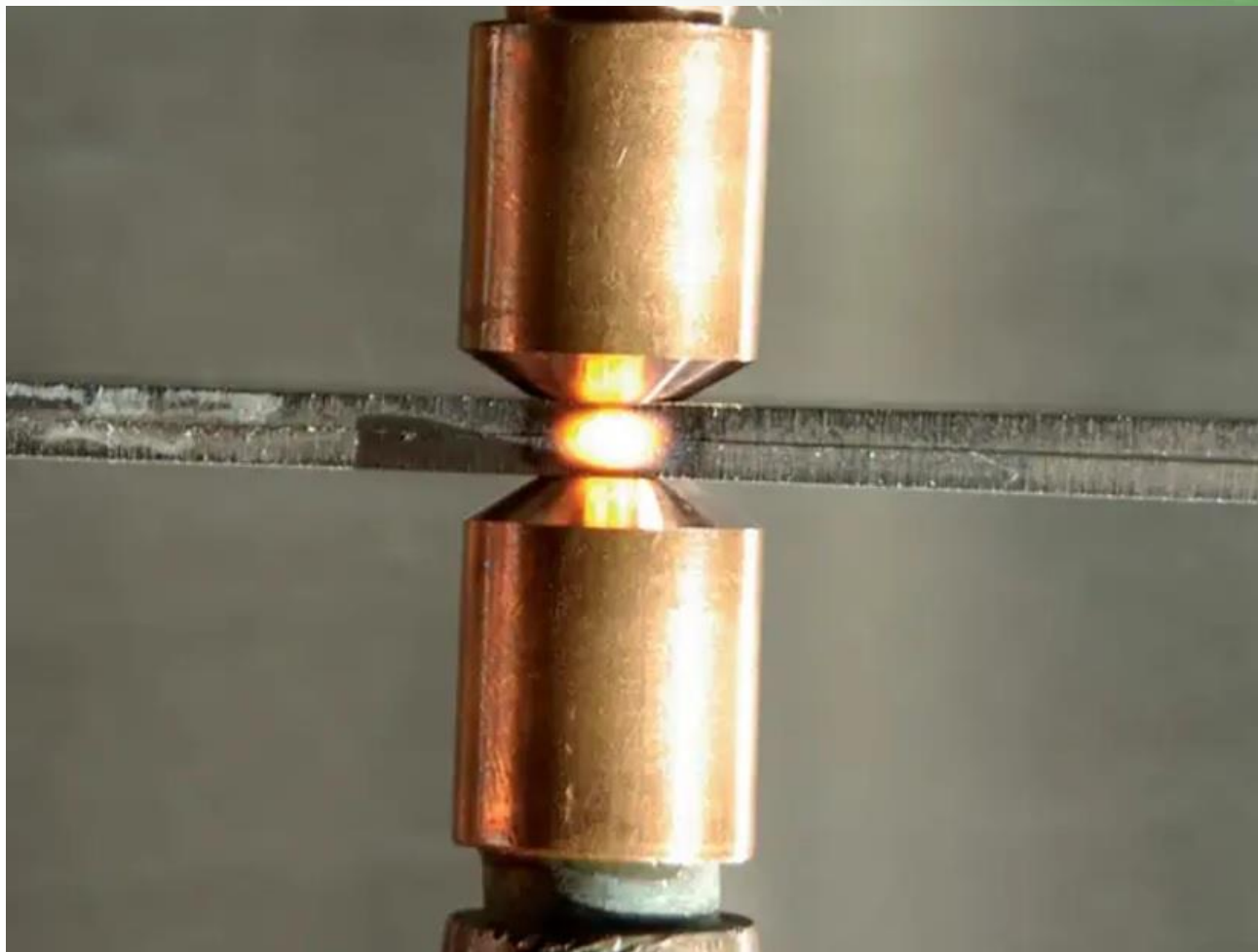


# Svařování elektrickým odporem



*doc. Ing. Jaromír MORAVEC, Ph.D.*

*Ing. Martin Švec, Ph.D.*

*Ing. Šárka Bukovská*

# Svařování elektrickým odporem

Tato technologie patří do skupiny svařování s využitím **tepla a tlaku**. Svar vzniká místním natavením spojovaných materiálů, při **současném působení** **přítlačné síly**, která přiblíží a udrží spojované materiály na takových vzdálenostech, při kterých začnou působit meziatomové vazby.

Teplo potřebné k natavení materiálu vzniká **při průchodu svařovacího proudu v místě s největším elektrickým odporem** (odtud název metody svařování). Používají se proudy vysokých hodnot (**6 až 40 kA**) a poměrně nízká napětí v rozmezí od **5 do 15V**. Množství tepla vzniklého průchodem proudu je dáno **Joule – Lenzovým zákonem**:

$$Q = R \cdot I^2 \cdot t \quad (J)$$

Kde: I - je protékající proud (A)

R- elektrický odpor ( $\Omega$ )

