



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

PEVNOST BODOVÉHO SPOJE V MĚKKÉM A TVRDÉM REŽIMU SVAŘOVÁNÍ

STRENGTH POINT CONNECTIONS IN THE SOFT AND HARD MODE WELDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. JAROMÍR STEINER

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. BOHUMIL KANDUS

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Jaromír Steiner

který/která studuje v magisterském navazujícím studijním programu

obor: **Strojírenská technologie (2303T002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Pevnost bodového spoje v měkkém a tvrdém režimu svařování

v anglickém jazyce:

Strength point connections in the soft and hard mode welding

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Na základě stávající technologie svařování vypracovat řešení na bodové odporové svařování, uvést možnosti změn vybraných technologických parametrů při měření a vyhodnocení předepsané požadované pevnosti spoje svařovaných dílců.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je optimalizace parametrů odporového bodového svařování na základě zjišťování a měření pevnosti bodového spoje více dostupnými metodami na vzorcích z nerezové a uhlíkové konstrukční oceli při obvyklých standardních tloušťkách plechů včetně technicko-ekonomického porovnání.

Seznam odborné literatury:

1. PLÍVA, Ladislav. Odporové svařování. 1. vyd. Praha: SNTL, 1975. 268 s. ISBN DT 621.791.76.
2. KUNCIPÁL, Josef. Teorie svařování 1. vyd. Praha: SNTL, 1986. 272 s. ISBN DT 621.791(075.8).
3. KOLEKTIV AUTORŮ. Technologie svařování a zařízení. 1. vyd. Ostrava: Zeross Ostrava, 2001. 395 s. ISBN 80-85771-81-0.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Bohumil Kandus

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 20.11.2014

L.S.

prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

STEINER Jaromír: Pevnost bodového spoje v měkkém a tvrdém režimu svařování.

Bodové svařování materiálu 1.4307 tloušťek 1+1 mm je firmou ROSTEX výborně odladěno - při změnách pouze svařovacího proudu se podařilo přiblížit hodnotám pevností dosahovaných firmou ROSTEX. Při svařování materiálu 1.4307 tloušťek 2+2 mm se podařilo dosáhnout větších pevností a to za svařovacích parametrů: $F_s = 5500\text{N}$, $I_s = 8,964\text{ kA}$, $t_s = 10\text{ Per}$. Bodové svařování materiálu 1.0330 ukázalo, že by se dalo pokračovat s navyšováním svařovacího proudu, což by mohlo znamenat zvyšování pevnosti svaru (ne však nutně) - nebylo dosaženo hranice, kde by docházelo k výstřikům materiálu. Měkký režim není pro moderní bodové svařování vhodný, protože při dlouhých svařovacích časech dochází k velkému tepelnému ovlivnění materiálu, tepelným ztrátám, tepelnému ovlivnění a deformaci elektrod (snížení životnosti). Měkký režim není ani ekonomicky výhodný, viz tabulka 27 na straně 64 – například svařování materiálu 1.4307 o tloušťce 1+1 mm na 1000 svarů je rozdíl mezi tvrdým a měkkým režimem 644 Kč ve prospěch tvrdého režimu.

Klíčová slova:

Odporové svařování, bodové svařování, bodový spoj, optimalizace, tvrdý svařovací režim, měkký svařovací režim.

ABSTRACT

STEINER Jaromír: Strength point connections in the soft and hard mode welding.

Spot welding of 1.4307 material of 1+1 mm thickness is tuned out excellently by the enterprise ROSTEX – at the changes only of the welding current it was managed to approach the value of thickness achieved by enterprise ROSTEX. At the welding of 1.4307 material of 2+2 mm thickness it was managed to achieve more strength under welding parameters: $F_s = 5500\text{N}$, $I_s = 8,964\text{ kA}$, $t_s = 10\text{ Per}$. Spot welding of 1.0330 material revealed a possibility in proceeding with welding current increasing which could stand for the weld strength increasing (not necessarily) – a limit where material could splash was not achieved. The soft mode welding is not convenient for up-to date spot welding because the material is extremely affected by heat at the long welding time, it also leads to huge thermal losses, thermal effect and distortion of electrodes (electrodes life diminishing). Soft mode welding is not expedient even economically. In accordance with economic comparison, see chart 27, page 64 – for instance welding of 1.4307 material with 1+1 mm thickness at 1000 welds there is difference of 644 Czech crowns between the hard and the soft mode welding in benefit to the hard mode.

