

Kapitola 8 (1 hod) **Testování svarů a spojů**

8.1 Obecně

Svařované spoje jsou potenciálním slabým místem plastových konstrukcí. Proto je důležité umět prokázat, že je svařovaný spoj vhodný ke svému účelu. K tomu jsou určeny příslušné techniky mechanického zkoušení. Existuje několik standardních zkušebních metod pro svařované plastové spoje. Mnohé z těchto metod vyvinul sám průmysl plastových potrubí jako techniky řízení kvality pro procesy svařování. Kromě toho mohou být na plastové svary použity některé standardní metody zkoušení plastů. Přehled některých z nejčastějších zkušebních metod je uveden níže.

Tahové zkoušky

Tahové zkoušky jsou možná nejběžnějšími metodami používanými pro charakterizaci svarů. Svarové housenky se obvykle odstraňují v případech, kdy jsou odstraněny v servise. Obvykle je přijatelná pevnost svaru v tahu v rozsahu 80-100% pevnosti základního materiálu, v závislosti na materiálu a procesu svařování. Pokud se objeví porušení mimo svar, pak lze pro optimalizaci parametrů svařování použít vzorek s redukovanou plochou průřezu.

Zkoušky ohybem

Spoje v plastu svařované na tupo lze hodnotit také pomocí zkoušky ohybem. Vzorky jsou obvykle zatěžovány třibodovým ohybem. Svarový výronek na líci v kontaktu se středním bodem zatížení se před zkouškou odstraní. Zaznamená se úhel, ve kterém se buď objeví porušení nebo kde začíná prasklina. Úhel ohybu a objevení porušení vypovídá o ohebnosti spoje a kvalitě svaru.

Zkoušky rázem

Odolnost materiálu vůči porušení při dynamickém zatížení je často kritická. Nejprůchoďejším a nákladově efektivním způsobem je použít zkoušku podle Charpyho, což je polokvantitativní metoda, kterou lze použít pro vyhodnocení charakteristik absorpce energie u polymerových svarů. Někdy může být užitečnější než tahové zkoušky při rozlišování mezi různými podmínkami svařování. Spoj může například vykazovat tahovou pevnost rovnající se základnímu materiálu, zatímco absorbovaná rázová energie dle Charpyho pro svar může být nižší než 50% této hodnoty u výchozího materiálu. Když se však aplikuje tato zkouška na svařované plasty, je zásadní přesná poloha vrubu v linii svaru. Také je nutné odstranit každou přítomnou svarovou housenku.

Zkoušky pevnosti při tečení

Zkoušky pevnosti při tečení mohou být použity pro porovnání dlouhodobého výkonu plastového svaru s výkonem svaru výchozího materiálu. Obvykle se zkoušky provádějí pomocí tahových vzorků při konstantním zatížení a zvýšené teplotě a změří se doba do porušení. Zkoušky se obvykle provádějí ve vodě, ale pro urychlení porušení lze použít povrchově aktivní médium. Ačkoli jsou nákladnější než provedení krátkodobých statických zkoušek, poskytují zkoušky tečení užitečnější informace při projektování komponent, které jsou pod konstantním zatížením.

Mechanické zkoušky lomem

Důkladnější zkušební metody typu mechanické zkoušky lomem lze používat pro kvalitativní charakterizaci plastových svarů, ale nejsou dosud plně zavedené a vyžadují mimořádně přesnou polohu konce vrubu a zkušební postupy. Zkoušení lze provádět při třibodovém zatížení pomocí vzorku SENB (single edge notch bend) při dodržení standardních metod pro plastové a kovové základní materiály. Některé z křehčích plastů lze charakterizovat pomocí

lineárně elastické lomové mechaniky (LEFM). Avšak mnohé plasty vykazují značnou plasticitu vrcholu porušení vyžadující komplexnější analýzu elasticko-plastické lomové mechaniky (EPFM).