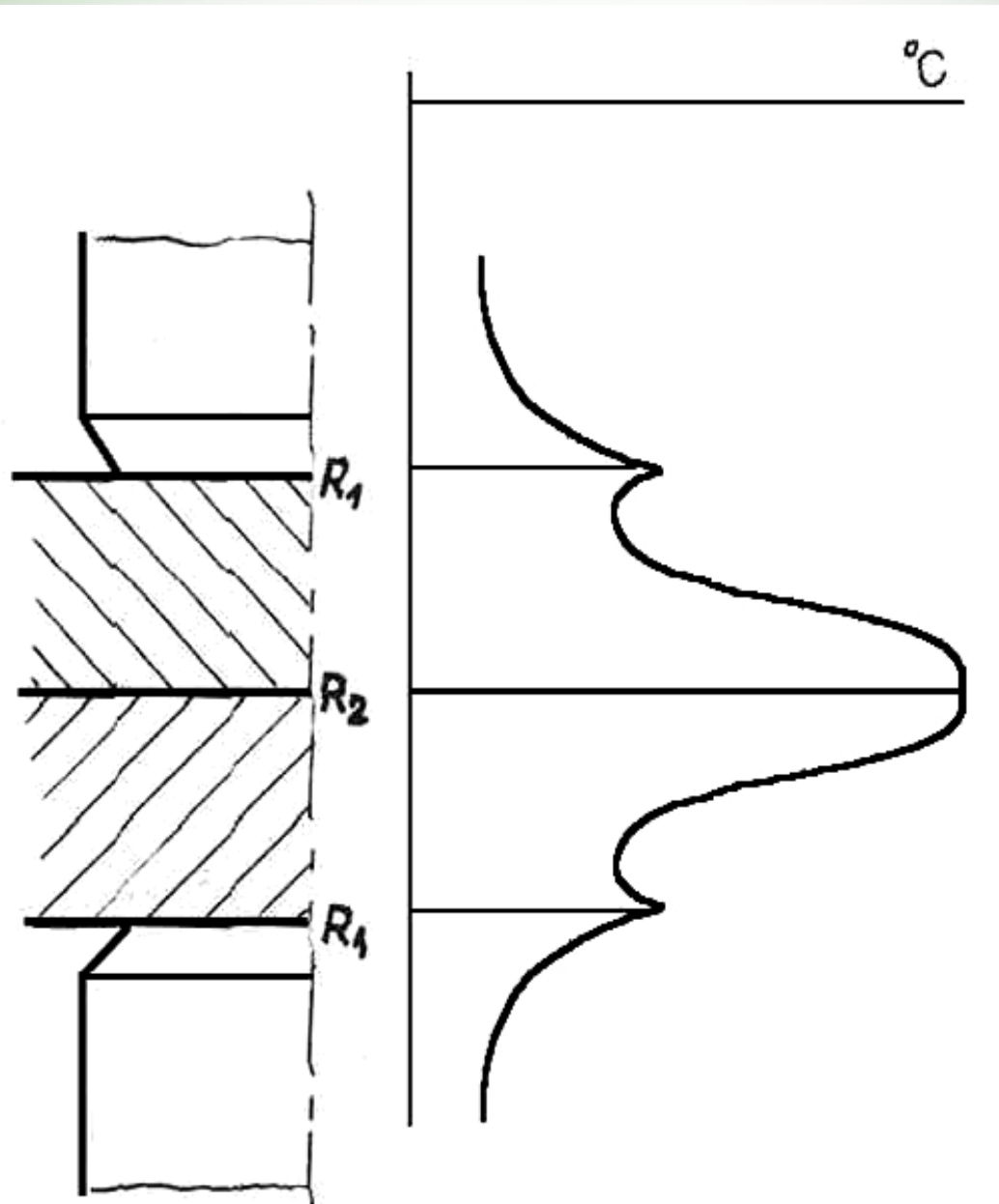
t - doba průtoku proudu (s)

Protože veškeré parametry jsou proměnné v čase, je lépe tento zákon zapsat v následujícím tvaru:

$$dQ = R(t) \cdot I^2(t) \cdot Dt$$

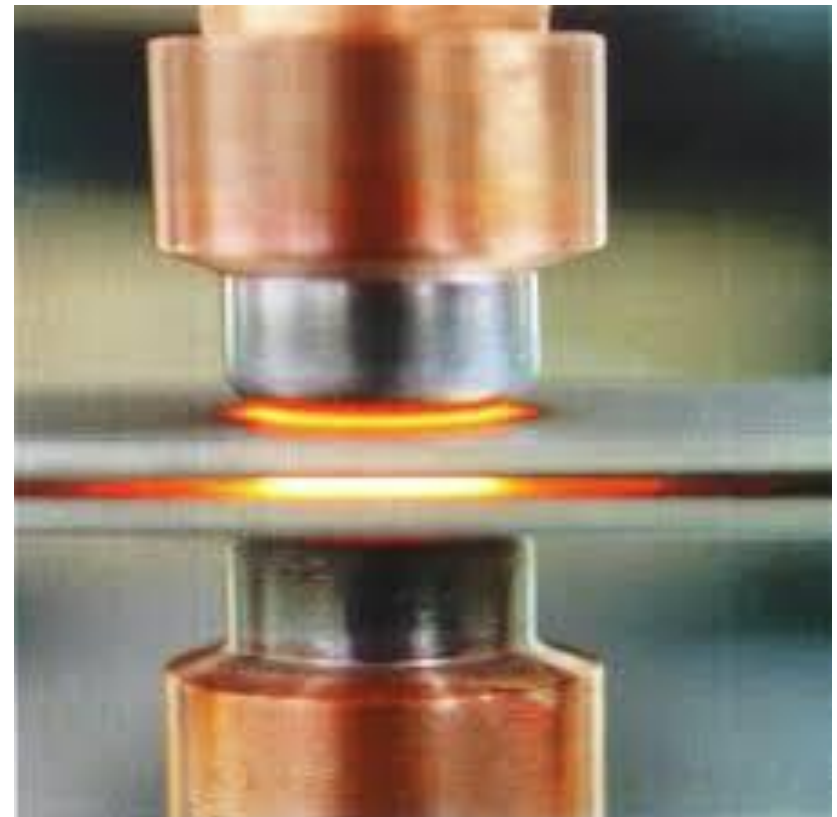
**Hlavní procesní parametry: F – síla, I – proud, t – čas**

# Průběh teploty



Celkový odpor svarového spoje je dán součtem přechodových odporů a také odporů svařovaných materiálů.

V místě, kde je přechodový odpor největší, se proto vyvine největší množství tepla (Joule-Lenzův zákon) a za působení tlaku vznikne bodový svar.



