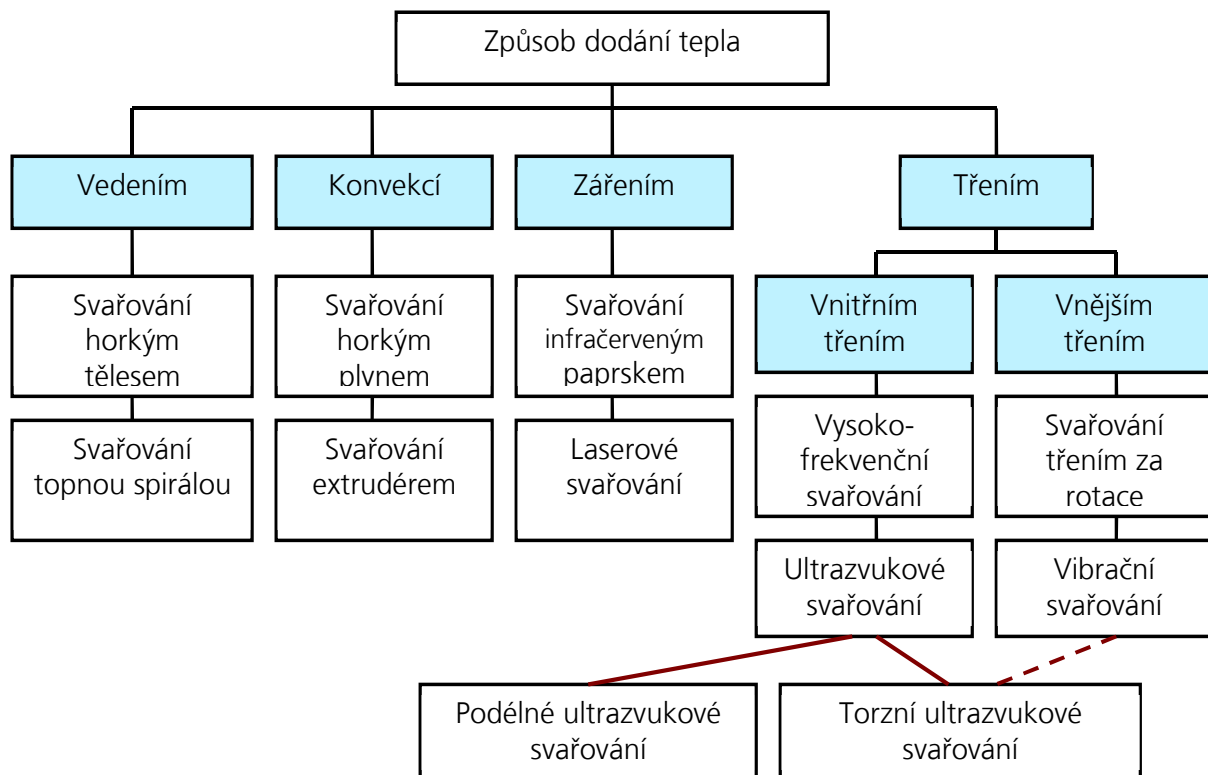


## Problematika reologie tavenin plastů ve svarových zónách

Důvod využívání technologie svařování plastů je z dnešního pohledu zřejmý – ekonomie výroby a snížení s ní spojených nákladů. Teoreticky možná výroba tvarově komplikovaných a rozměrných plastových dílů je podstatně zjednodušena výrobou polotovarů a doplněna technologií svařování. V našich a sousedních zemích můžeme nejčastěji narazit na tři technologie svařování plastů a to svařování horkým tělesem, svařování vibrační a svařování ultrazvukové. Další technologie samozřejmě nezůstávají v pozadí; jedná se především o technologie svařování horkým plynem, svařování extrudérem, svařování infračerveným paprskem, svařování laserem a vysokofrekvenční svařování. Jednotlivé metody mohou nabídnout své výhody vždy s ohledem na sériovost, materiál nebo kombinaci materiálů, geometrii dílů samotných a geometrii svarové zóny. Nevýhodou všech zmíněných technologií je omezení na svařování termoplastických materiálů (až na několik výjimek kombinací termoplastů a reaktoplastů u některých technologiích svařování), především kvůli nárůstu termosetických matic u vlákniny vyztužených plastů (vláknenných kompozitů). V principu jsou všechny termoplasty svařitelné, dokonce i některé jejich kombinace, nejlepších výsledků je ovšem dosaženo v případě stejných materiálů. Termoplastické materiály amorfní a semikrystalické nejsou vzájemně svařitelné.

