

## PŘEHLED ZPŮSOBŮ SVAŘOVÁNÍ A ZÁKLADNÍ DĚLENÍ METOD DLE EN ISO 4063

### 1. Základní rozdělení svařování

Svařování je proces nerozebíratelného spojování materiálů. Používané způsoby lze rozdělit **podle rozhodujícího činitele (druhu energie) na vytvoření svarového spoje**. energii lze dodávat v podobě mechanické, tepelné, radiační (zářením). Fyzikálně lze tak realizovat svarový spoj za použití jedné nebo kombinace více energií např. buď stlačením svařovaných částí (s nebo bez přívodu vnější tepelné či radiační energie), nebo jejich natavením působením energie tepelné nebo radiační popřípadě kombinací obojího. Vznikne tak „klasické rozdělení způsobů svařování“ uváděné běžně v literatuře:

- **Svařování tavné – působením tepelné nebo radiační energie** (zejména el. obloukem, plamenem, svazkem paprsků (laserem), proudem elektronů, laserem, kombinací např. Laser – MIG, plazma – MIG, aluminotermické bez tlaku, třecí svařování bez působení tlaku a vnějšího tepla, apod.)
- **Svařování tlakové – působení mechanické energie, pružné a plastické deformace** (např. kovářské svařování, slévárenské svařování, el. svařování odporové, svařování termitem (aluminotermické) pod tlakem, svařování třením, svařování tlakem za studena, difúzní svařování, svařování ultrazvukem, svařování výbuchem, třecí svařování s působením tlaku, aj.)
  - a) Za působení tepla a tlaku
  - b) Za působení tlaku

Toto členění se v různé literatuře může lišit, neboť jak je uvedeno, jde o rozřídění dle rozhodujícího činitele, kterým je působení tepla nebo působení tlaku. V praxi ale tyto činitele jsou vzájemně neoddělitelné a může být složité odlišit, kdy převládá činitel působení tepla a kdy činitel působení tlaku. Může se tedy v literatuře způsob svařování ještě dělit vedle svařování čistě za působení tepla ještě na svařování za působení tepla a tlaku (přidává se teplo vnějším zdrojem) a na svařování za působení tlaku (bez přidávání tepla vnějším zdrojem).

Specifickým způsobem je např. v současnosti stále více a více používané třecí svařování (friction welding), které nelze přímo zařadit do tlakového svařování, kam se starší metody třecího svařování zařadily. Tato metoda totiž vytváří klasickou tavnou lázeň rotací nástroje, který vysokým třením taví základní materiál a vzniká tak svar podobný tavnému svařování.

Z fyzikálního hlediska při svaření dochází k působení sil mezi atomy (meziatomové síly) a vytvoření nových vazeb tzv. kovové vazby na základě již výše uvedeného vložení určitého druhu energie (aktivační energie) natavovaných/ spojovaných ploch. Existuje tedy určité minimální množství energie, které je nutné dodat k nastartování aktivace a vytvoření nových atomových vazeb.

**Svařování vede ke změně fyzikálních vlastností základního materiálu v okolí spoje, tzv. teplem ovlivněné oblasti (TOO). Současně vlastní svarový spoj tvořený ztuhlou taveninou má výrazně odlišné fyzikální vlastnosti s ohledem na metalurgické procesy ve svaru a jeho přilehlém okolí probíhající.**

**A to i přes fakt, že základním přístupem při svařování je volba přídatných materiálů co nejbližších svými vlastnostmi k základnímu materiálu. Vlastnosti TOO tak musí být vždy zohledňovány již při návrhu konstrukce (volbě základních materiálů, stanovení požadavků na tepelné zpracování hutních polotovarů anebo zhotoveného svarového spoje/ dílu).**

Za účelem zajištění požadavků na vlastnosti svarových spojů je tak v technické praxi v současnosti zaveden proces tzv. „kvalifikování postupů svařování“, který poskytuje návod na vhodný postup zajištění požadavků konečného výrobku a tedy i jeho provozních vlastností. Volba způsobu svařování a metody svařování má značný vliv na vlastnosti svarového spoje a tedy i celé konstrukce/ výrobku. Zpravidla tak již v prvotních etapách návrhu svařované konstrukce je potřeba brát v úvahu zamýšlenou metodu svařování, ze které přímo vycházejí jak technické ekonomické ukazatele konstrukce, tak její provozní vlastnosti. To platí zejména při aplikaci moderních metod svařování zdroji energie s vysokou koncentrací (laser, plazma, hybridní metody, apod.).