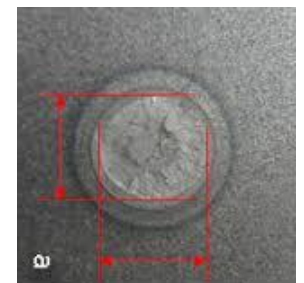
# Svařovací režimy

Při svařování elektrickým odporem rozeznáváme dva základní druhy svařovacích režimů:

**Měkký svařovací režim** – který používá nižší svařovací proudy, nižší přitlačné síly a dlouhé svařovací časy.

**Tvrký svařovací režim** – který využívá vysokého svařovacího proudu, vyšších hodnot přitlačné síly a velmi krátkého svařovacího času.

V praxi se zpravidla více využívají tvrdé svařovací režimy, protože se díky nim podstatně zvyšuje produktivita práce (o 80 až 85%) oproti měkkému režimu. Také deformace jsou menší, neboť tenzotermický vliv na základní materiál je minimální, takže odpadají náklady na rovnání po svařování. Také mechanické vlastnosti spoje jsou lepší, protože ve spoji vzniká jemnozrnná struktura. Největší nevýhodou jsou tak zřetelnější stopy po elektrodách.

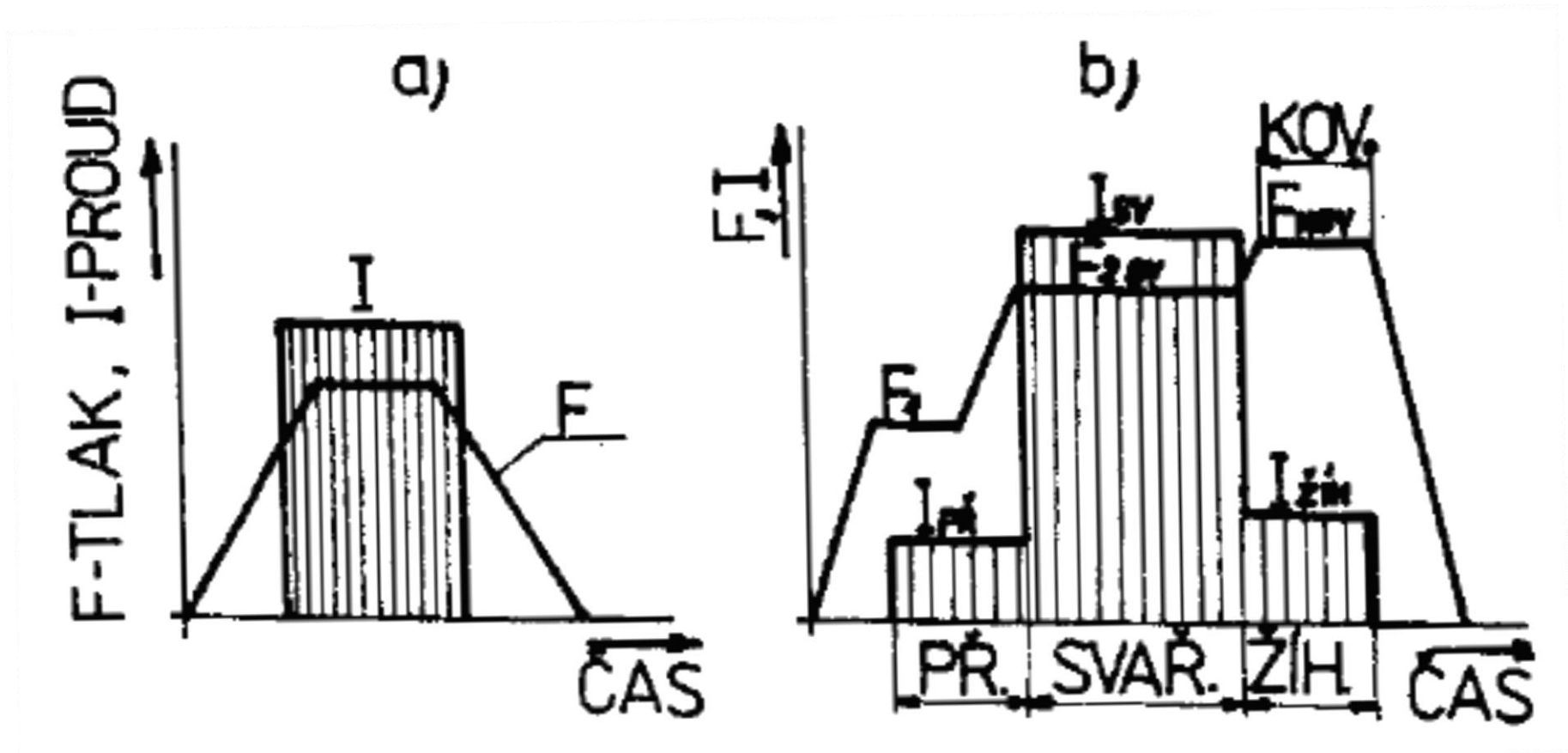


# Svařování elektrickým odporem

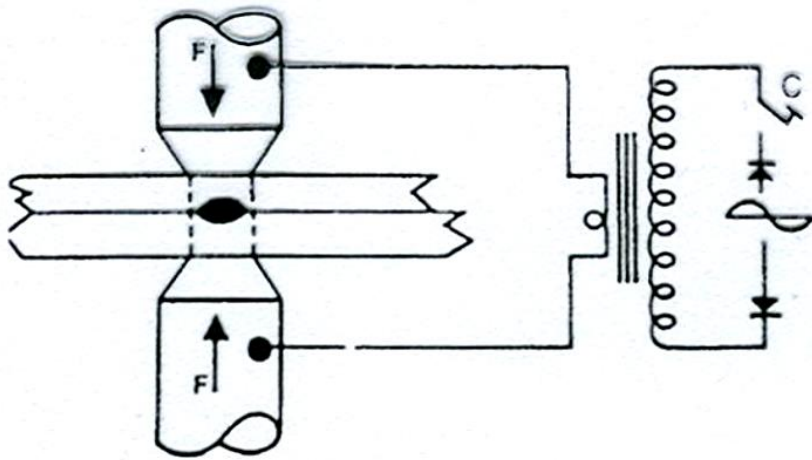
Svařovací tlak a proud probíhají v určité časové závislosti, v tzv. svařovacím cyklu.

