

Svařování třením

- Princip a typy svařování třením
- Svařovací postup
- Fyzika tření
- Parametry a průběh svařovacího procesu
- Svařovací zařízení
- Svařitelnost materiálů
- Výhody procesu

Princip

Spojení materiálů nastává při jejich promísení tlakem ve stavu plasticity do kterého se dostanou zvýšením teploty při vzájemném tření.

Třecí proces můžeme rozdělit na:

- Rotační
 - konvenční
 - setrvačnickový
- Kmitavý
- Orbitální

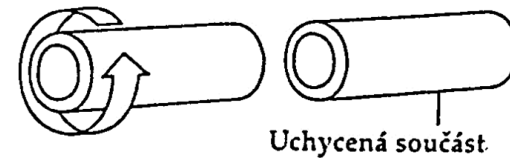
Svařovací postup

Při svařování třením lze odlišit dvě základní fáze procesu:

- **Třecí fáze.** Kinetická energie pohybu se třením mění na teplo. Ve fázi maximálního tření dosáhne v třecí zóně teplota 80 – 85% teploty tání svařovaného kovu (zóna má rozměry řádově jednotky mm). Třecím tlakem se oba povrchy zarovnají a začnou se deformovat, nastává hluboké vytrhávání povrchu při vzniku a zániku mikrosvarů)
- **Kovací fáze.** Externím tlakovou silou se oba materiály zahřáté v třecí fázi do plastického stavu vtlačí do sebe. Nastane jejich promísení a difuze. Dojde ke vzniku charakteristického výronku a k délkové deformaci.

Svařovací postup

1. Začátek svařování – jedna část je pevně upnuta a druhá rotuje



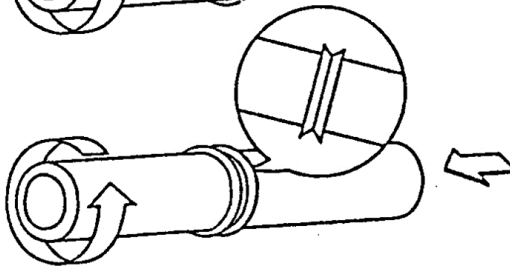
2. Počáteční kontakt svarových ploch při ztížení axiální silou



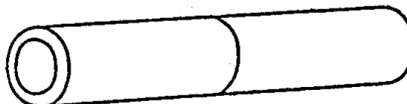
3. Dosažení svařovacího tlaku, výrazný vývoj tepla na kontaktních plochách



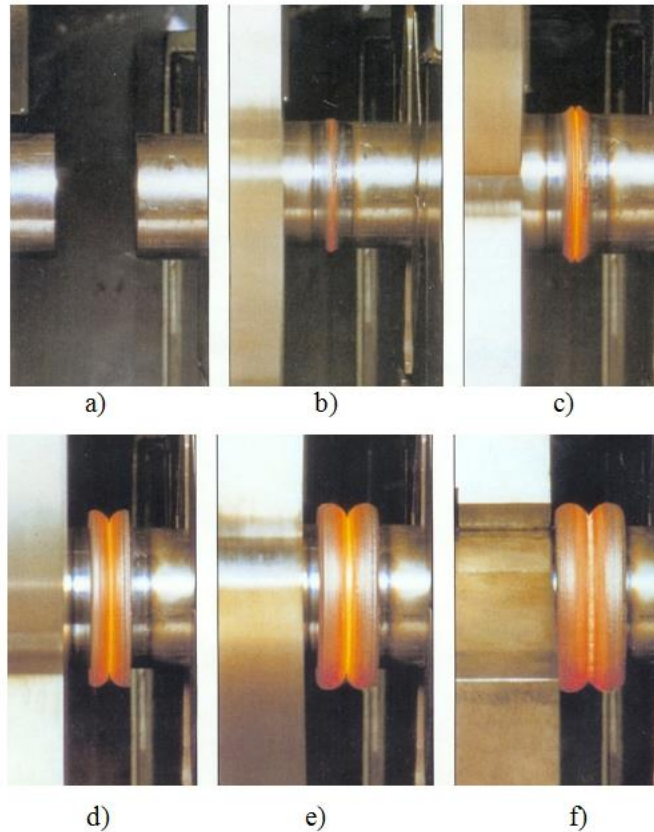
4. Zastavení rotace se zvýšením měrného tlaku na kovací hodnotu



5. Konec svařování – relaxace svarového spoje



Svařovací postup



Obr. č. 4.1 Třecí svařování 2 rotačních součástí – princip vzniku [9]

- a) Začátek svařování – jedna součást je pevně upnuta a druhá rotuje.
- b) Počáteční kontakt svarových ploch při zatížení axiální silou.
- c) Dosažení svařovacího tlaku
- d) Výrazný vývoj tepla na kontaktních plochách
- e) Teplota na kontaktní ploše dosahuje až 75% teploty tavení
- f) Zastavení rotace se zvýšením měrného tlaku na kovací hodnotu.