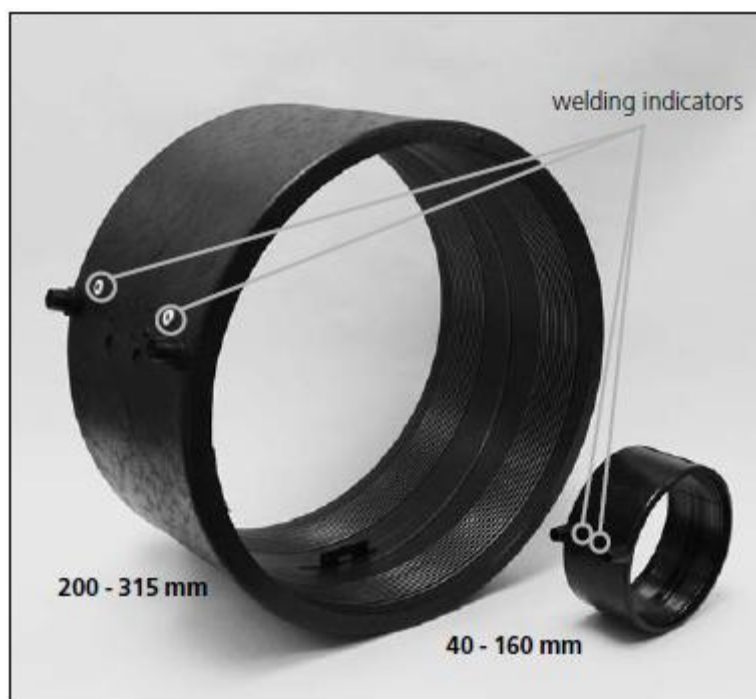
8.2 Vizuální kontrola

Svařování je zvláštní proces, protože je nemožné dokončit hodnocení kvality svaru, aniž bychom ho nezničili. V případě svařování polymerů je prvním a velmi důležitým hodnocením vizuální kontrola.

Je obtížnější posoudit elektrofúzní svar než svar na tupo. Známkou dobrého svaru je indikátor svaru (viz obrázek). Vybouleniny na tvarovce jsou však pouhou indikací toho, že svar byl proveden. Nijak nezaručují celistvost spoje. Velikost pohybu vybouleniny závisí na množství faktorů včetně rozměrových tolerancí komponent a oválnosti trubky/tvarovky. Pokud všechny přípravy proběhly úspěšně, jako třeba označení hloubky vsunutí, oškrábání, atd. a sestava trubek nebyla během svařování a chlazení vystavena žádnému dalšímu zatížení, lze spoj označit jako dobrý, pokud vystoupí indikátory svařování. Pokud z tvarovky po svaření vytéká značné množství taveniny, může jít o nesprávné vyrovnání komponent, nadměrné tolerance nebo neúmyslné druhé svaření tvarovky. Celistvost takových spojů je pochybná.

Kontroly kvality jsou obvykle následující:

1. Zkontrolujte, zda indikátory fúze vystoupily vzhůru.



Obr. 8.1 Indikátory svaru

2. Zkontrolujte, zda z tvarovky nevychází nebo nevyčnívá žádný roztavený materiál, ani drát.

3. Zkontrolujte, zda se trubky během svařování nevysunuly.

Pokud svar těmito kontrolami neprojde odřízněte jej a použijte jinou tvarovku.

Příliš velká deformace může způsobit problémy během sestavení a svaření komponent. Maximální přípustná deformace je $0,02 \times d_1$. To má za následek maximální rozdíl mezi

největším a nejmenším průměrem odpovídajícím tabulce 8.1. Pokud je deformace větší, je nutné trubku „zaokrouhlit“ pomocí svorek.