Nejjednodušší svařovací cyklus (obr. a) se používá pro svařování uhlíkových ocelí.

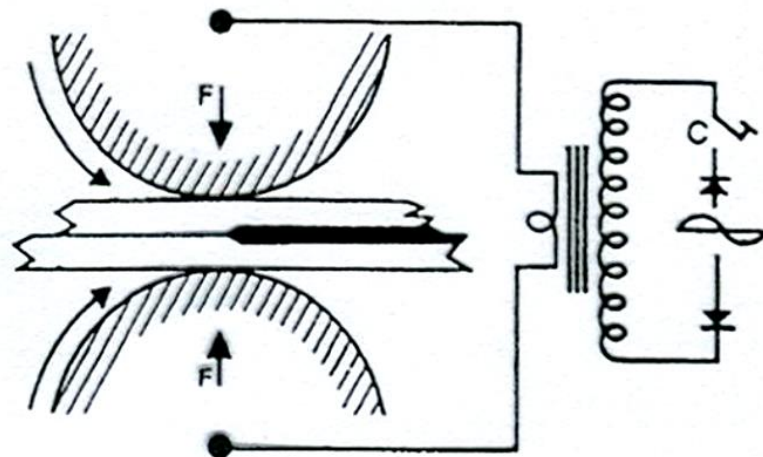
Pro legované oceli se používá cyklus (obr. b), protože je u těchto materiálu vhodný „pozvolnější“ ohřev. Proto je kromě vlastního svařování aplikován ještě předehřev a dohřev.



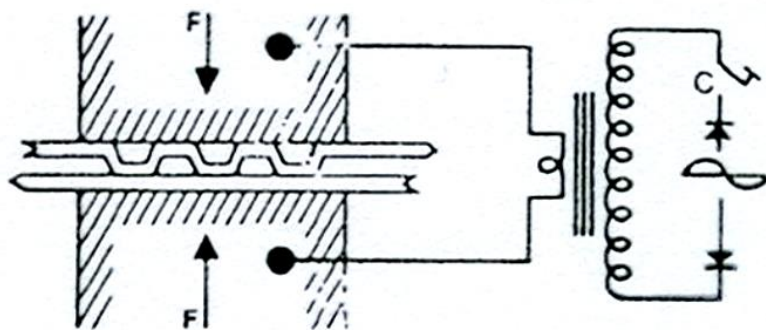
# Schéματα jednotlivých metod



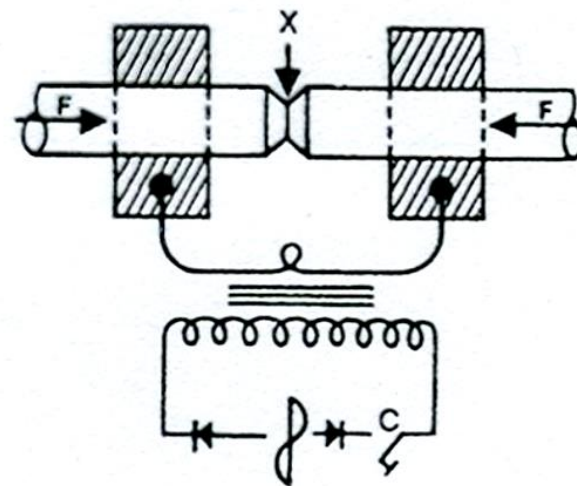
a)



b)



c)

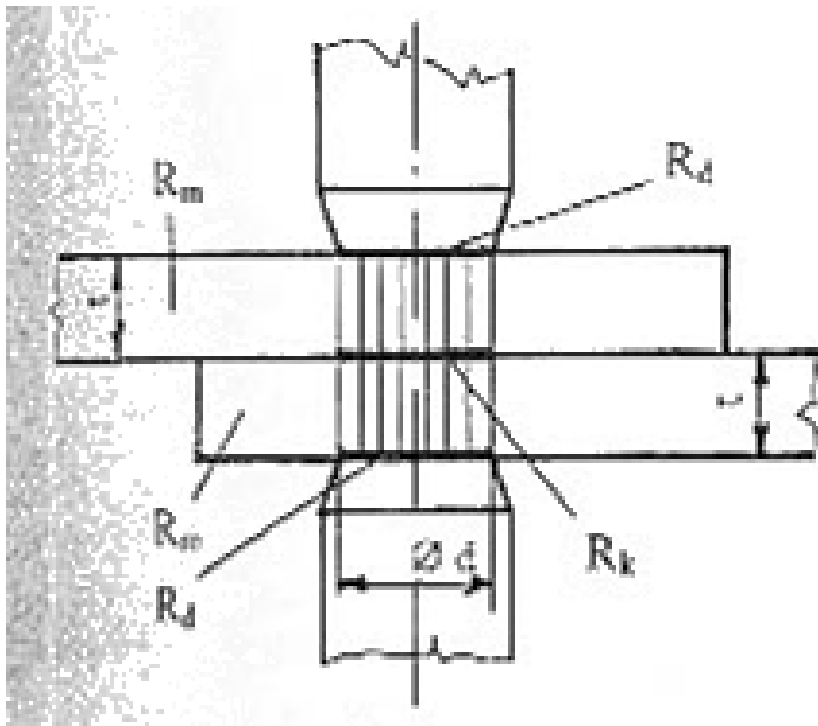


d)

# Svařování elektrickým odporem - bodové

**Bodové svařování** – nejpoužívanější druh odporového svařování. Svařují se zpravidla plechy tloušťky (0,4 až 5 mm), ale mohou být svařovány i větší tloušťky (vše záleží na svařovaném materiálu a jeho tepelné vodivosti).

