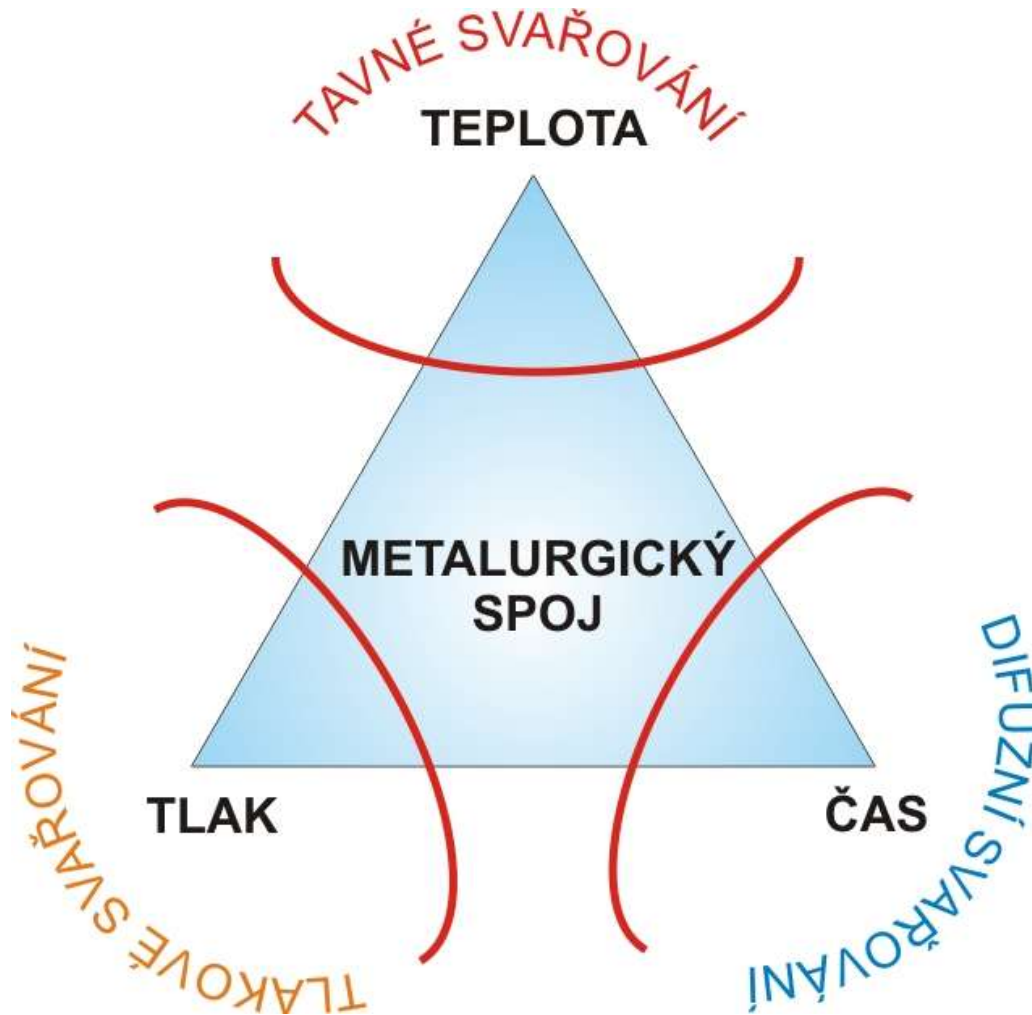


DIFUZNÍ SVAŘOVÁNÍ

RNDr. Libor Mrňa, Ph.D.

- Princip metody
- Fyzika difuze
- Mechanismus vzniku spoje
- Zařízení
- Parametry procesu
- Příklady
- Výhody a nevýhody



Metallurgický spoj = vznik vazeb částic spojovaných materiálů na fyzikální úrovni



PRINCIP METODY

Difuzní svařování se definuje jako dosažení monolitického spojení vznikem vazeb na atomární úrovni.

- Difuze znamená rozptyl částic s cílem dosáhnoutí rovnoměrné koncentrace v daném objemu.
- Její příčinou je tepelný pohyb.
- Systém se snaží dosáhnout stavu s co nejnižší energií (2.TD věta)