Key words:

Resistance welding, spot welding, spot weld, optimization, hard mode welding, soft mode welding.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

STEINER, Jaromír. *Pevnost bodového spoje v měkkém a tvrdém režimu svařování*. Brno, 2015. 66s, 6 výkresů, 19 příloh, CD. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie svařování a povrchových úprav. Vedoucí práce Ing. Bohumil Kandus.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací odborníků z praxe a pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Brně dne 29.5.2015

Místo a Datum

Bc. Jaromír Steiner

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Bohumilu Kandusovi za cenné připomínky a rady týkající se zpracování diplomové práce. Také děkuji Ing. Petrovi Kuchtíčkovi a panu Kocmanovi z firmy Rostex a panu Ing. Štuchalovi z Vojenského technického ústavu pozemního vojska za poskytnutí pomoci a vybavení pro zpracování diplomové práce. Poděkování také patří mým rodičům za obrovskou podporu a trpělivost.

OBSAH

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

ÚVOD.....	9
1 Současný stav.....	10
2 Technologie odporového svařování.....	11
2.1 Využití elektrického odporového tepla ke svařování, odpory při odporovém svařování.....	12
2.2 Parametry svařování.....	16
2.3 Tepelná rovnováha.....	21
2.4 Deformace při bodovém a švovém svařování.....	22
3 Bodové svařování.....	23
4 Švové svařování.....	27
5 Výstupkové svařování.....	33
6 Stykové svařování.....	37
7 Zkoušky odporových svarů.....	41
7.1 Mechanické zkoušky odporových svarů.....	41
7.2 Technologické zkoušky odporových svarů.....	42
7.3 Metalografické zkoušky odporových svarů.....	43
7.4 Nedestruktivní zkoušky odporových svarů.....	44
8 Elektrody pro odporové bodové svařování.....	45
8.1 Materiály elektrod.....	45
8.2 Elektrody a špičky pro bodové svařování.....	46
9 Stroje pro odporové bodové svařování.....	47
10 Experiment.....	49
10.1 Vyhodnocení experimentu.....	54
11 Technicko-ekonomické porovnání.....	63
ZÁVĚRY.....	65