Znalost základních metod svařování, jejich specifik, vlastností svarových spojů jednotlivými metodami realizovaných, charakteristik konstrukčního řešení pro jednotlivé metody a provozních vlastností svarových spojů vytvořených jednotlivými metodami je potřebná nejen pro technology, ale i pro projektanty a konstruktéry. Projektanti a konstruktéři při návrhu konstrukce musí vzít ohled na požadovanou metodu svařování, má-li návrh být řádně zpracován jak s ohledem na projektové požadavky tak s ohledem na požadavky technologičnosti a požadavky ekonomické. Na výkresové dokumentaci je tak standardní uvádět metody svařování, pro které je konstrukce vypracována s ohledem na již zmíněné projektové a provozní požadavky se zohledněním nákladů a technologičnosti. V této etapě tak již nepřímo vznikají požadavky na výrobce a jeho technologické vybavení.

## **2. Svařitelnou kovů**

V souvislosti s metodami svařování je potřeba zmínit termín svařitelnost. Termín „svařitelnost“ byl dříve definován velice vhodným způsobem v ČSN 05 1309. Současné evropské normy se termínu svařitelnost „weldability“ „vyhýbá“ jak jen to jde. Neexistuje tedy v žádné současné evropské normě definice tohoto termínu. Také v jednotlivých výrobových normách (např. EN 13445, EN 13480, EN 1090 apod.) tento termín není uveden. Taktéž u současné produkce hutních polotovarů již není zajišťován stupeň svařitelnosti tak, jak byl dříve řadou norem ČSN definován. Má to svá pozitiva i negativa. Těmi pozitivy je, že lze svařovat s použitím nových metod a procesů svařování materiály do nedávna „nesvařitelné“ jako je např. spoj ocel-hliník, navařování keramiky apod. aniž by tomu bránila nějaká technická norma.

Na druhou stranu je potřeba věnovat této oblasti „svařitelnosti“ navržených materiálů zvýšenou pozornost jak ze strany technologů, tak zejména ze strany projektantů a konstruktérů. Neboť jak bude uvedeno dále citací z ČSN 05 1309, vyháží svařitelnost z konstrukční spolehlivosti spoje, tj. vlastnosti definované projektem či konstruktérem. A zde si zpravidla musí projektant, konstruktér u důležitých svařenců vzít na pomoc výpočtový aparát a takové nástroje, jako je lomová mechanika a experimentální zkoušky, pokud bude volit materiály v praxi běžně nesvařované a u kterých nebudou referenční výsledky zejména z provozu.

Svařitelnost podle ČSN 05 1309:

„Svařitelnost je komplexní charakteristika vyjadřující vhodnost kovu na zhotovení svařence s požadovaným účelem, při určitých technologických možnostech svařování a konstrukční spolehlivosti spoje.“

„Vhodnost kovu na svařování je charakteristika, která vyjadřuje změnu jeho vlastností v důsledku svařování. Vhodnost kovu na svařování se zabezpečuje těmito základními faktory“:

- Chemickým složením (zejména základního materiálu, ale i přídavného)
- Metalurgickými způsoby výroby (volbou metody svařování)
- Způsobem lití a tavení (hutních polotovarů určených ke svaření)
- Tepelným zpracováním (jak základních materiálů, tak svarů)

„Technologická možnost svařování kovu je charakteristika, která vyjadřuje vliv použitého druhu svařování (dnes používáme termín metoda svařování) na vlastnosti svarového spoje určité konstrukční spolehlivosti, vyrobeného z kovu s určitou vhodností na svařování.“

„Technologická možnost svařování kovu se zabezpečuje těmito základními faktory:

- Metodou svařování
- Přídavným materiálem
- Tepelným příkonem
- Postupem kladení vrstev svaru
- Tepelným režimem svařování
- Tepelným zpracováním svarového spoje

„Konstrukční spolehlivost svarového spoje je charakteristika, která vyjadřuje vliv konstrukčního řešení svarového spoje pro dané provozní podmínky a vztahuje se na kov určité vhodnosti na svařování a na stanovené technologické možnosti jeho svařování“

„Konstrukční spolehlivost svarového spoje se zabezpečuje těmito základními faktory:

- Tloušťkou materiálu
- Tvarem spoje
- Tvarem a přípravou svarových ploch
- Tuhostí svařence
- Umístění svarů a spojů v závislosti od namáhání

„Na hodnocení svařitelnosti se používají tyto skupiny ukazatelů:

- Ukazatel celistvosti spoje
- Ukazatel vlastností spoje

„Ukazatel celistvosti svarového spoje je charakterizován odolností proti vzniku trhlin a jiných nepřipustných chyb.