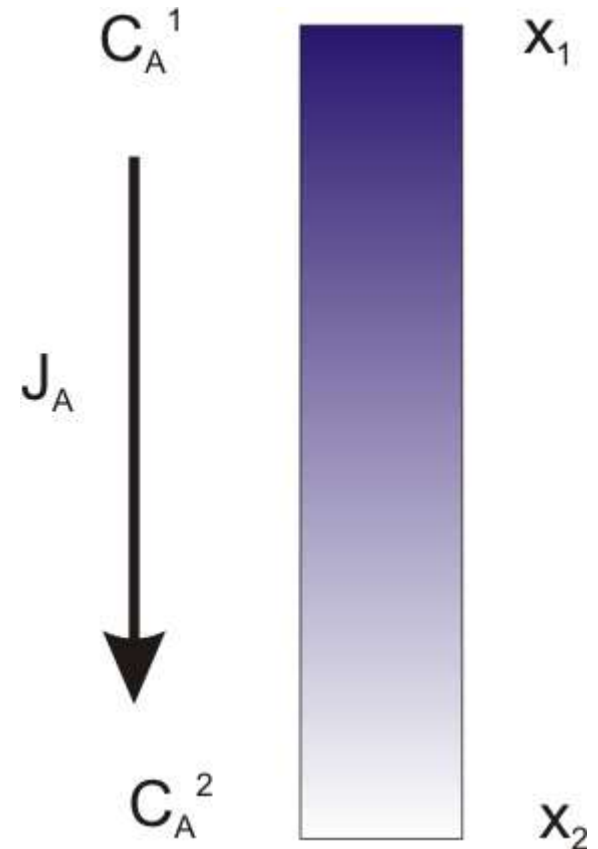
FICKOVY DIFUZNÍ ZÁKONY

První Fickův zákon

$$J_A = -D \frac{\partial C_A}{\partial x}$$

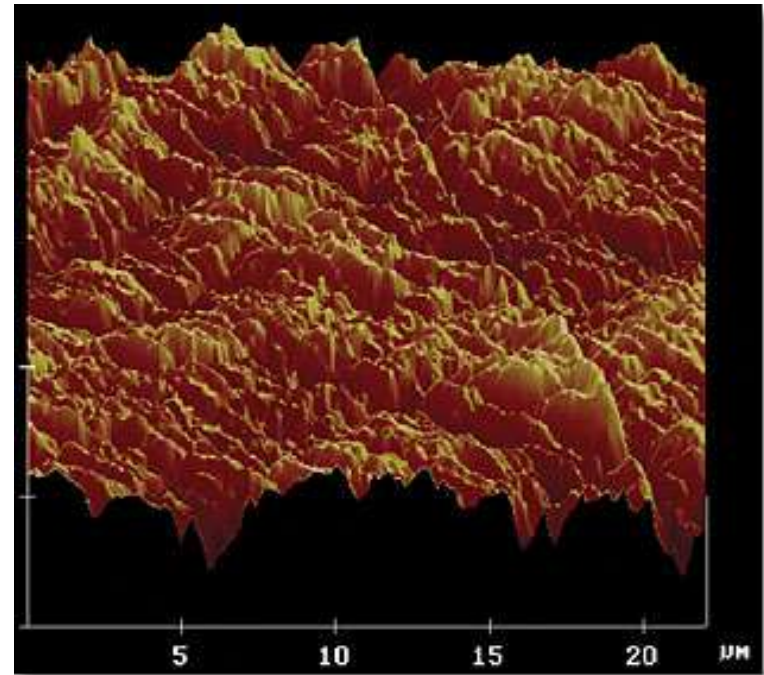
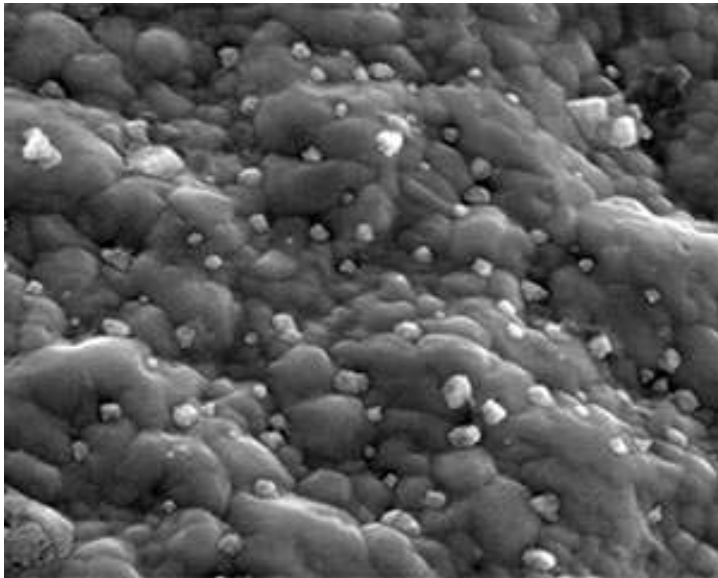
Druhý Fickův zákon

$$\frac{\partial C_A}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C_A}{\partial x} \right)$$



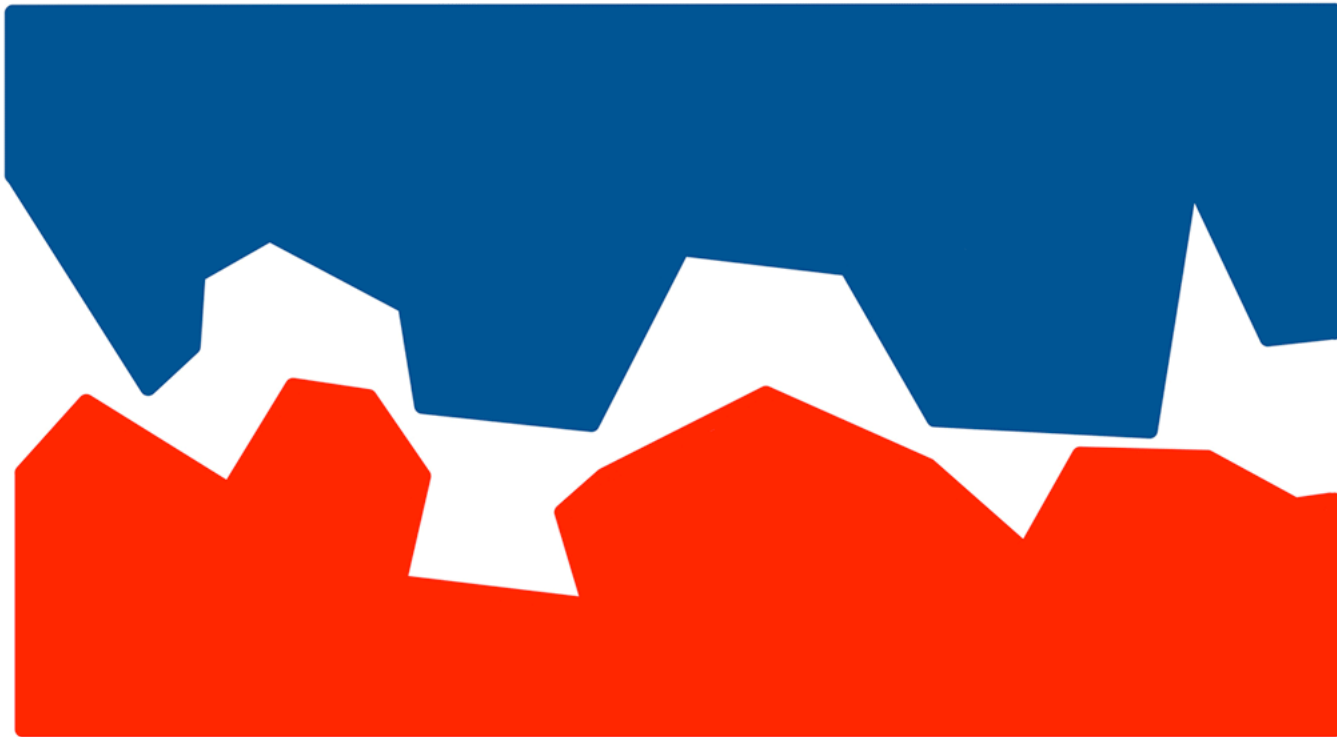
POVRCH KOVU

- nikdy není zcela rovný, vždy obsahuje hrany krystalů, částí s rozdílnou koncentrací prvků atp.



PŮSOBENÍ TLAKU

Diffusion-welding



FYZIKÁLNÍ HYPOTÉZY VZNIKU SPOJE

- **Vrstvová hypotéza.** Čisté kovy se musí přiblížit na vzdálenost působení meziatomových sil.
- **Rekrystalizační hypotéza.** Přemísťování atomů v krystalové mřížce vytváří ve spojovaných místech společná krystalová zrna (nelze aplikovat při nízkých teplotách).
- **Energetická hypotéza.** Pro atomy v krystalových zrnech povrchu kovu existuje určitá energiová úroveň, při jejímž překročení vzniká ve spoji kovová vazba a různost povrchů obou materiálu mizí.
- **Dislokační hypotéza.** Na styčných plochách vznikají současné dislokace, jejichž výsledkem je porušení vrstev oxidů a vytvořením stupňovité struktury s periodou odpovídající meziatomovým vzdálenostem.
- **Difúzní hypotéza.** Při dotyku atomy kovů difundují do hloubky protimateriálu. Povrchové atomy mají nadbytek energie, která se při difuzi uvolní.