Seznam použitých značek a symbolů

Seznam použitých zdrojů a literatury

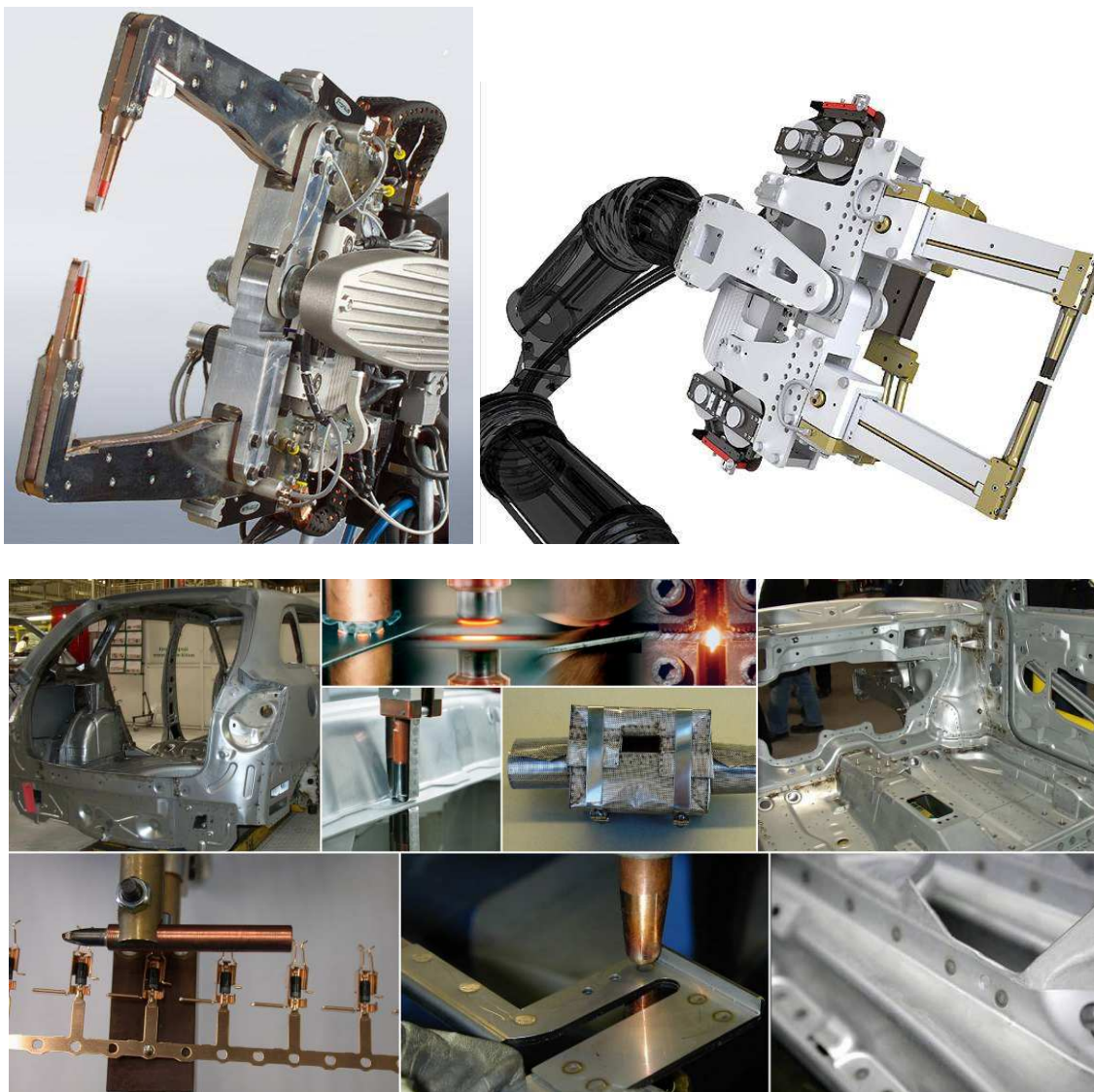
Seznam obrázků

Seznam příloh

ÚVOD [4, 5, 7, 14, 17]

Již od objevu odporového svařování (roku 1877) bylo jasné, že je metoda odporového svařování velmi perspektivní, bohužel v té době byla omezena zdroji střídavého proudu a zařízeními ovládající velké proudy. Rozmachu odporové svařování dosáhlo zhruba kolem roku 1925. Od tohoto roku se odporové technologie svařování neustále vyvíjejí a zdokonalují, čehož je důkazem například zařízení DeltaSpot společnosti Fronius.

Mezi hlavní požadavky praxe lze jednoznačně zařadit opakovatelné rychlé dodávky kvalitních výrobků dle požadavků zákazníka. Bodové odporové svařování, jakožto technologie za daných podmínek velice produktivní, tyto požadavky na 100% splňuje. Technologie bodového svařování je využívána pro svařování velmi malých dílců v elektrotechnice až po díly v automobilovém průmyslu.



Obr. 1 Příklad aplikace bodového svaru a DeltaSpot [4, 5, 7]

1 SOUČASNÝ STAV [11, 12]

V současné době jsou ve firmě ROSTEX (logo je na obrázku 2) vyráběny specifické svařence pro kolejová vozidla, elektroskříně, kabelové kanály, vzduchové kanály a části klimatizačních jednotek (obr.3). Výrobu těchto komponent pro kolejová vozidla zahájila firma v roce 2008. Téhož roku získala firma certifikát svařování pro kolejová vozidla dle DIN E 15085-2 stupně CL1. Při výrobě těchto komponent se svařují převážně vzájemně překrývající se materiály o běžných tloušťkách od 0,8 mm do 2 mm. Právě pro svařence s přeplátovaným materiálem je vhodná technologie odporového svařování, a to bodového, švového a nebo výstupkového. Bodové svary nepřekáží kabeláži a vyhovují zatížením vibracemi v kolejových vozidlech.

Každá z těchto technologií zahrnuje své specifické vlastnosti a požadavky na vytvoření svarového spoje. Když momentálně pomineme metalurgickou svařitelnost materiálů, každá z technologií v konečném důsledku vyžaduje svoje specifické zařízení (bodová svářečka, švová svářečka, svařovací lis), elektrody, materiály elektrod, tvar elektrod, chlazení elektrod, nastavení procesu svařování, popřípadě předchozí přípravu dílců v případě výstupkového svařování. Volbu vhodné technologie ovlivňují nejen výše zmíněná fakta, ale také vlastní svařenec – ne vše je vhodné svařovat výstupkově a ne vše je vhodné svařovat švově. Pokud svařenec není navržen na již dostupnou technologii.

Jelikož firma nevlastní žádný speciální svařovací lis ani švovou svářečku a také z důvodů, jež jsou uvedeny v předchozím odstavci, vyhotovují se odporové svary na dostupné bodové svářečce WBP 40. Parametry bodového svařování se ve firmě nastavují na základě zkušeností operátorů bodové svářečky a svářečských technologií, popřípadě na základě doporučených hodnot uváděných v normách. Jelikož hodnoty uvedené v tabulkách nejsou vždy vhodné pro svařování - například z důvodu nevhodné svářečky, jsou v této práci odzkoušeny parametry (proudu) za účelem zjištění parametrů nejvhodnějších pro dosažení svarů s nejvyšší pevností (smykovou a odlupovací).