Fyzika tření

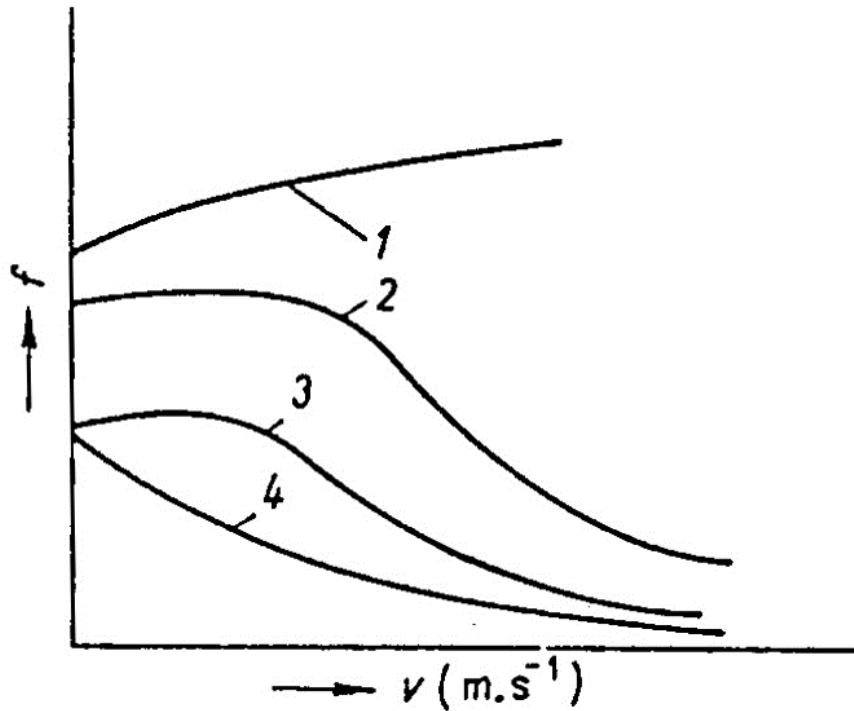
Vliv na tření má:

- Množství oxidů na povrchu (snižují tření)
- Geometrie povrchu (makroskopická)
- Drsnost povrchu

Rozhraní	Součinitel tření statický	Součinitel tření dynamický
ocel-ocel	0,15	0,10
Ocel-bronz (suchá)	0,18	0,16
Ocel-bronz (mazáno)	0,10	0,01
ocel-led	0,027	-
pryž -beton	0,75	-

Fyzika tření

Závislost součinitele tření na rychlosti



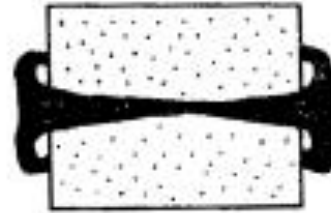
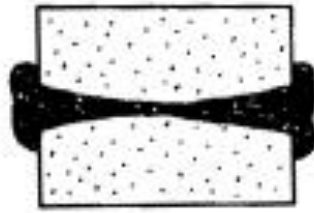
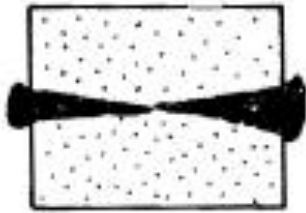
- 1 – nízký přítlak
- 2,3 – střední přítlak
- 4 – vysoký přítlak

Parametry svařovacího procesu

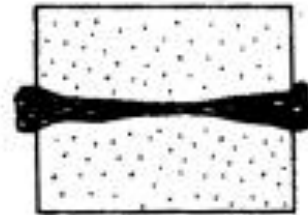
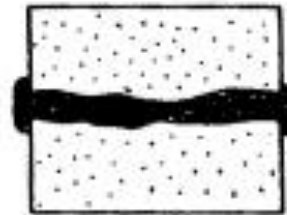
- Rychlost relativního pohybu svařovaných dílců navzájem
- Třecí tlak
- Třecí čas
- Kovací tlak
- Kovací čas
- Délka stlačení

Vliv parametrů na výsledný spoj

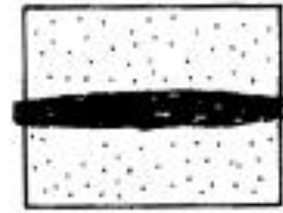
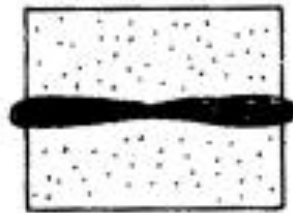
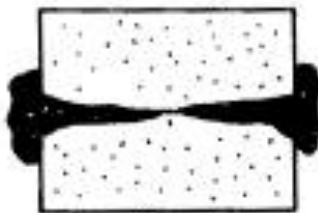
ENERGIE



TLAK



RYCHLOST



nízká

střední

vysoká

Doporučené závislosti

Relativní rychlost otáčení

d - průměr dílů [mm]