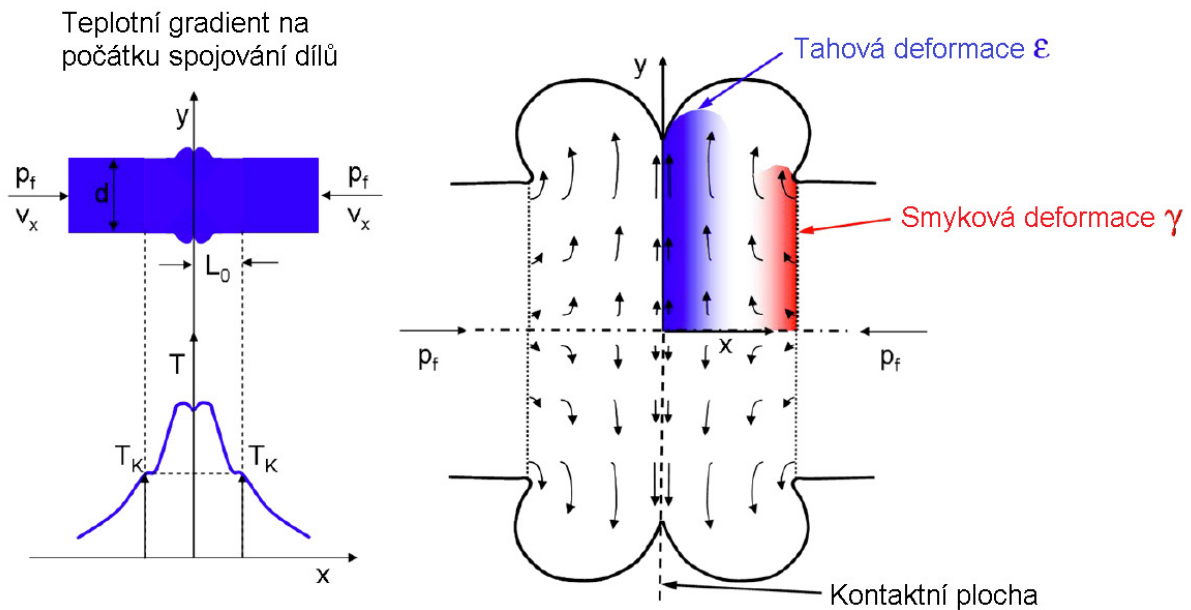
Princip svařování termoplastů je ve všech případech stejný a to přivést do svarové zóny takové množství tepla, aby materiál překročil teplotu tání (u semikrystalických termoplastů) resp. teplotu viskózního toku (u materiálů amorfních) a za působení tlaku začal téct. Podle toho jakým způsobem je teplo do svarové zóny přivedeno, lze technologie svařování rozdělit následujícím způsobem (viz obr. 1).



Obr 1: Rozdělení technologií svařování plastů podle způsobu dodání tepla do svarové zóny

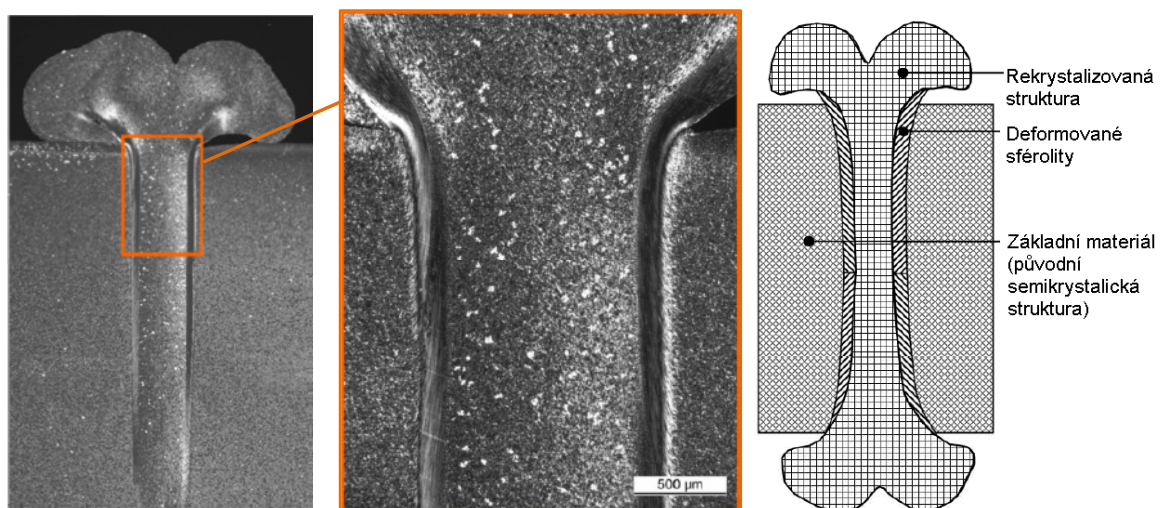
Pod pojmem svarová zóna rozumíme oblast spojení svařovaných dílů, kde dochází k lokálnímu natavení a následně toku materiálu pod působícím tlakem (silovým účinkem) na svařované díly.