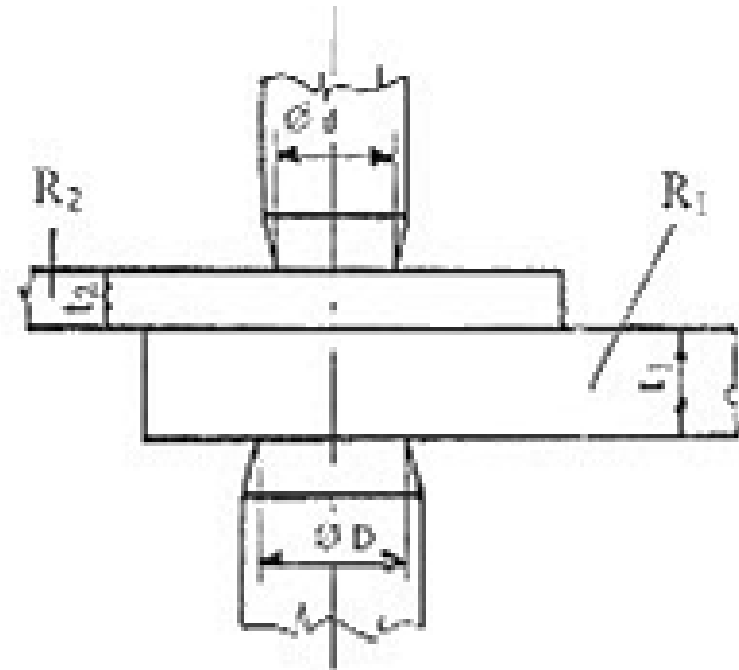
Na základě Joule – Lenzova zákona vzniká teplo především v přechodových místech. V tomto místě dojde k natavení plechů a za působení tlaku k jejich spojení. **Po uplynutí nastavené doby se proud vypne, ale tlak působí až do schladnutí svaru.** Povrch plechů musí být bez rzi a oleje, proto se mechanicky nebo chemicky čistí.



$$t_1 > t_2$$

$$R_1 > R_2$$

$$D_1 > D_2$$



Svařování stejných tloušťek

Svařování různých tloušťek

# Svařování elektrickým odporem - bodové

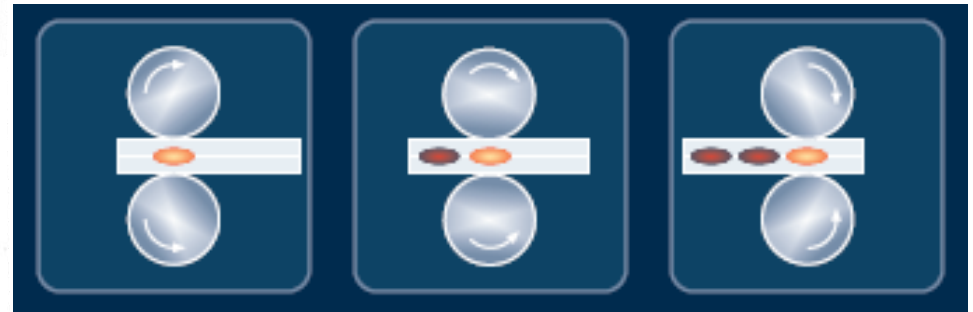
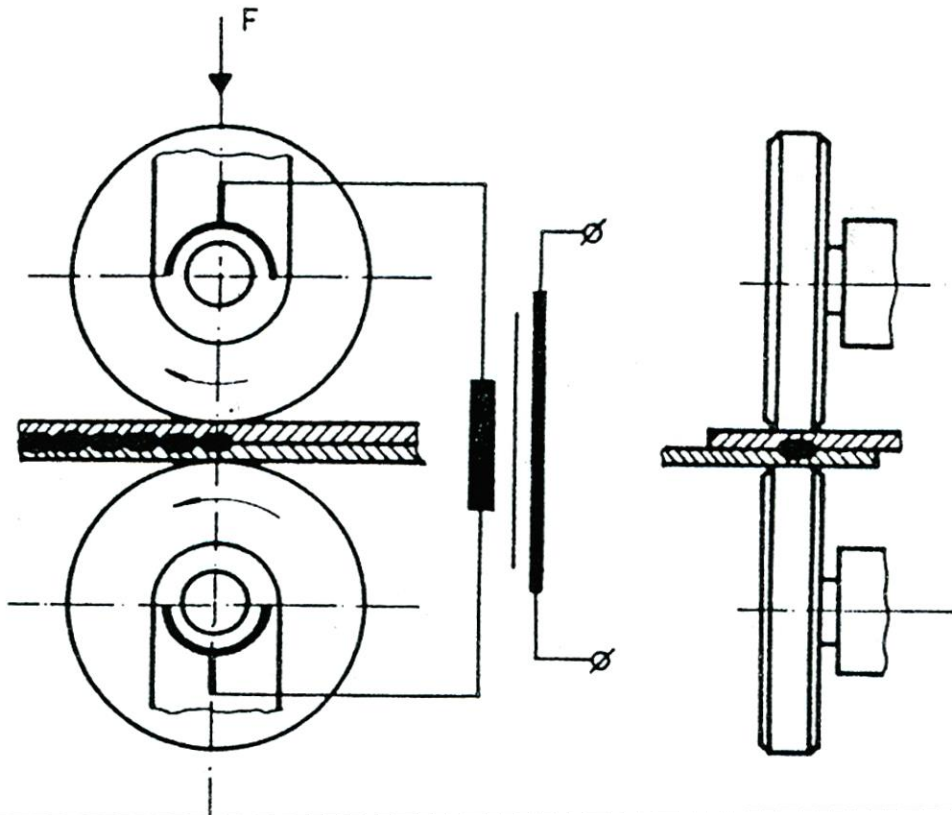