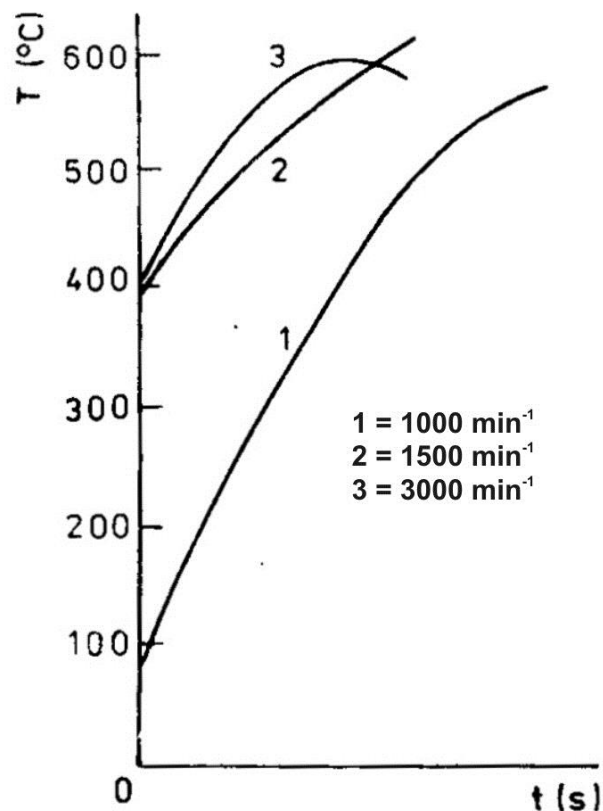
n – otáčky [min^{-1}]

- ocel: $nd = (1,2 \div 6,0) \cdot 10^4$
- měď: $nd = (4,0 \div 4,5) \cdot 10^4$
- titan: $nd = (8,0 \div 10) \cdot 10^4$

Rozsah tlaků

- třecí tlak p_t 10 – 80 MPa
 - kovací tlak p_k 20 -150 MPa
- $P_k / p_t \approx 2$