V této zóně vznikají dvě charakteristické oblasti a sice oblast tahových a smykových napětí, které způsobují odpovídající deformace (obr. 2).



Obr 2: Tepelné a napěťové poměry ve svarové zóně

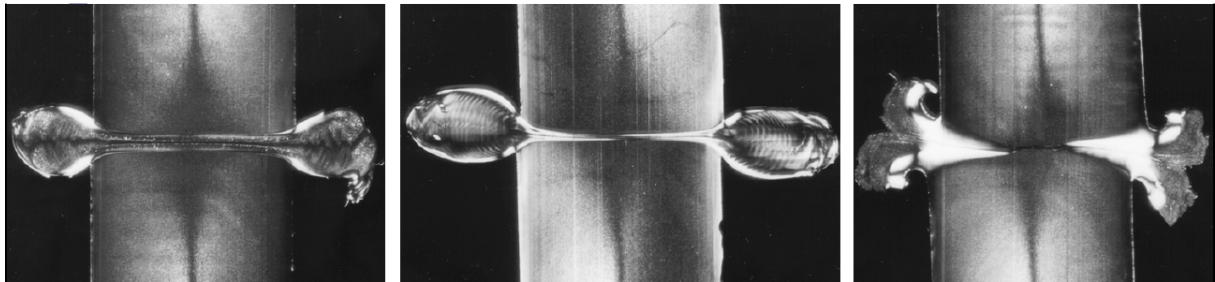
Oblast tahových deformací vzniká vždy v místě spojení svařovaných dílů. Deformace narůstají od osy symetrie stěny nebo žebra svařovaných dílů, kde jsou nulové. Jejich nestejnoměrnost má za následek rozdílný stupeň orientace makromolekul v místě spojení. Díky dostatečné teplotě může dojít učitému vyrovnání napětí jednotlivých vrstev taveniny a smrštění zvíkanící tuhnutím nezpůsobují v této oblasti tak výrazná vnitřní pnutí. Kritickou oblast tvoří ovšem oblast smykových deformací vznikající na přechodu pevný základní materiál – tavenina. Díky toku taveniny termoplastu od neutrální osy směrem ze svarové zóny dochází na tomto přechodu k výrazné orientaci makromolekul, které nemohou relaxovat, jelikož rychlost ochlazování materiálu je na přechodu velmi vysoká.



Obr 3: Mikrotomový řez svarovou zónou neplněného semikrystalického termoplastu

Za předpokladu správně provedeného svaru, dochází při jeho porušení k lomu právě v oblasti smykových deformací. Díky tomuto jevu nemůže být u svarových spojů dosažena pevnost odpovídající pevnosti základního materiálu.

Rozhodující jsou pro vzhled obou oblastí teplotně – tlakové podmínky, které jsou nastaveny na svařovacím stroji, resp. takové podmínky, které ovlivní svářeč. Velmi vysoké svařovací tlaky zvyšují smyková napětí a zároveň mají za následek zbytečný výtok taveniny termoplastu ze svarové zóny.



Obr 4: Svarové zóny svařenců zhotovených za různých podmínek (zleva:  $p = 0,5 \text{ MPa}$ ,  $t = 10,0 \text{ s}$ ;  $p = 2 \text{ MPa}$ ,  $t = 4,0 \text{ s}$ ;  $p = 8 \text{ MPa}$ ,  $t = 1,0 \text{ s}$ ). Mechanické vlastnosti spojů (zleva: Tahová pevnost = 32 Mpa, Tažnost = 7,5 %; Tahová pevnost = 27 MPa, Tažnost = 3,5 %; Tahová pevnost = 24 MPa, Tažnost = 2,5 %)

Mechanické vlastnosti svarových spojů plastových dílů nejsou určeny pouze teplotně – tlakovými podmínkami v oblasti svarových zón. Vlastnosti a jakost svarového spoje určuje i výchozí vlnkost dílu, která se může projevit na poretitě svarového spoje. Dále je historie dílu, tj. jakou technologii, z jakého materiálu a s jakými parametry byly díly vyrobeny. Hlavně u citlivých metod svařování jako je např. ultrazvukové svařování mohou drobné odchylky vstřikovaných dílů např. v modulu pružnosti materiálu ovlivněné rozdílným dotlakem způsobovat kolísání pevnosti svaru, přestože je opakovatelnost stejé na velmi dobré úrovni.

- [1] LOYDA, Miloslav. Svařování termoplastů. Vyd. 1. Praha: Uno, 2001, 496 s. ISBN 80-238-6603-6.
- [2] KOTERA, Ondřej. Výzkum aplikačních možností Melt-Match technologie ultrazvukového svařování plastů / Entwicklung der Applikationsmöglichkeiten der Melt-Match Technologie des Ultraschallschweißens von Kunststoffen. Liberec, 2012. Disertační práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld. Realizováno pro DUKANE IAS, s.r.o.