Obr. 2 Logo firmy [11]

Název firmy: ROSTEX Vyškov, s.r.o.

Adresa: Dědická 190/17, 68201 Vyškov

Certifikáty: (oblast kolejových vozidel)

- ČSN EN ISO 9001:2009
- IRIS (International Railway Industry Standart)
- DIN EN 15085-2 na svařování
- EN 15085-2 na svařování



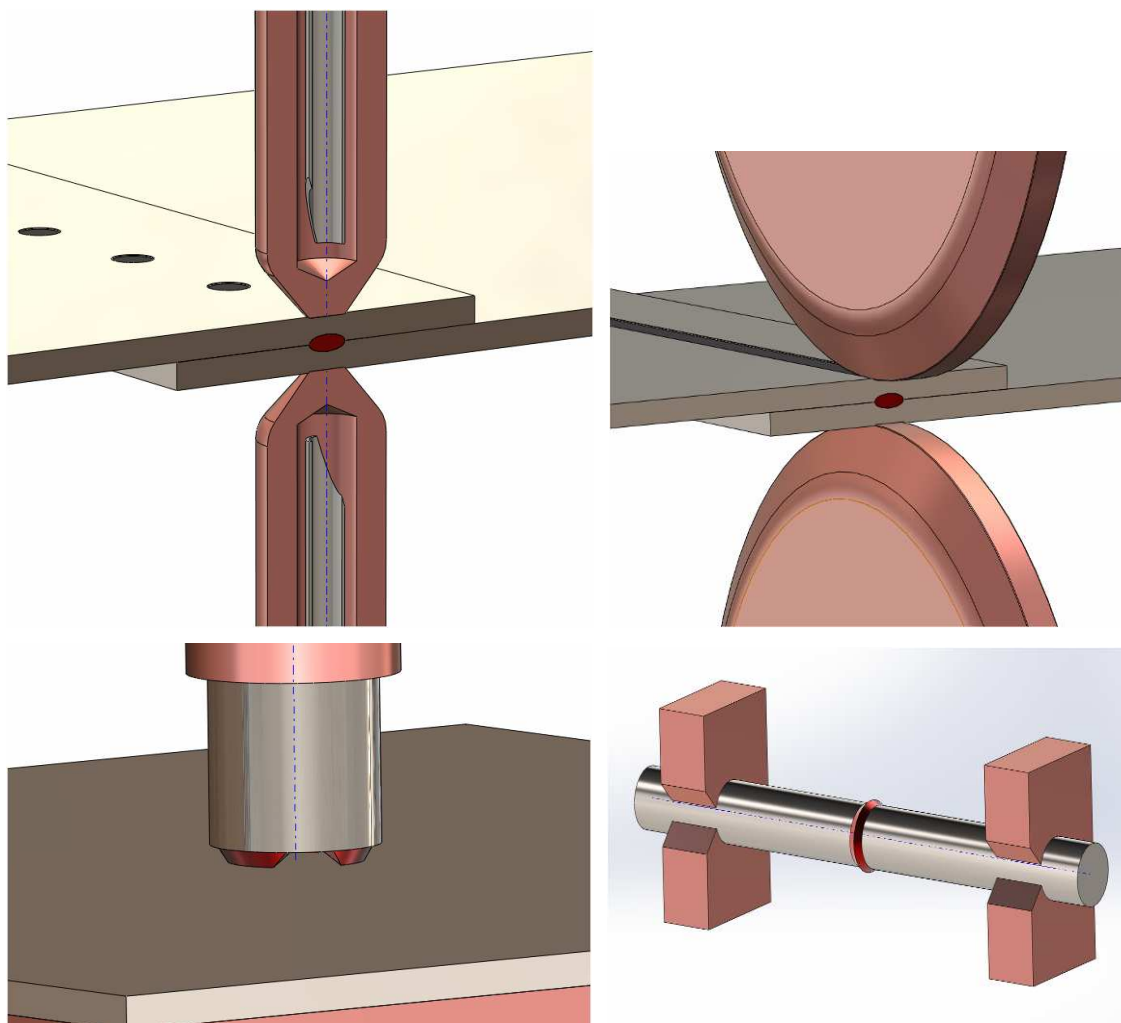
Obr. 3 Příklad výrobků pro kolejová vozidla [11, 12]