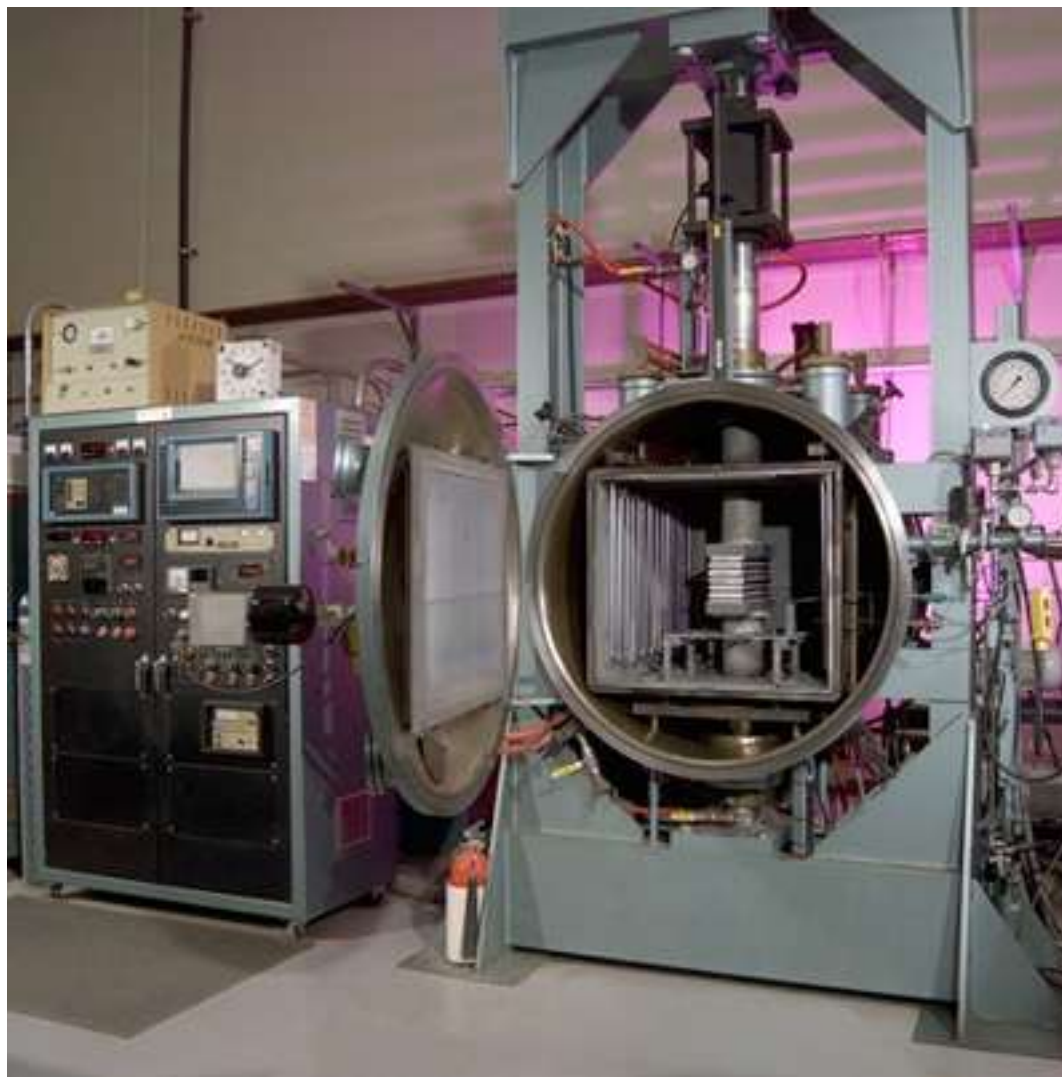


KONSTRUKCE SVAŘOVACÍHO ZAŘÍZENÍ

- Hydraulický lis na lisování obou spojovaných dílů vůči sobě
- Vakuová komora (s přenosem lisovací síly)
- Ohřev uvnitř vakuové komory
- Vakuové hospodářství
- Řízení procesu



SVAŘOVACÍ ZAŘÍZENÍ



FAKTA O DIFUZI

Materiálové faktory:

- Rychlost difuze závisí na struktuře materiálů
- Rychlost difuze na stavu povrchu
- Difuze po hranách a na dislokacích je rychlejší než na homogenní ploše

