 Svařování a příbuzné procesy – Klasifikace geometrických vad kovových materiálů – Část 1: Tavné svařování
- [12] ČSN EN ISO 5817 Svařování – Svarové spoje oceli, niklu, titanu a jejich slitin zhotovené tavným svařováním (kromě elektroodového a laserového svařování) - Určování stupňů kvality
- [13] ČSN 050000 Zváranie kovov. Základné pojmy.
- [14] ČSN 050002 Oblúkové a elektrotroskové zvarovanie a naváranie. Základné pojmy.
- [15] ČSN EN ISO 17659 Svařování – Vícejazyčný slovník termínů svarových spojů se zobrazením
- [16] ČSN EN 1792 Svařování – Vícejazyčný seznam termínů ze svařování a příbuzných procesů
- [17] STN TNI CEN/TR 14599 Termíny a definice pro zvarovanie vo vzťahu k EN 1792.
- [18] ČSN EN ISO 857 Metody svařování, tvrdého a měkkého pájení - Slovník
- [19] ČSN EN 14610 Svařování a příbuzné procesy – Definice metod svařování kovů
- [20] ČSN EN ISO 4063 Svařování a příbuzné procesy – Přehled metod a jejich číslování
- [21] ČSN EN ISO 6947 Svařování a příbuzné procesy – Polohy svařování
- [22] ČSN EN ISO 2553 Svařování a příbuzné procesy – Zobrazování na výkresech – Svarové spoje
- [23] ČSN EN 22553 Svarové a pájené spoje – Označování na výkresech
- [24] ČSN EN ISO 9692 Svařování - Doporučení pro přípravu svarových spojů
- [25] ČSN EN 1708 Svařování – Detaily základních svarových spojů na oceli – Část 1: Tlakové součásti
- [26] ČSN EN 1708 Svařování – Detaily základních svarových spojů na oceli – Část 2: Součásti bez vnitřního přetlaku
- [27] ČSN EN ISO 13916 Svařování – Směrnice pro měření teploty předeřevu, teploty interpass a teploty ohřevu

- [28] ČSN EN ISO 13920 Svařování – Všeobecné tolerance svařovaných konstrukcí – Délkové a úhlové rozměry – Tvar a poloha
- [29] ČSN EN ISO 17662 Svařování – Kalibrace, verifikace a validace zařízení používaných pro svařování, včetně příbuzných činností
- [30] ČSN EN ISO 14175 Svařování a materiály – Plyny a jejich směsi pro tavné svařování a příbuzné procesy
- [31] ČSN EN ISO 15607 Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – Všeobecná pravidla
- [32] ČSN EN ISO 15609-1 Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – Stanovení postupu svařování Část 1: Obloukové svařování
- [33] AWS A1.11 Guide for the Nondestructive inspection of Welds
- [34] AWS B1.11 Guide for the Visual Inspection of Welds
- [35] Welding Inspection Technology. American Welding Society. Fourth edition 2000.
- [36] Welding Inspection Handbook. American Welding Society. Third edition 2000.

SVAROX