Související norma ČSN 05 1310 rozdělovala svařitelnost hutních materiálů zejména v závislosti od chemického složení a tloušťky materiálu na:

- a) Zaručenou – stupeň 1a

- b) Zaručenou podmíněno – stupeň 1b
- c) Dobrou – stupeň 2
- d) Obtížnou – stupeň 3

Zaručená znamená, že výrobce oceli/ respektive daného hutního polotovaru zaručuje svařitelnost oceli při svařování za teplot do 0°C bez zvláštních opatření při svařování.

Zaručená podmíněná svařitelnost znamená, že výrobce oceli zaručuje svařitelnost při dodržování dopředu stanovených podmínek při svařování. Podmínky svařitelnosti předepsané výrobcem, jsou uvedeny v technických dodacích podmínkách (ČSN) na dodávku příslušných ocelí a záruka svařitelnosti platí na svarové spoje svařené dle těchto předpisů (norem).

Dobrá svařitelnost znamená, že výrobce oceli nezaručuje svařitelnost, ale tyto oceli dávají ve většině případů vyhovující vlastnosti svarového spoje. Zvláštní opatření jsou potřebné jen výjimečně.

Obtížná svařitelnost znamená, že u těchto ocelí se zpravidla nedá dosáhnout vyhovující jakosti svarových spojů ani při dodržení zvláštních opatření při svařování. Takové ocele se nedoporučuje použít na svařování.

Takto tedy vypadalo definování svařitelnosti v minulosti. Základní princip popsany v ČSN 05 1309 je však dodnes platný. Také údaje v původních normách ČSN na dodávku jednotlivých druhů ocelí mohou být v praxi použity pro srovnání s požadavky současných evropských ocelí, respektive jejich tzv. ekvivalentů. Toto srovnání však může být jen orientační a pro technology platí doporučení norem ČSN EN ISO 1011, kde je svařitelnost částečně řešena.

Ačkoliv tedy z nových norem „svařitelnost“ v podstatě vymizela (ani v doporučeních norem řady ISO 1011 ji nenajdeme) a není jakkoliv zaručována výrobcem ocelí, je to faktor, který musí být brán v úvahu všemi profesemi zúčastněnými na procesu návrhu a výroby svařované konstrukce. Metody svařování pak hrají značnou roli v rozhodování a řešení problematiky svařitelnosti.

Fakt, že svařitelnost nemají výrobci oceli povinnost jakkoliv ověřovat a zaručovat, může vést k jistým obtížím např. při zavádění nových způsobů výroby ocelí, kdy až uživatel této oceli bude řešit její svařitelnost a tudíž provozní charakteristiky svarových spojů, jakými je zejména životnost, únavová životnost apod. Odpovědnost za použití těchto materiálů je tak výhradně na uživateli, projektantovi, konstruktérovi, kteří jsou za volbu odpovědni. O to více by této problematice svařitelnosti měla být věnována pozornost, pokud jsou aplikovány nové materiály (např. oceli v energetice typu P24, 91, 92 apod.). Právě nedávné problémy s aplikacemi nových energetických ocelí a následným praskáním jejich svarových spojů ukázaly selhání etapy definování požadavků projektu/ konstrukce a ověření potřebných vlastností nových materiálů pro daný účel.

### 3. Metody svařování – základní rozdělení dle EN 4063

Základní přehled metod svařování a příbuzných procesů jako je pájení, řezání aj. a jejich číslování uvádí ČSN EN ISO 4063. Tato norma nerozlišuje způsoby svařování dle výše uvedeného na tavné a tlakové. Základní skupiny dle ISO 4063 jsou:

Číslo metody	Název metody	Název metody anglicky
1	Obloukové svařování	Arc welding
2	Odporové svařování	Resistance welding
3	Plamenové svařování	Gas welding Oxyfuel gas welding
4	Tlakové svařování	Welding with pressure
5	Svařování svazkem paprsků	Beam welding
7	Ostatní způsoby svařování	Other welding processes
8	Řezání a drážkování	Cutting and gouging
9	Pájení tvrdé, měkké a do úkosu	Brazing, soldering and braze welding

Základní skupiny se dále člení na podskupiny.