Vnější faktory – svařovací parametry

- teplota
- tlak
- okolní atmosféra
- svařovací čas



VLIV TEPLoty NA DIFUZNÍ SVAŘOVÁNÍ

$$D = D_0 e^{-Q/kT}$$

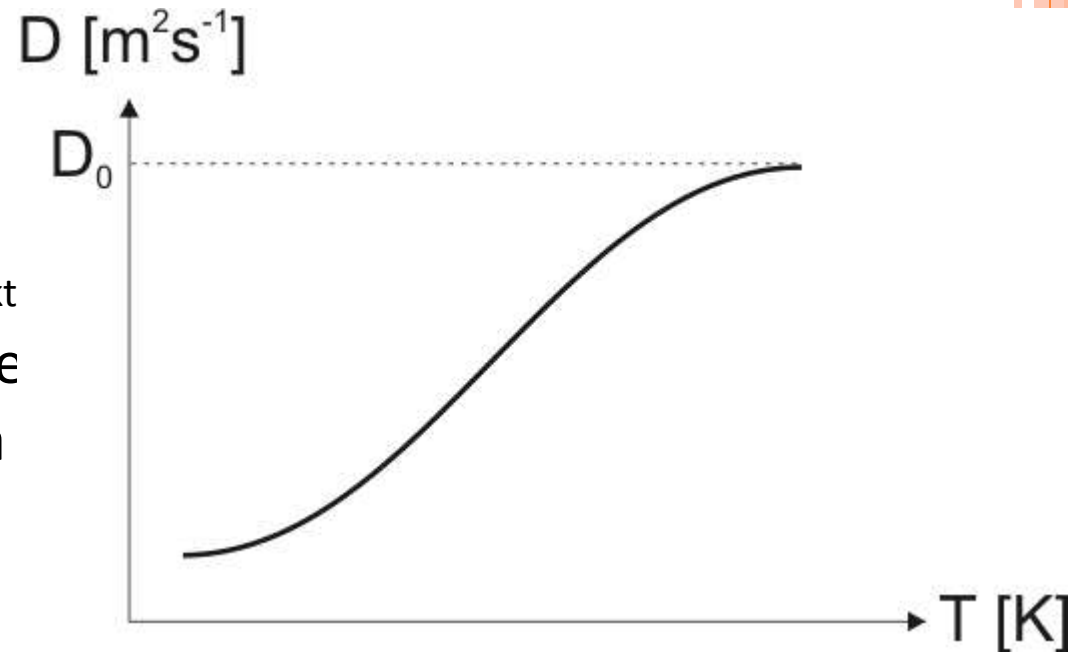
D_0 – koeficient difuze

(nezávislý na teplotě ale na strukt

Q – aktivační energie difuze

k – Boltzmanova konstanta

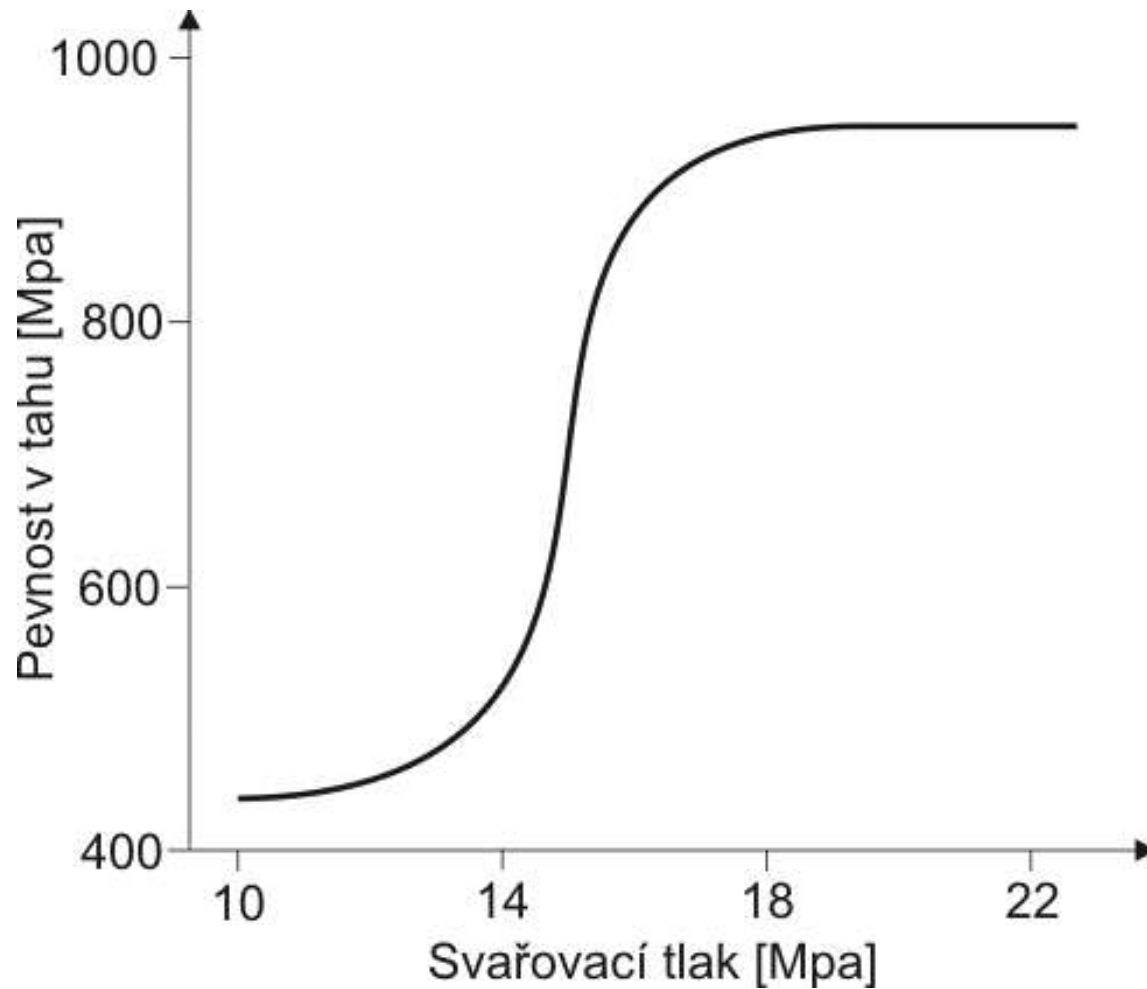
T – absolutní teplota



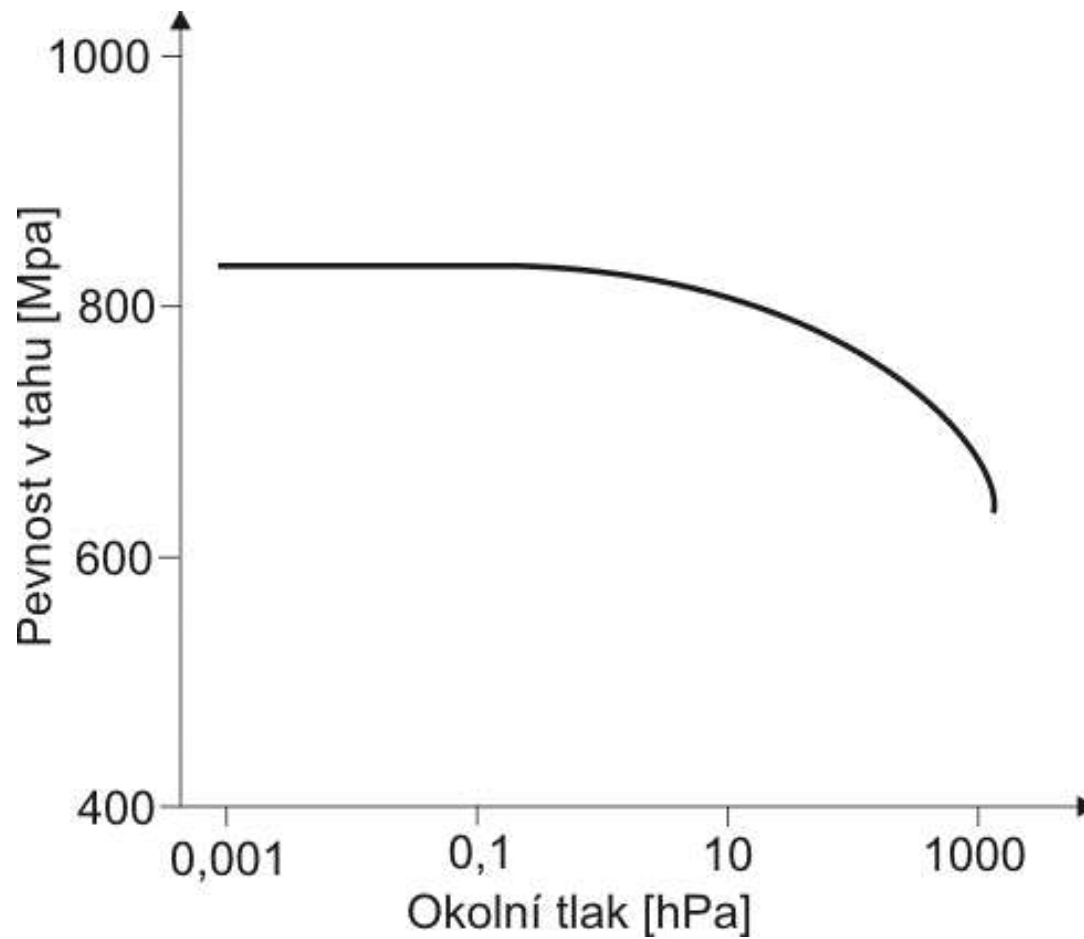
Doporučená svařovací teplota: $T_{sv} = (0,53 - 0,88) T_{tav}$