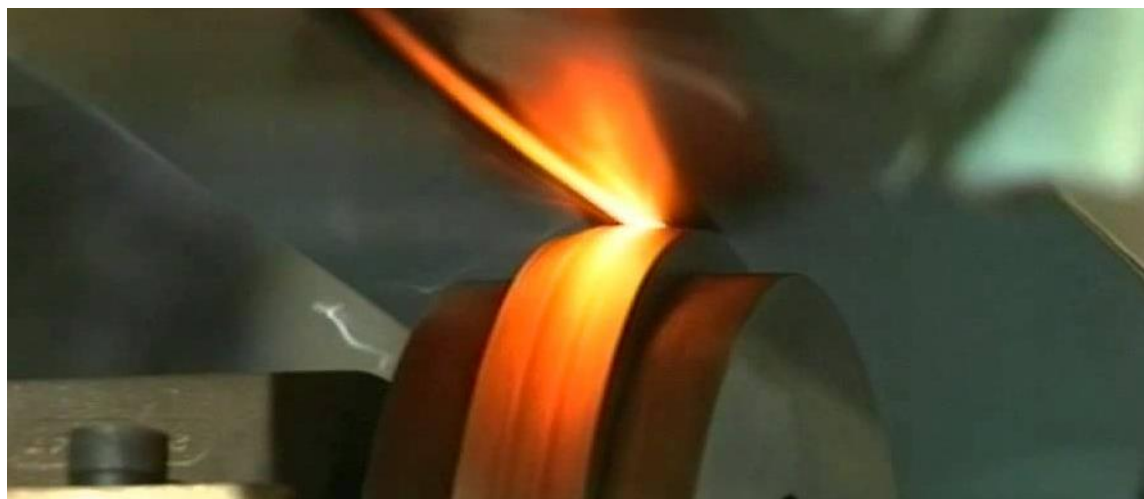
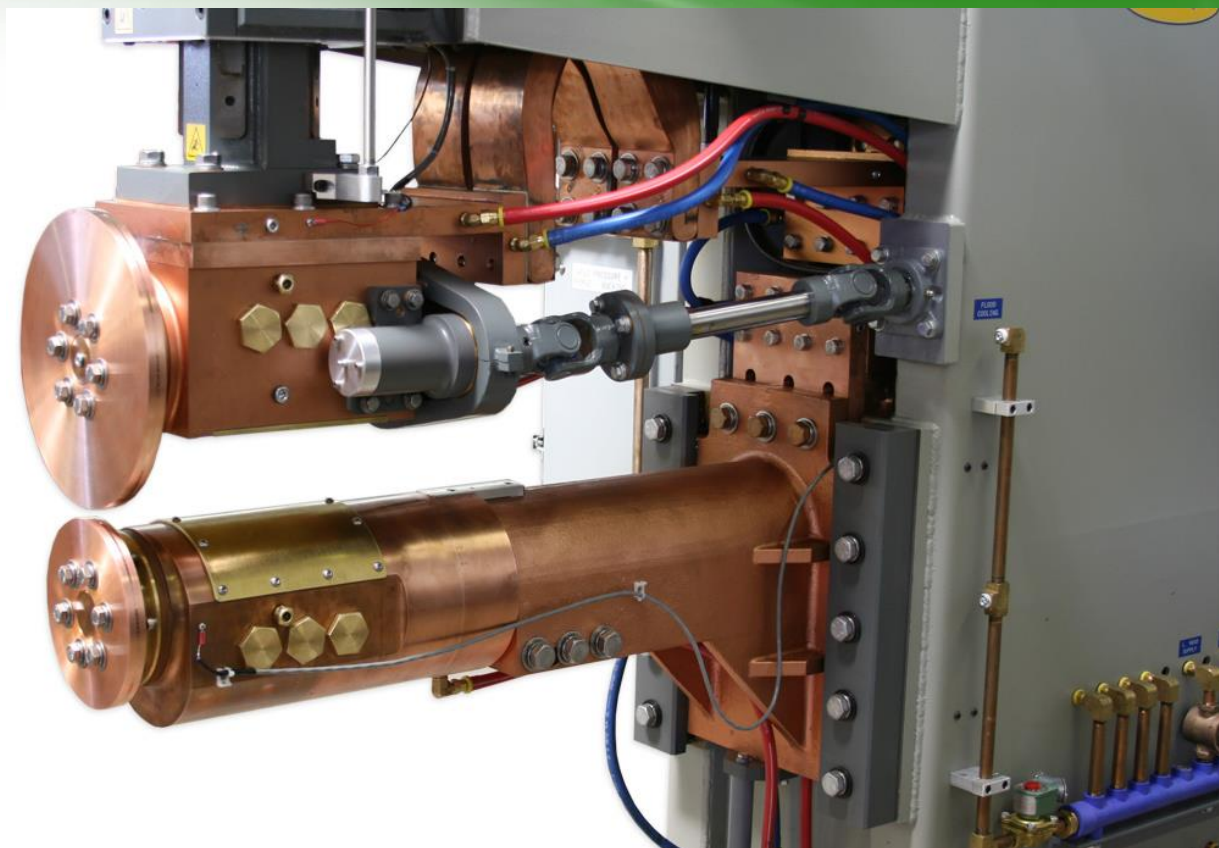
# Svařování elektrickým odporem - švové

**Švové svařování** – svařované plechy jsou k sobě tlačeny **dvěma měděnými kladkami, které zároveň přivádějí proud do materiálu. Přítlačná síla působí trvale** a proud prochází průběžně nebo přerušovaně. Vytvoří se tak řada bodů, buď jednotlivých, nebo vzájemně překrytých, což se řídí délkou doby, kdy prochází (respektive neprochází) kladkami proud.