Tabulka 8.1 Přijatelné deformace

diameter d_1	$d_1 \text{ max} - d_1 \text{ min}$ (mm)
40	1,0
50	1,0
56	1,0
63	1,0
75	1,5
90	2,0
110	2,0
125	2,5
160	3,0
200	4,0
250	5,0
315	6,0

diameter = průměr

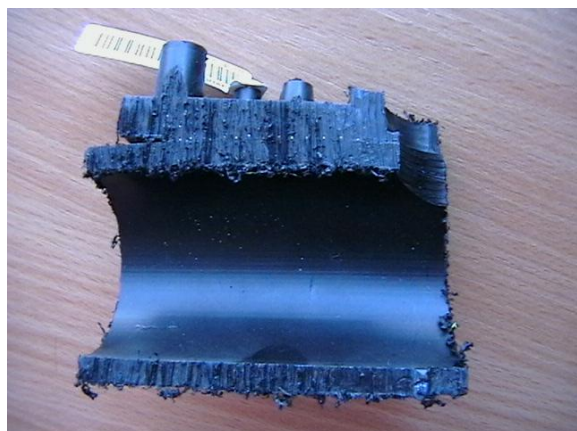
Možné vady a jejich příčiny:

- roztavený materiál vytéká z tvarovky – zahřátí je příliš intenzivní (příliš vysoké napětí nebo příliš dlouhá doba zahřívání)
- materiál trubek a nebo materiál tvarovky se netaví – zahřátí není dostatečné
- materiál trubek a nebo materiál tvarovky je příliš horký a pálí se – zahřátí je příliš intenzivní
- drát uvnitř tvarovky se dostává ven – tvarovka nízké kvality a nebo příliš intenzivní zahřátí
- svar není průběžný – špatná příprava povrchů, které se účastní svaru, nízká kvalita tvarovky (drát není uvnitř tvarovky uspořádán stejnoměrně)
- nízká mechanická odolnost svaru – nevhodné parametry svařování, trubky jsou nesprávně zavedené uvnitř tvarovky, špatná příprava povrchu



Nízká kvalita tvarovky
(nesprávně uspořádaný drát)

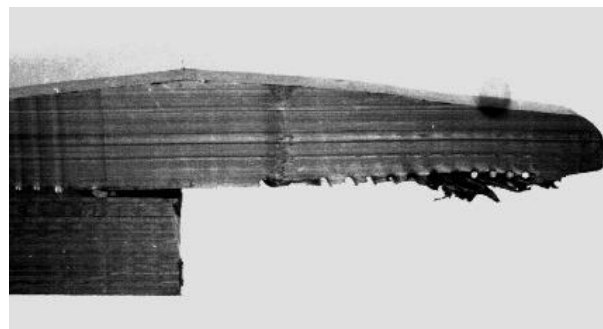
Dobrá kvalita tvarovky



Neprůběžný svar



Průběžný svar



Částečně nesvařený spoj
Obr. 8.2 Možné vady

Hlavními příčinami objevujících se vad elektrofúze jsou:

- mezery mezi PE trubkami, které nebyly uříznuty pod přímým úhlem
- neoškrábání nebo špatné oškrábání
- nečistota ve svařovací zóně
- špatné vyrovnaní trubek před svařováním, použití křivých nebo oválných trubek
- nepoužití polohovadla
- chybné použití polohovadla
- vlhkost v objímkové spojce nebo trubce
- přítomnost nečistoty (písku, apod.) při spojování
- tvarovka špatné kvality
- chybné snímání čárového kódu
- chybné parametry svařování
- svařování okamžitě po výpadku proudu
- demontáž polohovadla ještě před dokončením chladnutí
- použití tvarovek po době životnosti
- použití nesprávně umístěných tvarovek nebo tvarovek s přerušným odporovým drátem
- chyba označení
- příliš vysoká nebo příliš nízká okolní teplota
- vyvrtání odbočky před dokončením stádia chladnutí (špatné vrtání, riziko porušení svaru)

- neochránění svařovaných částí před nepříznivými klimatickými podmínkami během svařování a chladnutí
- nedodržení předepsaného postupu svařování.