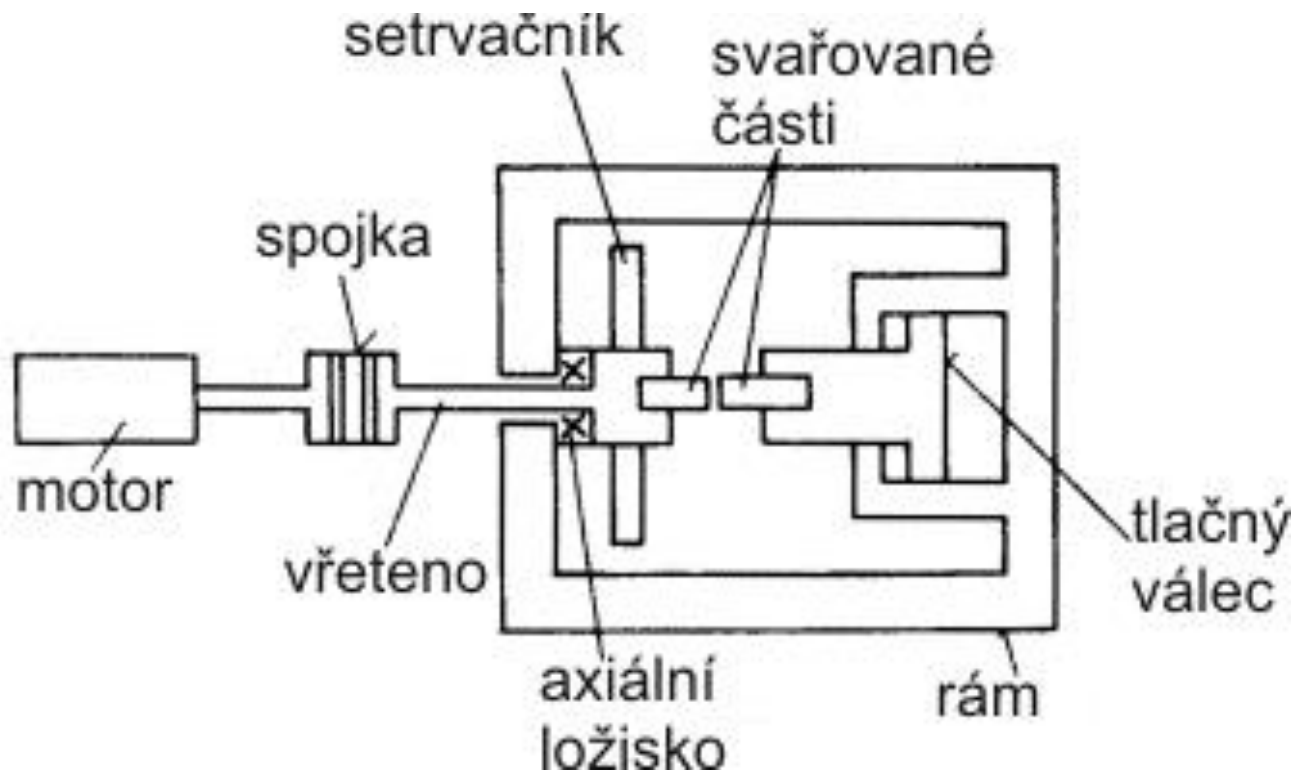
Třecí čas



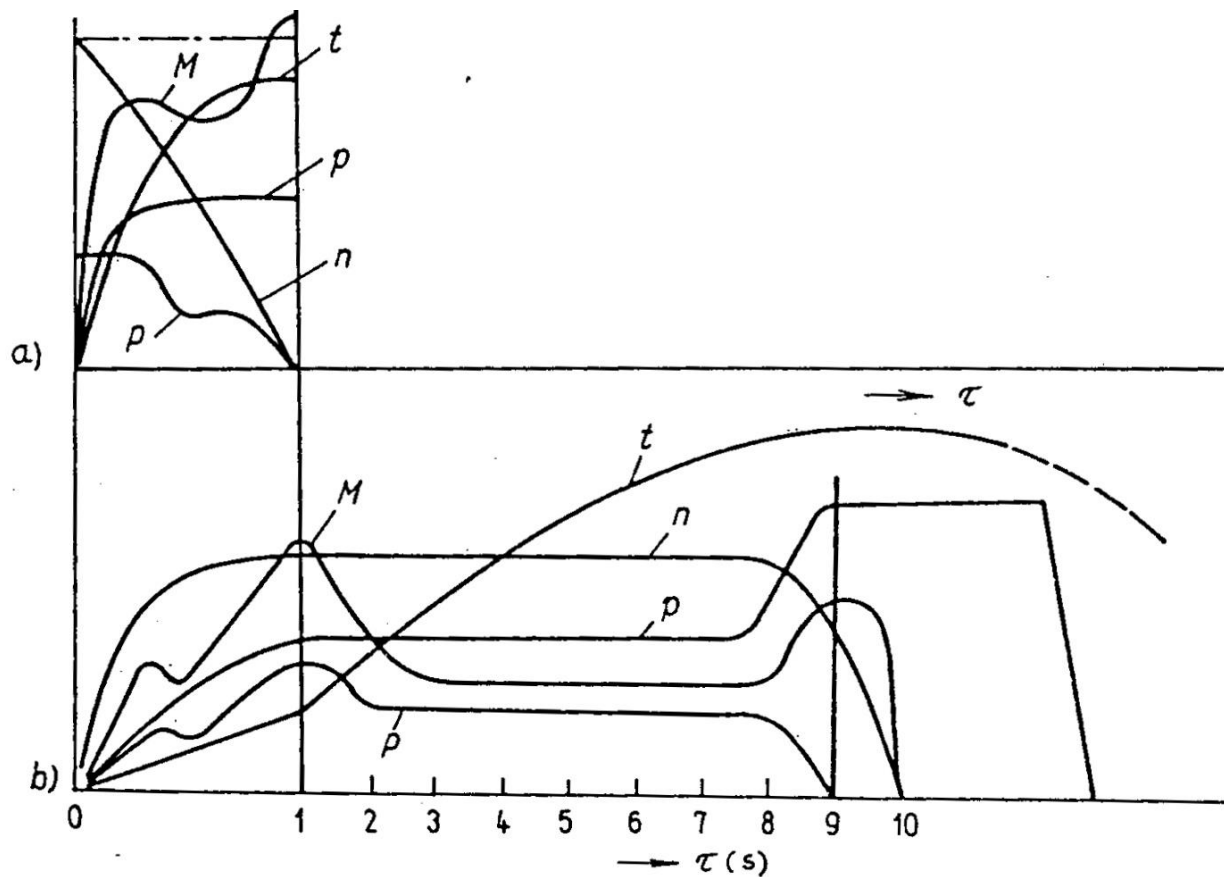
Kovací čas

$$t_k = 0 \div 3 \text{ s}$$

Schéma zařízení pro třecí svařování



Průběh svařovacího procesu



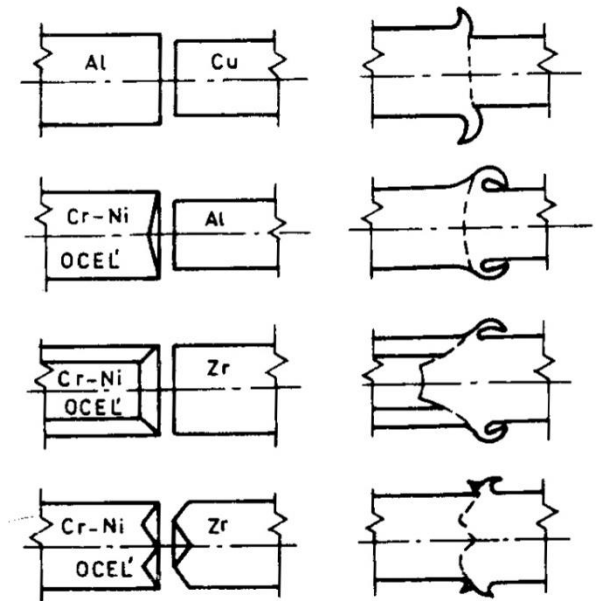
M – třecí moment
T – teplota
N – výkon
 ρ – tlak
n - otáčky

a – setrvačnickové sv.
b - konvenční rotační sv.