Svařovací proud závisí na rychlosti svařování, rozměrech svařovaných plechů, tvaru a rozměrech svařovacích kladek. Svařovací tlak závisí na šířce kladek. Čím větší šířka kladek, tím lze použít vyšší tlak. Doba průchodu proudu závisí na svařovaném materiálu a na proudu.

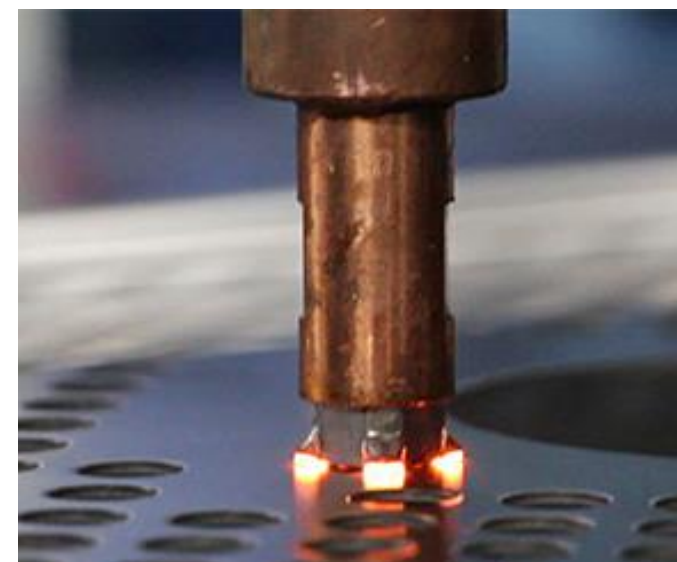
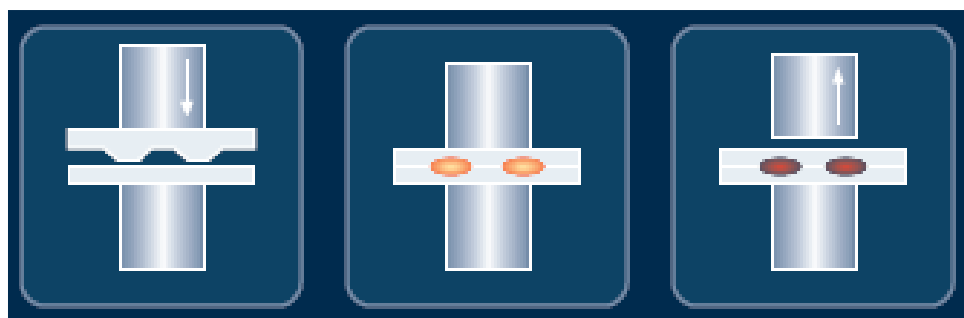
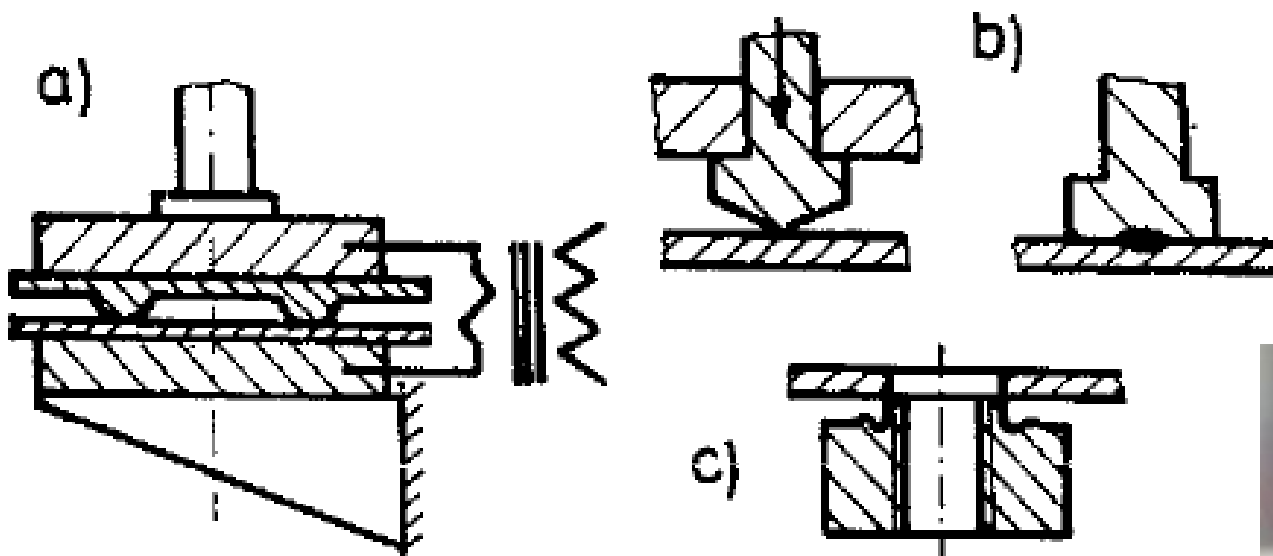