2 TECHNOLOGIE ODPOROVÉHO SVAŘOVÁNÍ [3, 14, 15]

Velmi efektivní technologie svařování, která se řadí do technologií tlakového svařování. Svařovány jsou dva i více kusů stejného či rozdílného kovu za působení tepla a tlaku, lze svařovat materiály i jinými způsoby nesvařitelné. Na rozdíl od jiných technologií svařování, kde je teplo dodávané z venku, zde vzniká teplo přímo ve svařovaných materiálech. Materiál je ohříván díky elektrickému odporu materiálu v místě styku, který je kladen průchodu elektrického proudu v průběhu svařování. V průběhu svařování je na místo ohřevu materiálů vytvářen tlak jehož důsledkem je dokonalé promísení materiálů. Aplikace tlaku v místě svaru má pozitivní vliv na strukturu svaru a tak má svar ve většině případů mechanické vlastnosti rovnající se, a někdy i lepší, než základní materiál. Ke kvalitě svaru přispívá i skutečnost, že svar je izolován od okolního prostředí a nejsou do něj přiváděny žádné jiné cizí látky (bez přídavného materiálu).

Odporové svařování lze charakterizovat vysokými rychlostmi svařování, kde rychlosti ohřevu dosahují až 100 000 °C/s, využitím všech svařovacích poloh, vytvořením spojů bez přídavného materiálu, vhodností pro malé i velké série výrobků.

Svařují se materiály jako nelegované oceli, legované oceli, hliník, nikl a měď a jejich slitiny v rozmezí tloušťek od 0,4 mm do 4,0 mm. Odporové svařování je rozděleno na čtyři základní druhy - bodové, švové, výstupkové a stykové, které jsou zobrazeny na obrázku 4.



Obr. 4 Základní druhy odporového svařování [15]

2.1 VYUŽITÍ ELEKTRICKÉHO ODPOROVÉHO TEPLA KE SVAŘOVÁNÍ, ODPORY PŘI ODPOROVÉM SVAŘOVÁNÍ [14, 15]

Bodový svar je vytvářen stlačením dvou nebo více kusů kovu. Těmito kusy kovu v místě dotyku prochází elektrický proud, který ohřívá materiál a vytváří svarovou lázeň. Jedna ze zásad odporového svařování je velmi rychlá generace tepla v místě svaru tak, aby minimální množství tepla bylo odvedeno do objemu okolního materiálu. Rychlá generace tepla je dosažena vysokou hodnotou proudu ve velmi krátkém časovém intervalu. Další zásadou je generování mnohem většího tepla ve svaru než v jakékoliv jiné části sekundárního obvodu.

Tepelná energie je generována vždy, když prochází elektrický proud. Ohřívané místo musí mít co největší odpor. Odpor a proud se během svařování mění. Celkové teplo generované ve svaru je možné zjistit z Joulova zákona:

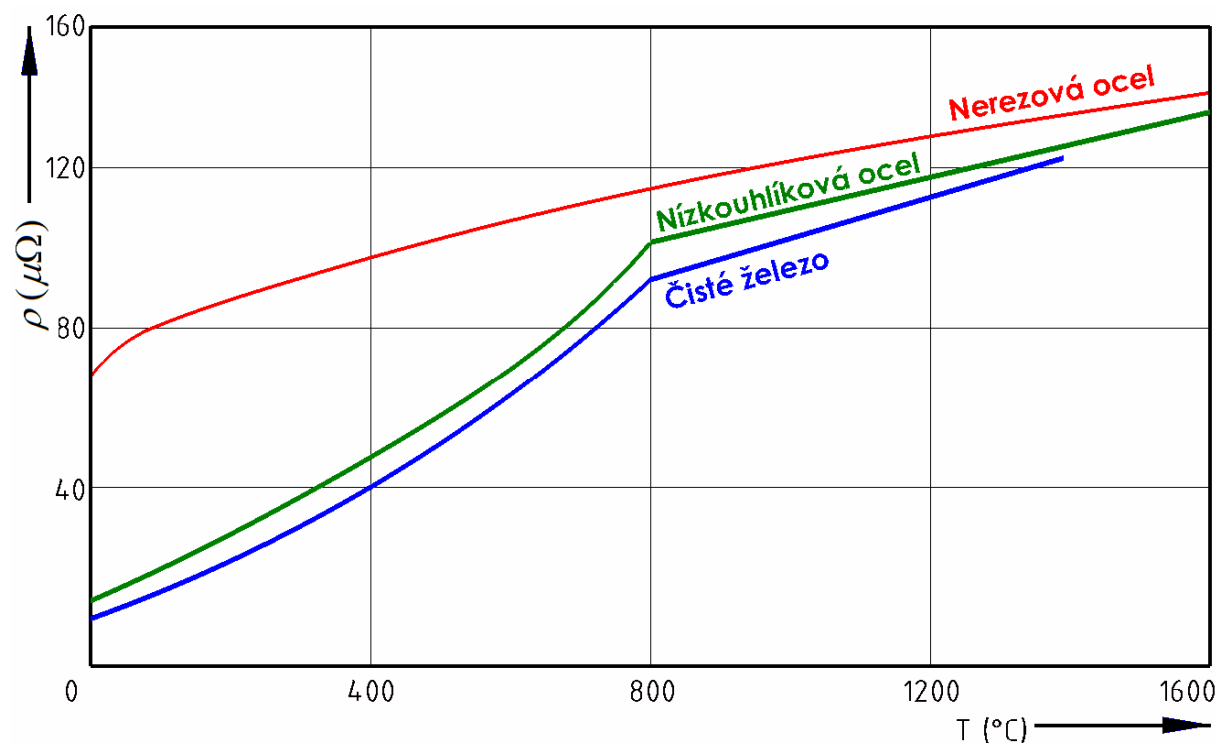
$$Q = \int_0^t \rho_p \cdot I^2 dt \quad [\text{J}] \quad (2.1)$$