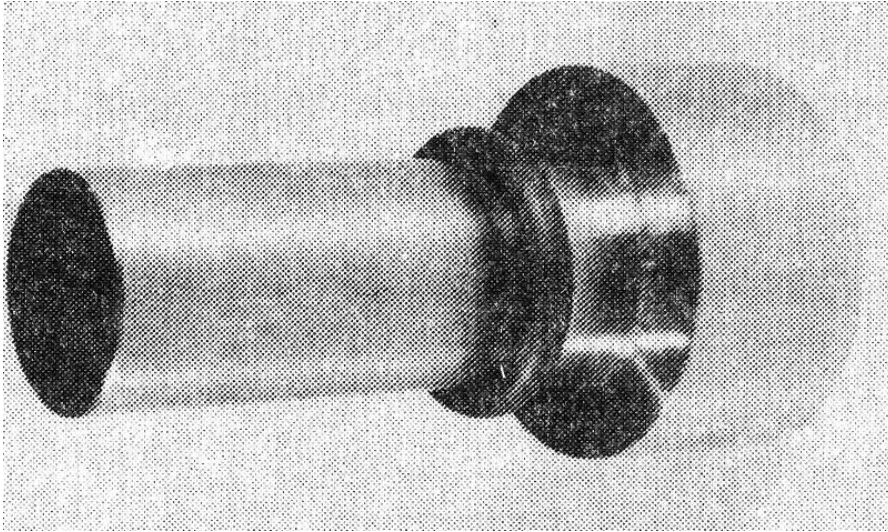
Svařování kombinovaných materiálů

Problém je při svařování materiálů s různými mechanickými a termofyzikálními vlastnostmi. Při svařování je potřebné vytvořit podmínky pro symetrické stlačení obou materiálů. Řešení jsou následující:

- Průměr dílů z měkčího materiálu volit o 15 ÷ 20% větší
- Vhodně upravit geometrii svarových ploch
- Předehřát materiál s vyšší pevností externím zdrojem
- Použít oporný přípravek u měkčího materiálu
- Regulovat průběh takového svařovacího cyklu