# Svařování elektrickým odporem - švové



# Svařování elektrickým odporem - výstupkové

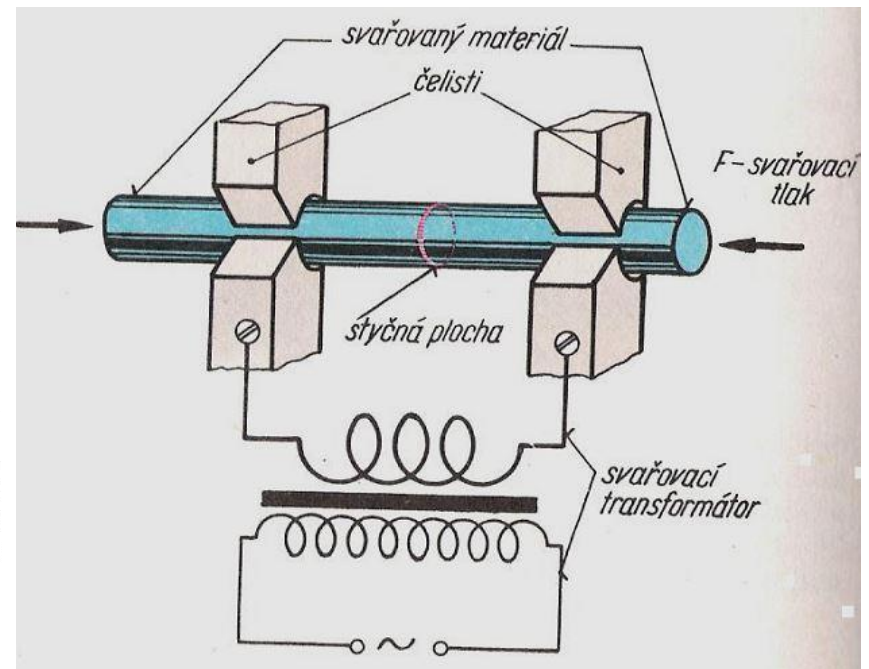
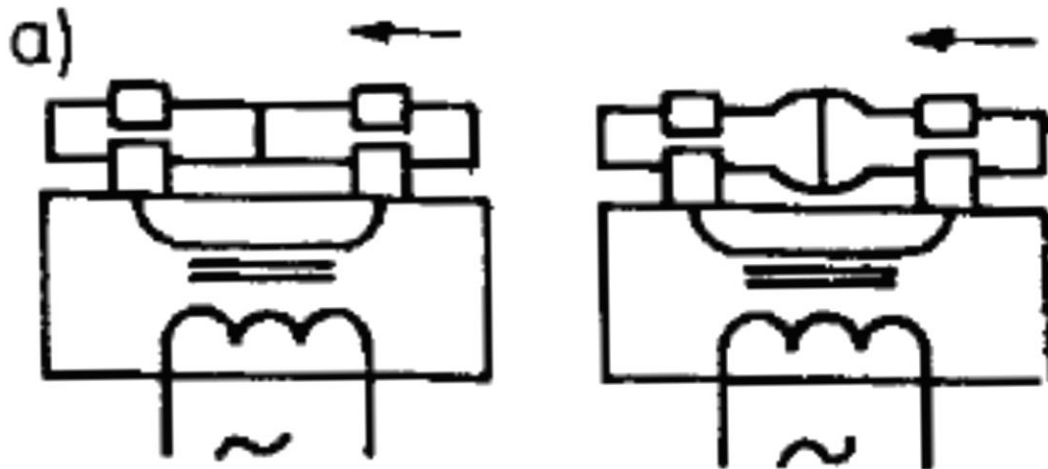
**Výstupkové svařování** - Na jedné ze svařovaných součástí se vytvoří výstupky (u plechů), při svařování svorníků se na nich provede osazení. **Tyto výstupky soustředí svařovací proud pokud možno na co nejmenší plochu, aby se materiál natavil a vytvořil se svar.** Svařované součásti se vloží mezi čelisti svařovacího lisu (ploché deskové elektrody). Svařované předměty se přitisknou čelistmi svařovacího lisu k sobě, až všechny výstupky řádně dosednou a teprve potom začne procházet svařovací proud. Dojde k natavení výstupků i protilehlého materiálu a za působení tlaku dojde k vytvoření svaru.



# Svařování elektrickým odporem - stykové

**Stykové svařování** – Podle způsobu ohřevu stykových míst rozeznáváme svařování stykové **tlakem a odtavením**.

Při odporovém stykovém svařování tlakem se svařované součásti přitisknou k sobě a potom se jimi nechá procházet svařovací proud. Jakmile se dosáhne potřebné svařovací teploty, materiál bude v plastickém stavu a oba díly se působením tlaku spojí, přičemž se působením poměrně širokého pásma ovlivněného teplotou materiál napěchuje. Při tomto svařování je nutné čelní plochy svařovaných materiálů čistě obrobit, aby byly rovnoběžné a kolmé k ose upnutí. Tohoto způsobu se používá málo, protože příprava ploch je náročná a ve svaru zůstává mnoho nečistot, které byly před svařením na styčných plochách. Jde především o oxidy vznikající při ohřevu.



# Svařování elektrickým odporem - stykové

**Odporové stykové svařování s odtavením** se proto využívá mnohem více. Hlavním zdrojem tepla je odtavovací elektrický oblouk, který ohřeje a roztaví základní materiál postupně v celém průřezu v poměrně úzkém pásmu. Část tepla vzniká ohmickým odporem, část při odtavování spalováním materiálů (exotermická reakce). Lze svařovat s předehřevem, nebo bez. Svařování s předehřevem je způsob vhodný pro svařování materiálů větších průřezů a legovaných ocelí, které mají sklon k zakalení. V předehřívací fázi se obě části k sobě střídavě přibližují a oddalují. Místem dotyku projde zkratový proud a konce součástí se zahřívají na teplotu, která umožní (ionizací) vytvoření elektrického oblouku, kterým se potom odtavují konce materiálů.