$$Q = 0,24 \cdot \rho_p \cdot I^2 \cdot t \quad [\text{J}] \quad (2.2)$$

kde:

ρ_p	$[\Omega]$	- Pracovní odpor (ΣR)
I	$[\text{A}]$	- Protékající proud
dt	$[-]$	- Diferenciál času
t	$[\text{s}]$	- Doba průchodu proudu

Protékající proud (I) a doba průchodu proudu (t) jsou hodnoty, které se dají snadno měnit, zatímco odpor svařovaného materiálu (ρ_o) je jasně daný. Jsou zde dva hlavní typy odporů, ze kterých se skládá celkový - pracovní odpor. Prvním z nich je vnitřní odpor svařovaného materiálu (ρ_o), který roste s teplotou (obr.5) a druhým je kontaktní odpor mezi elektrodami a materiálem a mezi dílci navzájem (ρ_d, ρ_k).



Obr. 5 Závislost měrného odporu na teplotě [14]

Mezi elektrodami, pro příklad u bodového svařování, vzniká tzv. prostorový vodič, který má odpor R_o . Tento odpor lze spočítat z rovnice:

$$\rho_o = \frac{4 \cdot \chi \cdot \rho^2 \cdot t}{\pi \cdot d_{\text{styk}}^2} \quad [\Omega] \quad (2.3)$$

kde:

χ	[-]	- Součinitel zmenšení odporu proti odporu válce
ρ	$[\Omega \cdot \text{m}]$	- Měrný odpor
t	$[\text{cm}]$	- Tloušťka svařovaného materiálu (Σt)
d_{styk}	$[\text{cm}]$	- Průměr stykové plochy zjistíme z rovnice:

$$d_{\text{styk}} = k \cdot \sqrt{\frac{F}{10}} \quad [\text{cm}] \quad (2.4)$$

kde:

k	[-]	- Součinitel styku materiálů (tab.1)
F	$[\text{N}]$	- Tlačná síla

Tab. 1: Součinitel styku materiálů [14]

měď + měď	měď + měkká ocel	měď + hliník
$k = 0,0123$	$k = 0,0123$	$k = 0,0174$

Odpor styku dvou čistých kovových ploch vypočítáme z rovnice:

$$\rho_d = \frac{\delta_c}{d_{\text{styk}}} \quad [\Omega] \quad (2.5)$$

kde:

δ_c	$[\Omega \cdot \text{cm}]$	- Střední hodnota měrných odporů dotyk. kovů při dané teplotě
d_{styk}	$[\text{cm}]$	- Průměr stykové plochy

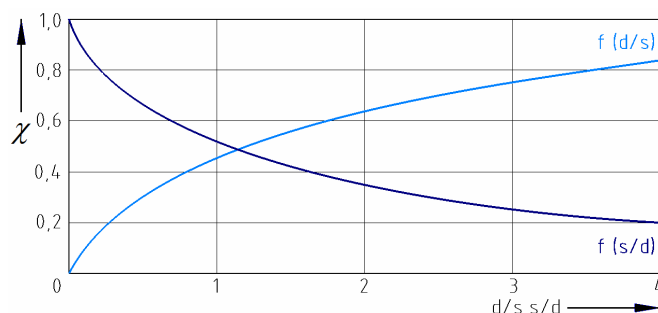
Celkový odpor bodového svaru vypočítáme z rovnice:

$$\rho_k = \frac{\delta_k}{d_c} \quad [\Omega] \quad (2.6)$$

kde:

δ_k	$[\Omega \cdot \text{cm}]$	- Celkový měrný odpor bodového svaru
d_c	$[\text{cm}]$	- Průměr svaru (čočky)

Součinitel zmenšení odporu proti odporu válce lze zjistit z obrázku 6. Průměr stykové plochy je závislý na tlačné síle v průběhu svařování. Ukázka jednotlivých složek odporů a jejich součet je znázorněn na obrázku 7 na straně 14.