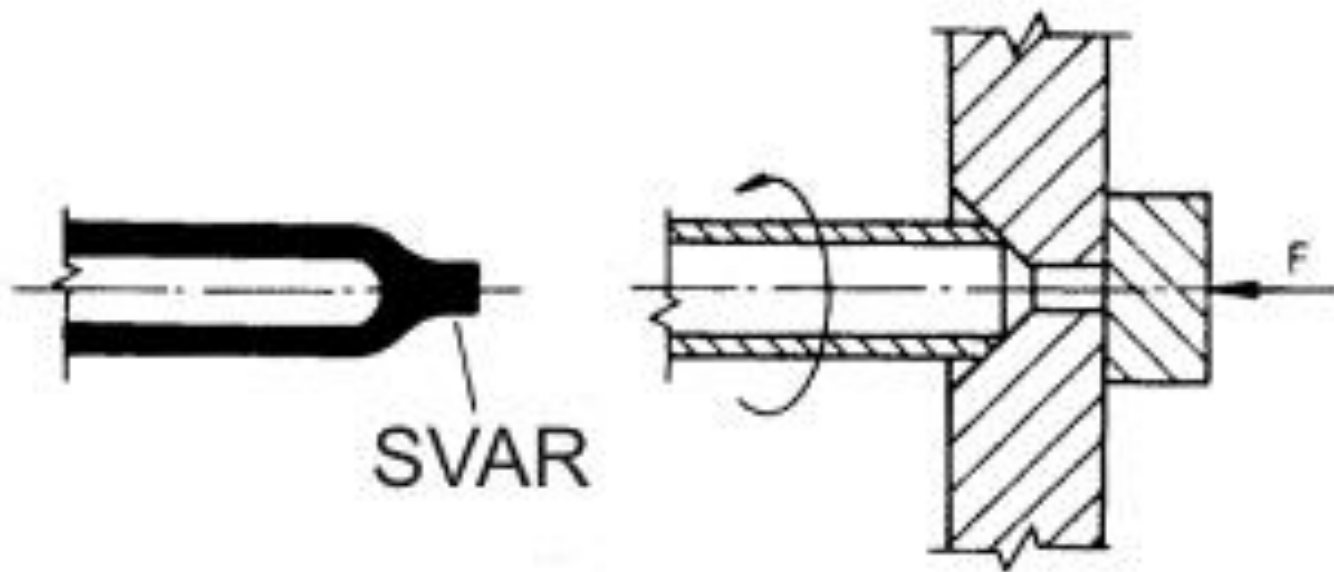
Příklad 1



Hřídel chemického čerpadla
11 600 + 17 246



Příklad 2



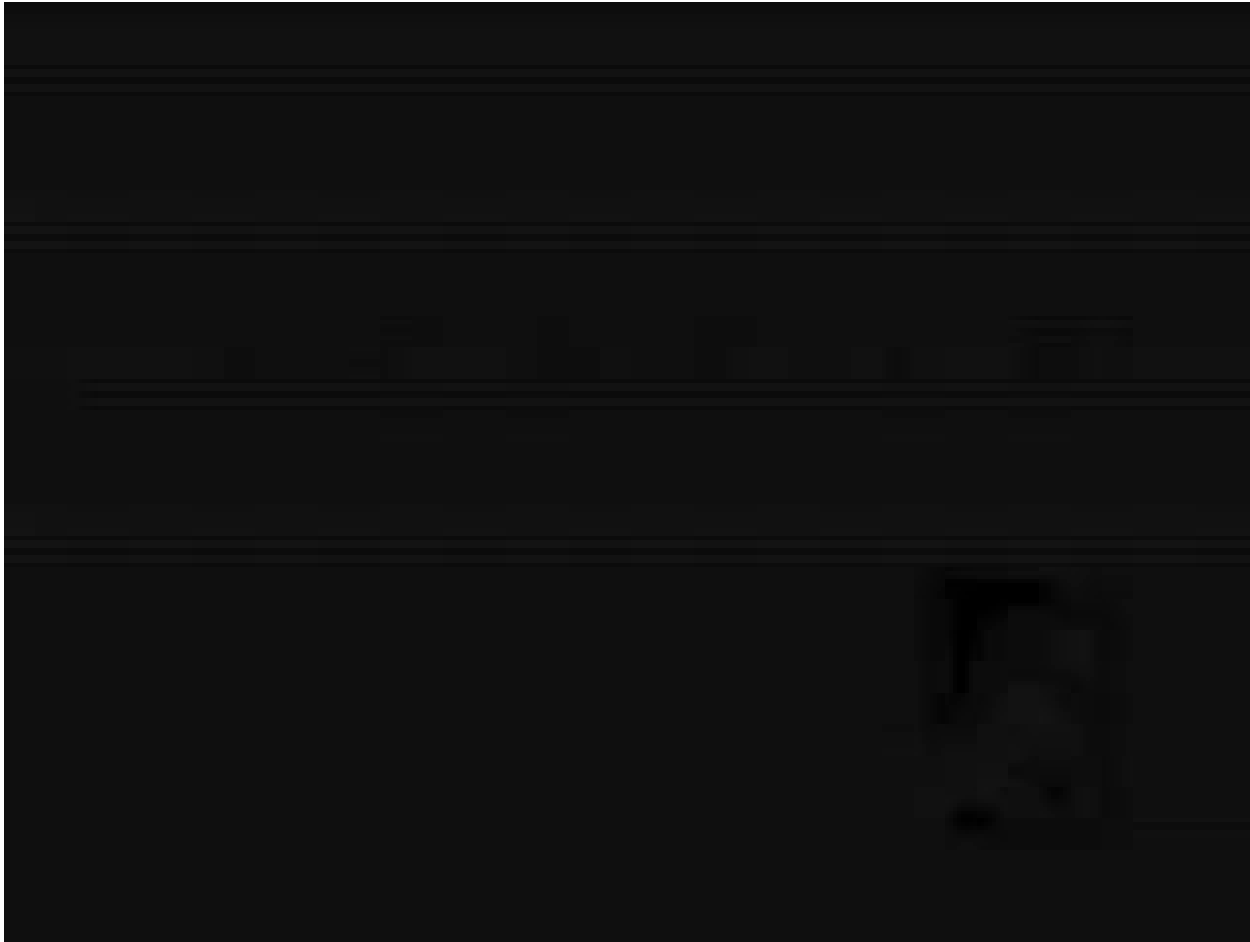
Praktické ukázky 1



Praktické ukázky 2



Svařování třením vrtné tyče



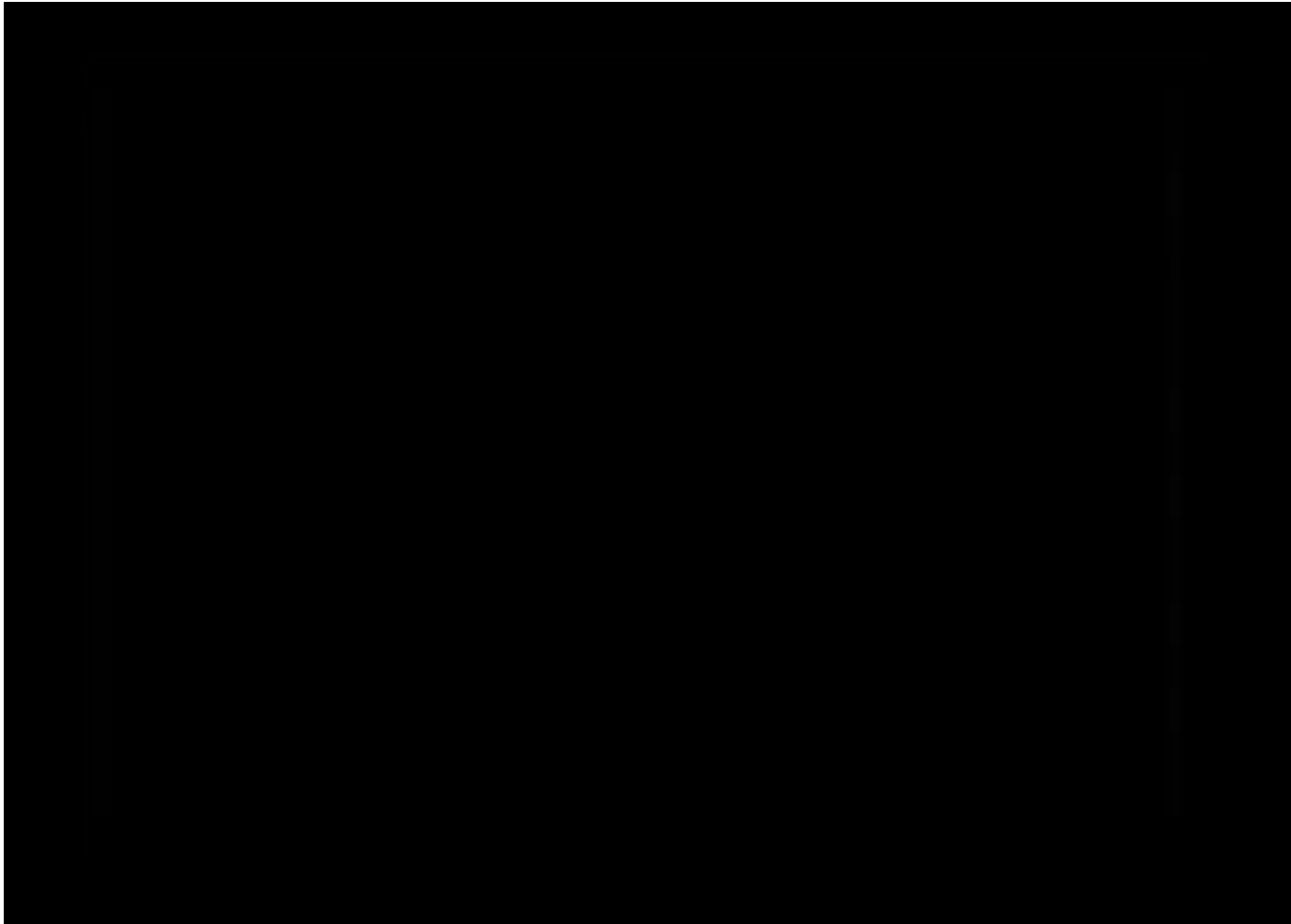
Svařování tření poloosy



Svařování třením hydraulického pístu

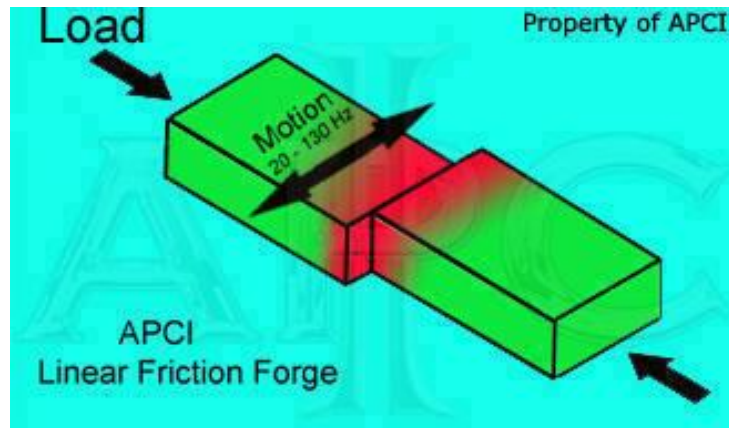


Svařování třením inerciální metodou

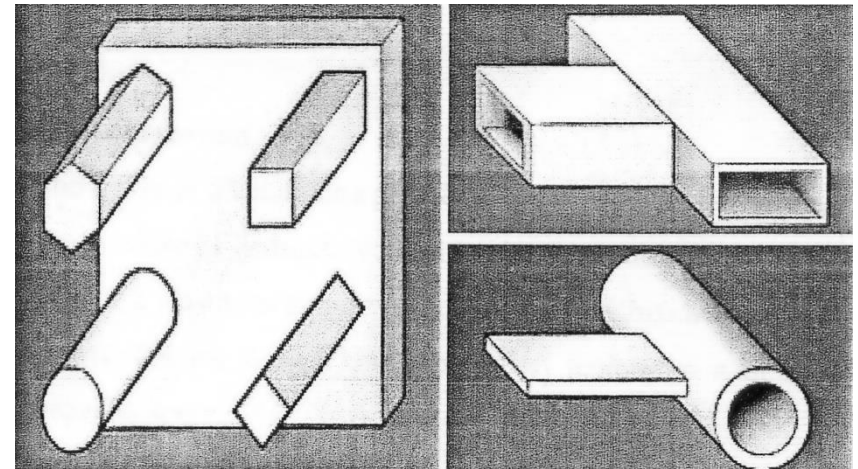


Třecí svařování kmitavým pohybem

Princip

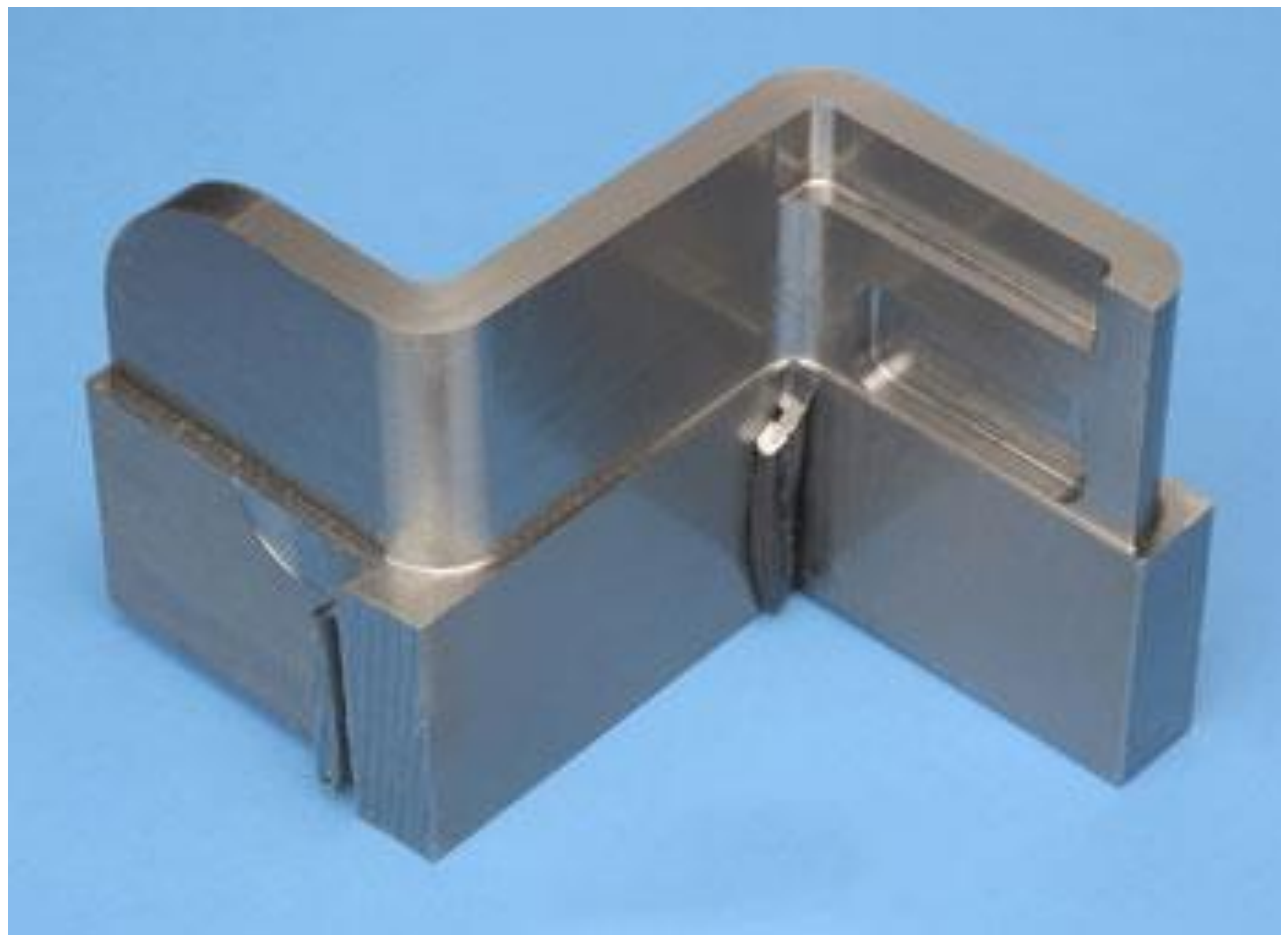


Příklady



- lze svařovat nerotační díly
- pohyb docílen hydraulicky
- amplitudy do 3 mm