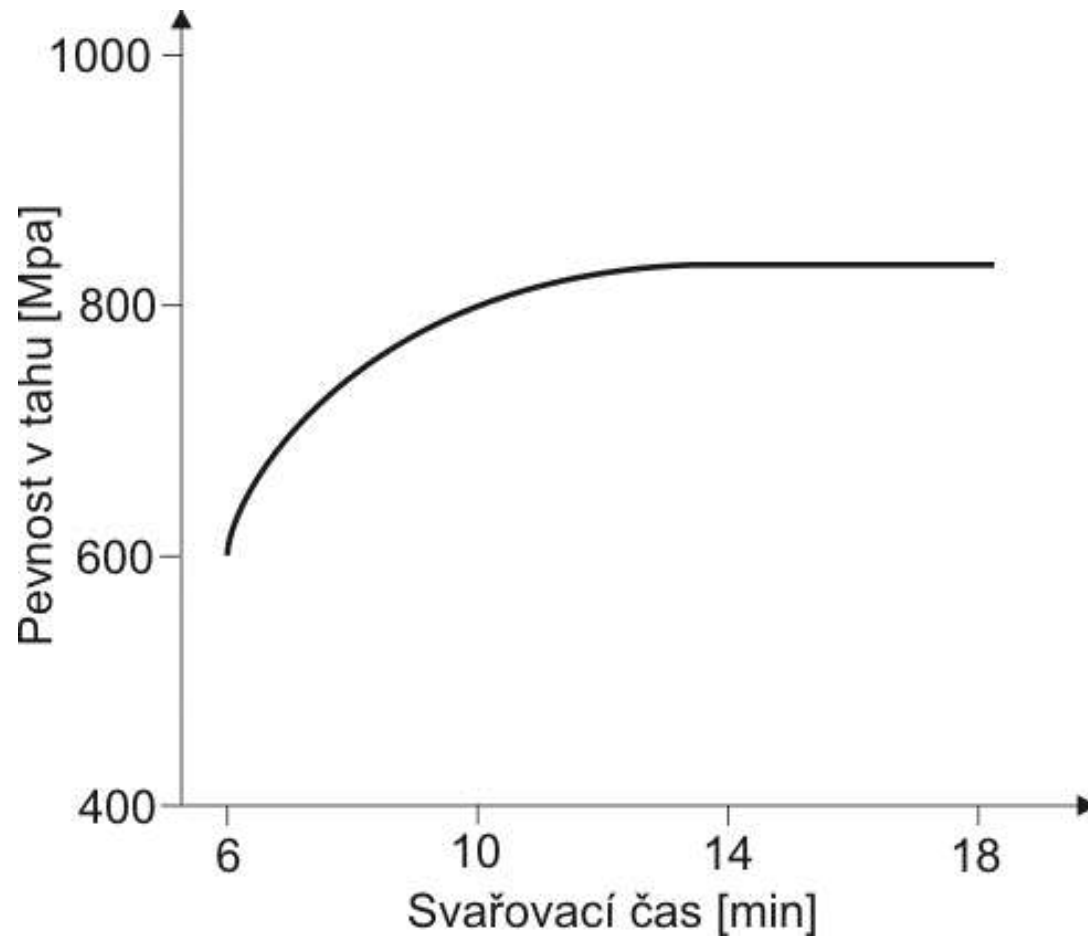
VLIV TLAKU NA DIFUZNÍ SVAŘOVÁNÍ



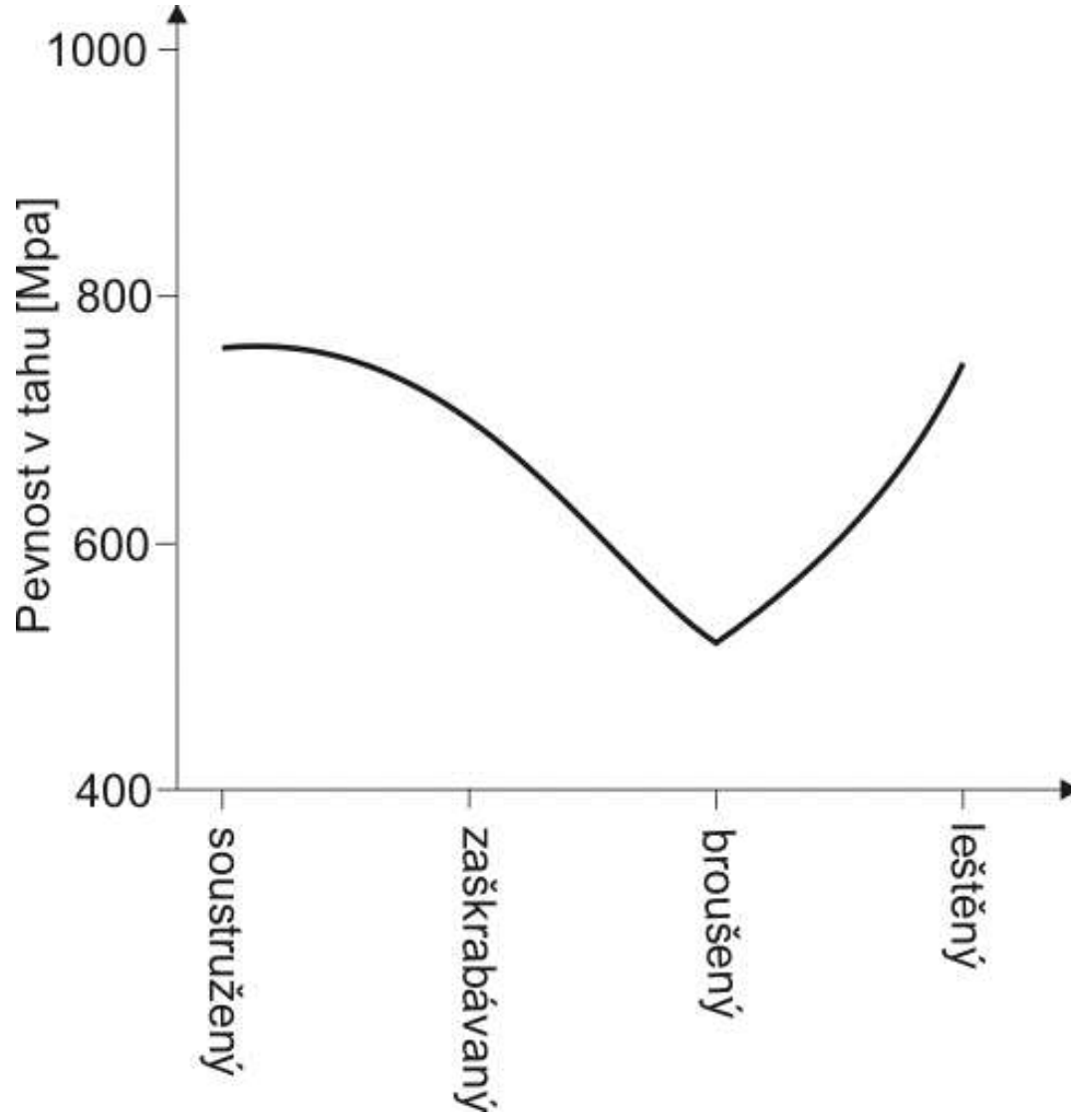
VLIV OKOLNÍ ATMOSFÉRY



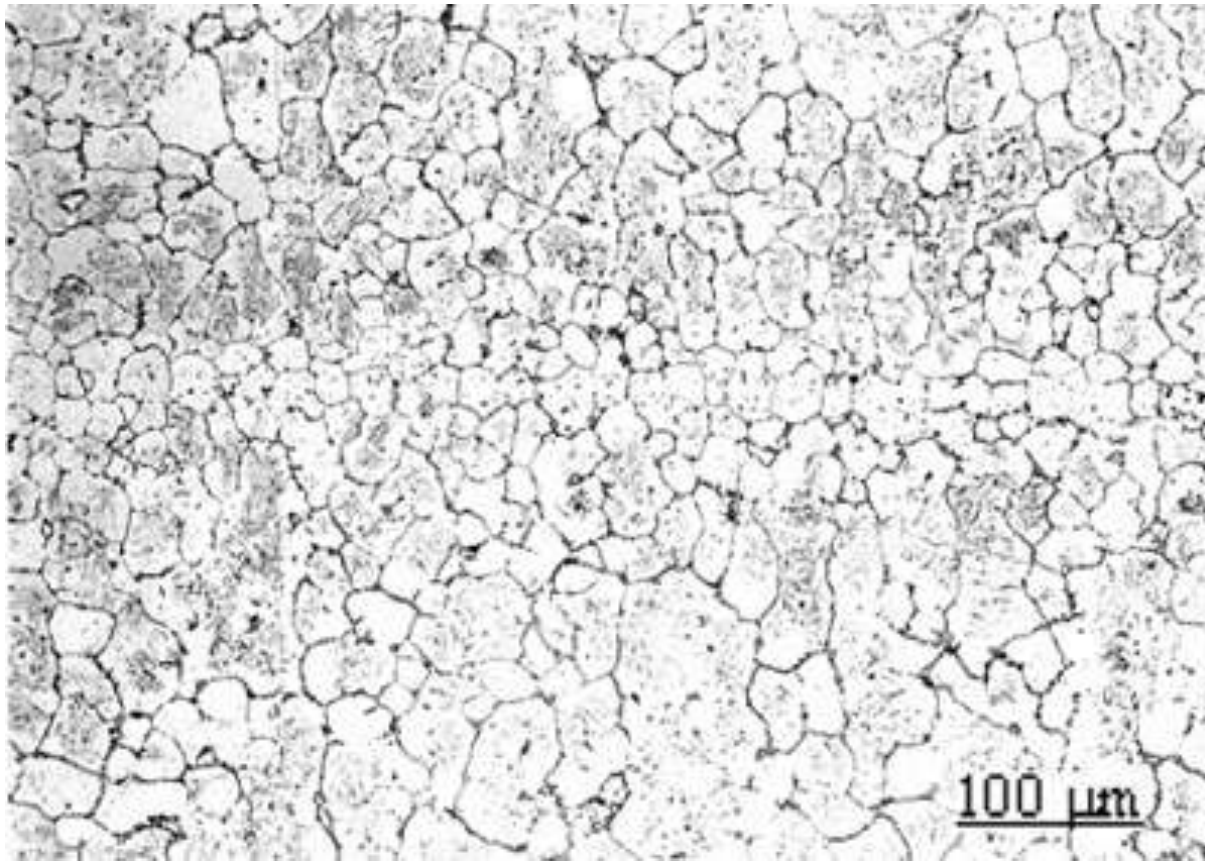
VLIV SVAŘOVACÍHO ČASU



VLIV KVALITY POVRCHU



MIKROSTRUKTURA SPOJE **Ni** SLITINY



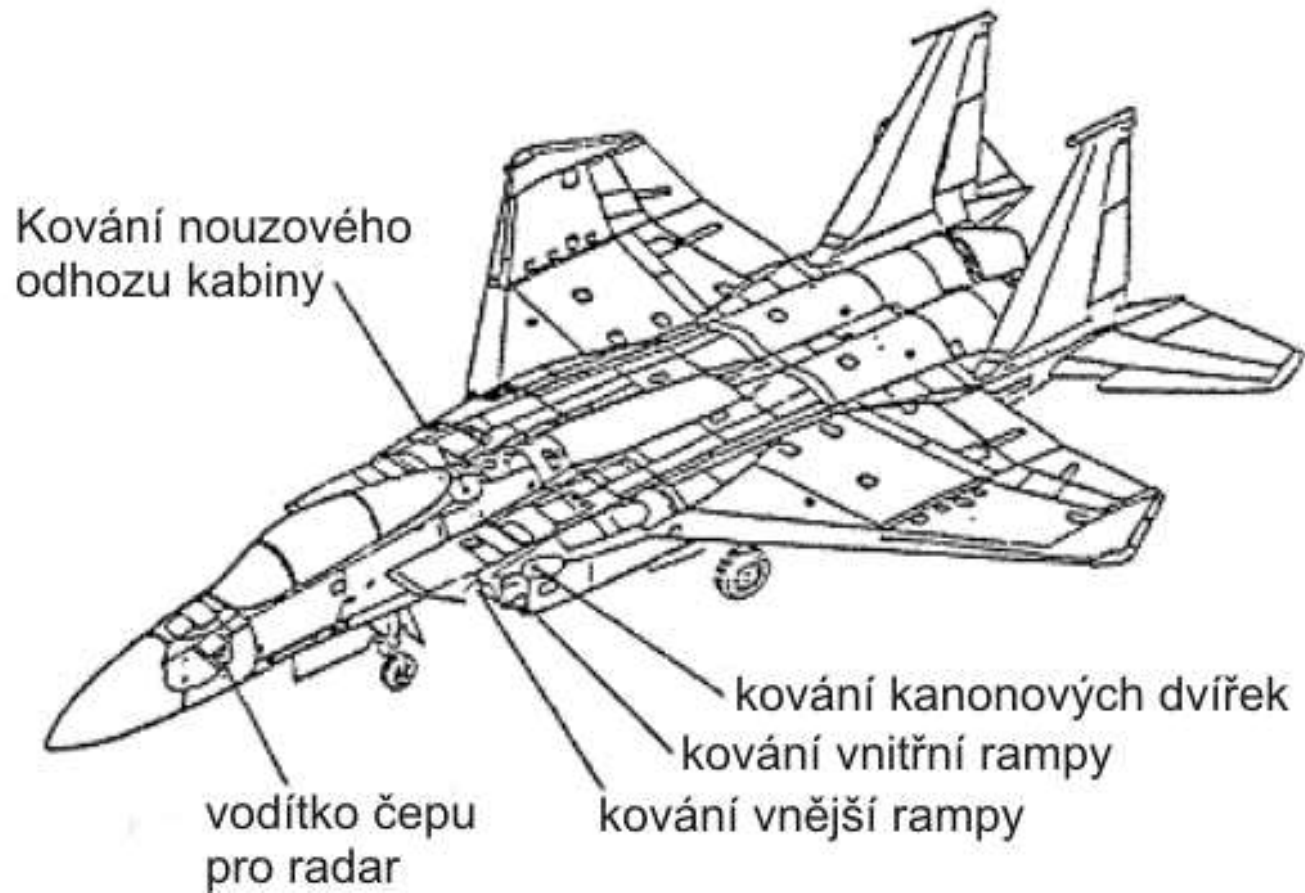