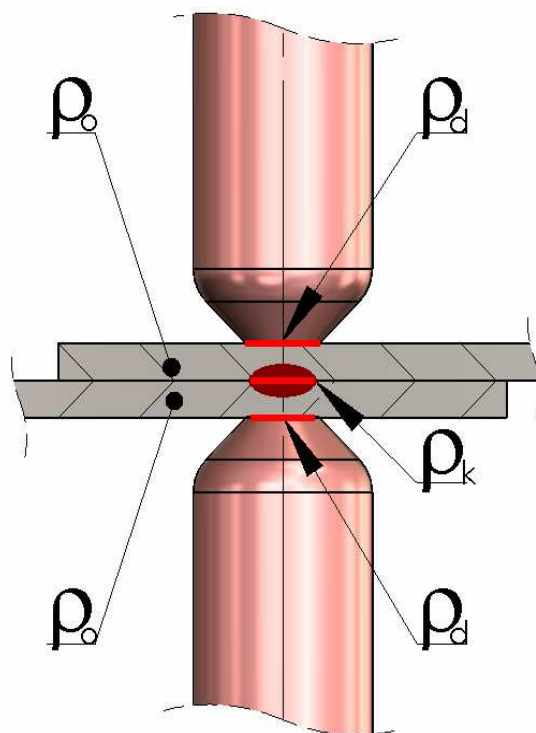
Obr. 6 Součinitel zmenšení odporu proti odporu válce [14]

Kromě uvedených odporů mají i elektrody svůj odpor a i v elektrodách vzniká teplo a navíc elektrody přejímají teplo z materiálu. Jak již bylo uvedeno, vznikající teplo v sekundárním obvodu musí být největší v místě svaru (Obr.15). V ostatních místech se musíme snažit o snížení teploty. Elektrody musí být chlazeny.

➤ *Elektrody* by měly být vysoce elektricky vodivé, udržet si teplotu na minimu a mít vysokou tepelnou vodivost tak, aby rychle odváděly teplo z oblasti, kde dochází ke styku se svařovaným materiálem. Přitom musí být mechanicky odolné, nesmí se deformovat v momentě kdy vyvozují tlak na materiál, zejména v kontaktním místě. Z toho důvodu byly vyvinuty různé slitiny právě pro tyto účely.

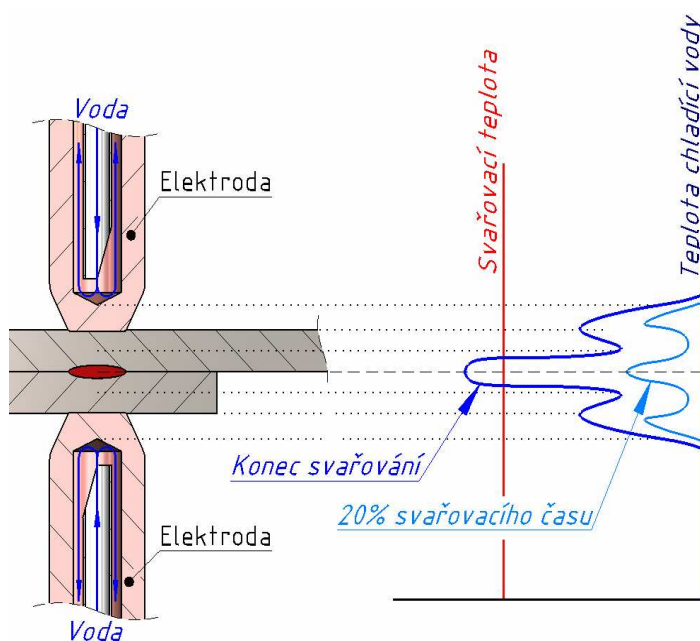
➤ *Kontaktní plochy*, kde dosedají elektrody na materiál, jsou oblasti, kde musí být co nejmenší odpor. To zajišťují dva parametry. Prvním je hladká a čistá pracovní plocha a druhým je řízená síla přítlaku elektrod. Jsou-li tyto plochy znečištěny, opáleny nebo deformovány, znamená to nárůst odporu a tím i tepla v místě kontaktu. V důsledku toho dochází například k dalšímu opotřebení elektrod nebo propálení svařovaného materiálu a „vystříknutí“ svarové čočky.