- Frekvence 25 – 125 Hz

Příklad svařování kmitavým pohybem



Stroje pro svařování kmitavým pohybem



W o r l d

Výhody svařování třením

- Ohřev svařovaných materiálů probíhá v úzké zóně
- Nedochozí k vypalování legur
- Základní materiály se netaví, nevznikají trhliny zatepla
- Po svaření dochází k zjemnění zrna
- Použitelné pro široké spektrum i různorodých materiálů, které se nedají svařit klasickým způsobem
- Vlivem termomechanického způsobu zpracování ve svařovacím procesu vykazuje spoj zpravidla velmi dobré mechanické vlastnosti
- Oproti jiným způsobům svařování spotřebuje tento proces menší množství elektrické energie

Fakta o svařovacím procesu

- Při svařovacím procesu se ohřívá velmi malá část materiálu přímou a rychlou přeměnou mechanické energie v tepelnou. Energetické požadavky procesu jsou oproti jiným svařovacím metodám velmi nízké.
- Svařování probíhá za nepřístupu vzduchu ke stykovým plochám svaru, které jsou vlivem třecího procesu naprosto čisté (hraniční krystalové plochy se k sobě mohou dobře přiblížit a meziatomární síly pak zaručí dobrou jakost svaru)
- Strojní zařízení je jednoduchá a proces se dá dobře automatizovat
- Dolní hranice svařitelných průměrů je cca 3 mm, horní hranice závisí spíše na celkové ekonomii.