PŘÍKLADY SVARŮ



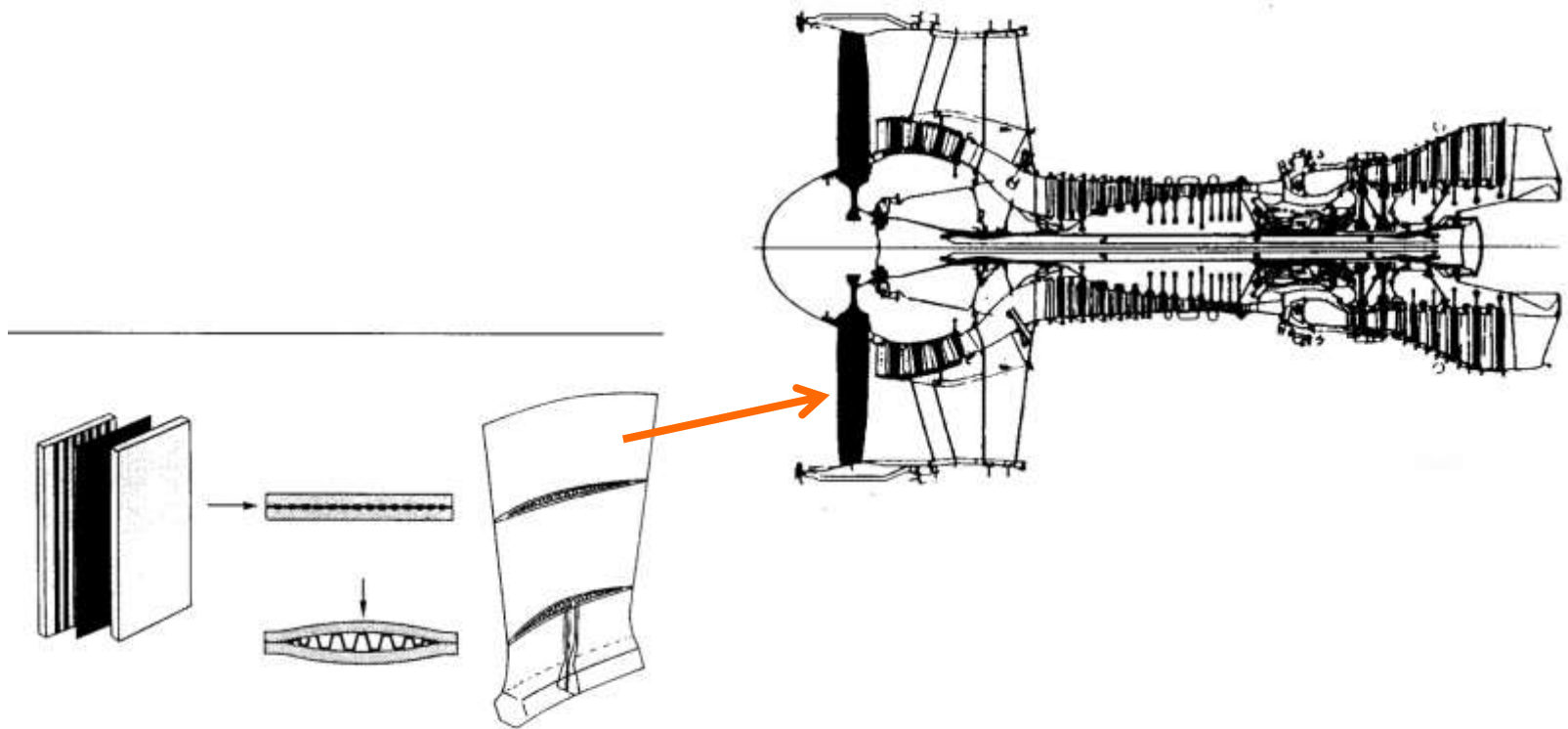
PŘÍKLADY SVARŮ



PŘÍKLADY SVARŮ

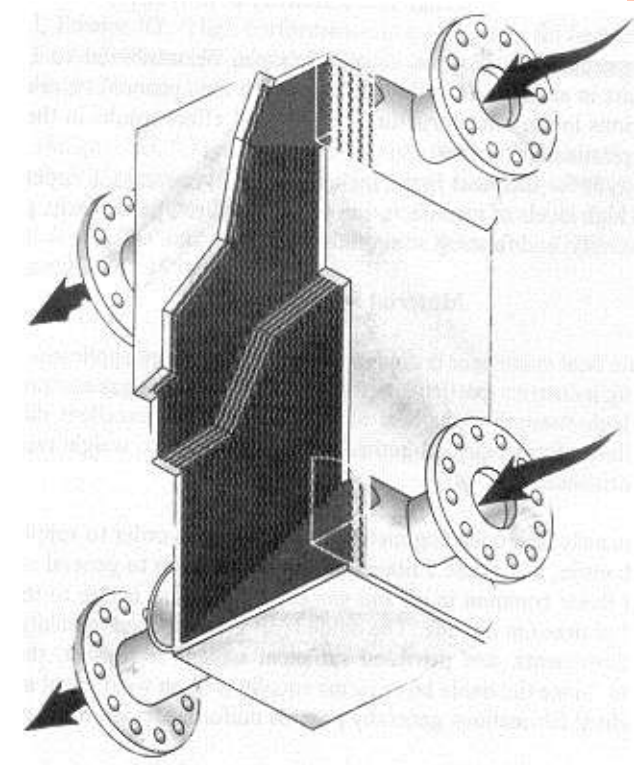
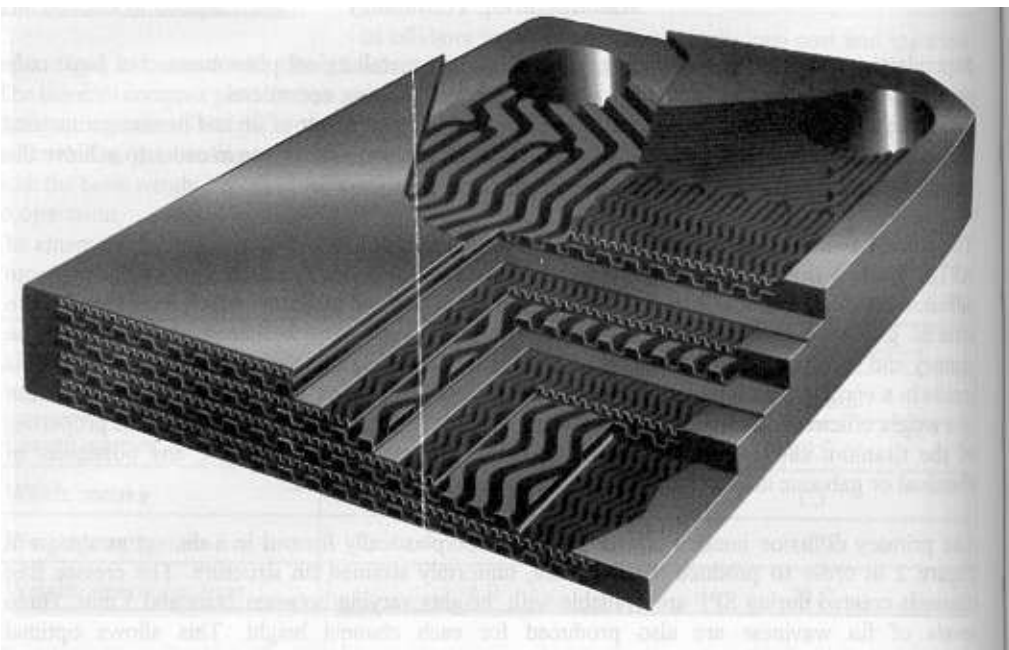
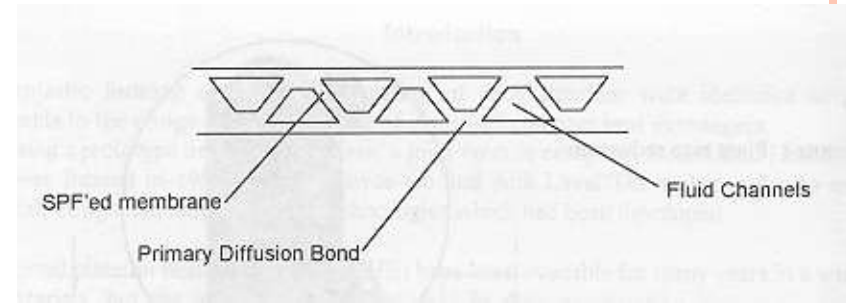
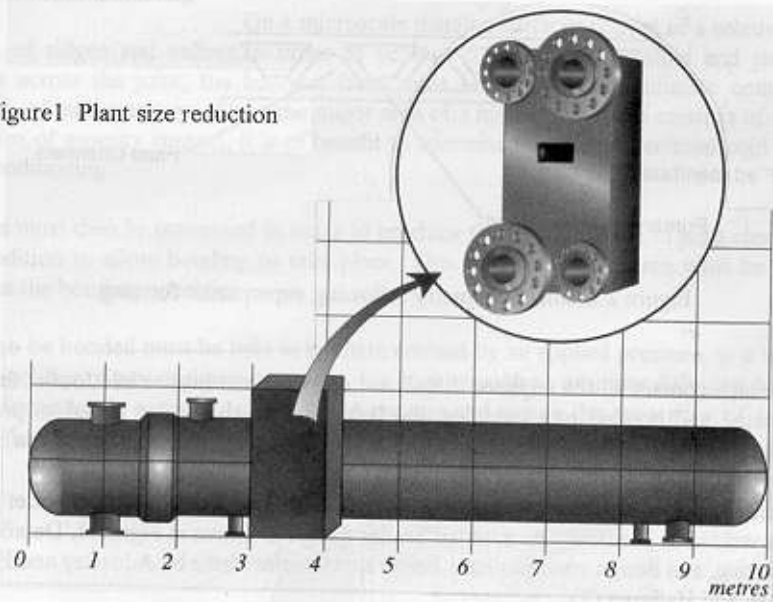


PŘÍKLADY SVARŮ – PROUDOVÝ MOTOR



Výměník tepla Alfa Laval

Figure1 Plant size reduction



VÝHODY A NEVÝHODY METODY

- Lze svařovat velmi tenké součásti s tlustými
- Kov se netaví (odpadají problémy s licí strukturou)
- Nejsou potřebné tavidla nebo ochranné atmosféry
- Odpadá mechanické opotřebování po svařování
- Spoj neobsahuje oxidy ani strusku
- Součásti se nedeformují (v optimálních podmínkách)
- Menší TOO oproti tavnému svařování
- Kvalita spoje nezávisí na lidském faktoru
- Rozměry svařence omezeny velikostí vakuové komory
- Investiční náklady jsou drahé kvůli hydraulice a vakuové aparatuře
- Delší svařovací časy
- Náročnější a nákladnější úprava svarových ploch