8.3 Tahová zkouška

Tahová zkouška se provádí za účelem vyhodnocení elasticity a plastičnosti polymeru a svařených spojů.

Tahové zkoušení podélného pásu se obecně provádí v souladu s normou ISO/FDIS 13953, ale je nutné je modifikovat následujícím způsobem:

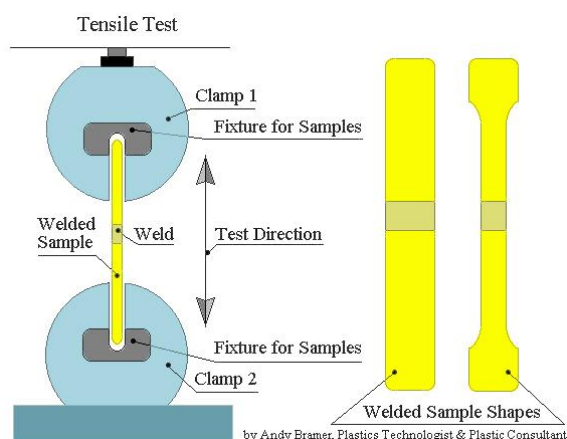
a) Vzorek pro zkoušku typu A je možné použít pouze pro všechny vzorky s větší tloušťkou než je 20 mm.

b) Všechny zkušební pásy pro zkoušky typu A musí být obrobeny na tloušťku 20 mm, kdy se odstraní materiál rovnoměrně z každé strany trubky a poté se přezkouší ve zkušebním přístroji typu A.

Vzorky zkoušené výše uvedeným způsobem jsou označovány jako modifikované zkoušení typu A dle ISO/FDIS 13953, aby nedocházelo k záměně.

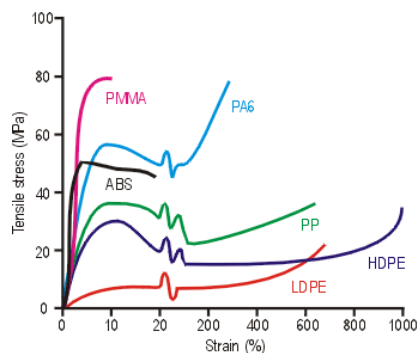
c) Pro PE trubky se stěnou tloušťky menší než 20 mm je nutné provést zkoušku typu B.

d) plné zkoušení spojů



Tensile test = tahová zkouška
Clamp 1 = svorka 1
Fixture for samplexs = upínadlo pro vzorky
Welded sample = svařovaný vzorek
Weld = svar
Test direction = směr zkoušky
Welded sample shapes = tvary svařovaného vzorku

a.



Tensile stress (Mpa) – namáhání tahem
Strain (%) – pnutí (deformace)

b.

Obr. 8.5 Princip tahové zkoušky a křivka pevnost-pnutí pro různé polymery

Během zkoušek se kontrolují různé mechanické charakteristiky jako protažení, maximální síla, mez pružnosti, poloha první praskliny, atd.

Následující tabulka uvádí několik mechanických charakteristik polymerů pro srovnání.

Tabulka 8.2 Charakteristická pevnost v tahu, protažení a tahové moduly polymerů

Typ polymeru	Mezní pevnost v tahu (MPa)	Protažení (%)	Tahové moduly (GPa)
ABS	40	30	2,3
Acetalový kopolymer	60	45	2,7
Akrylátový polymer	70	5	3,2
Nylon 6	70	90	1,8
Polyamide-Imid	110	6	4,5
Polykarbonát	70	100	2,6
Polyetylén, HDPE (polyetylén s vysokou hustotou)	15	500	0,8
Polyetylénový tereftalát (PET)	55	125	2,7
Polyimid	85	7	2,5
Polypropylén	40	100	1,9
Polystyren	40	7	3



RO-003



5



Obr. 8.6 Vzorek zkoušený tahem – houževnatý lom