➤ *Svařovaný materiál* (viz obrázek 8) uvažujeme o stejné tloušťce, stejně tak jsou uvažovány stejné elektrody o stejné kontaktní ploše, ze stejného materiálu. Změnou těchto podmínek změníme i průběh teplot v průběhu svařování, průběh už nebude symetrický. Například v případě, že horní plech bude z nerezové oceli a spodní plech z nízkouhlíkové oceli, odpor v místě dotyku horní elektrody s dílcem z nerezové oceli vzroste. Tím pádem svarová čočka se bude vytvářet převážně v horním plechu. Stejného výsledku dosáhneme i změnou velikosti kontaktní plochy, změnou materiálu elektrody, nebo různorodostí tloušťky svařovaného materiálu.



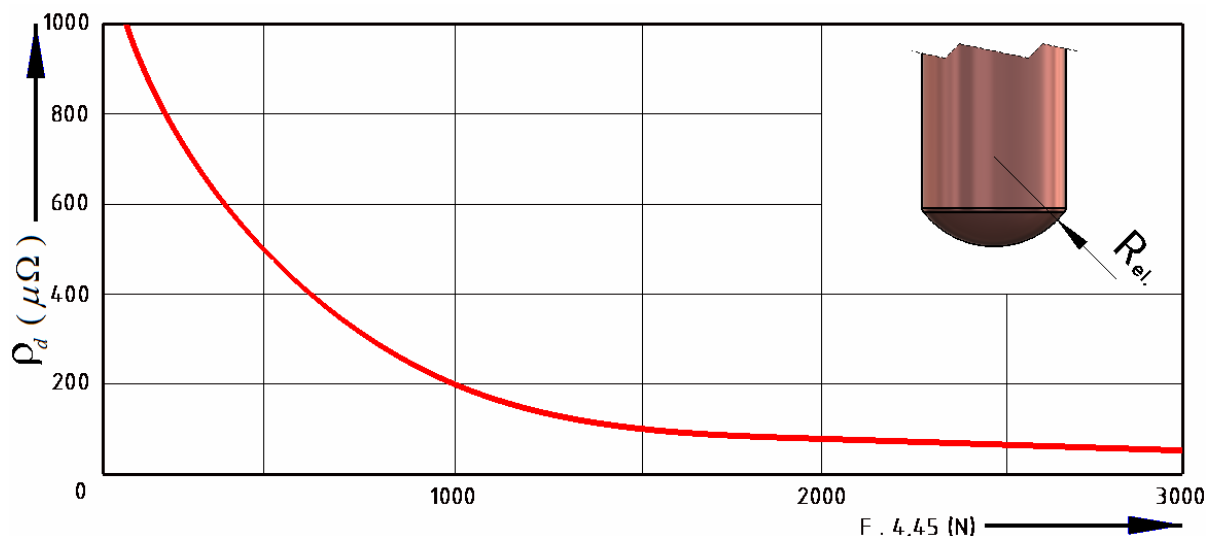
$$\sum R = 2.R_d + R_k + 2.R_o$$

Obr. 7 Složky odporu při bodovém svařování [14]



Obr. 8 Průběh teplot bodového svařování [15]

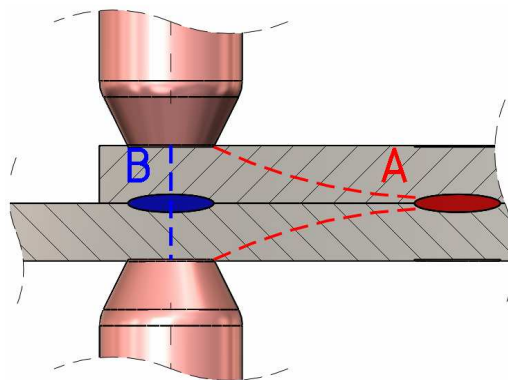
- Čas je jeden z faktorů ovlivňující kolik tepla ve svaru vznikne. V křivce průběhu teplot na obrázku 8 čas plyne z prava od osy „teploty chladící vody“. Jestliže v průběhu času teplota v oblasti svarové čocky přesáhne teplotu „varu“, mohou vzniknout plynové kapsy. Výsledkem bude „výstřik“ materiálu ze svarové čocky, natavení zbylého materiálu až na kontaktní plochy elektrod a přílišné „zaboření“ elektrod do materiálu. Mimo jiné vznikne rozsáhlá tepelně ovlivněná oblast. Z rovnic 2.1 a 2.2 je patrné, že teplo je úměrné čtverci proudu. Požadovaná změna vzniklého tepla může být zajištěna změnou proudu nebo změnou času. Nesmí ovšem být zapomenuto, že přenos tepla je otázkou času co se týče správné tvorby tvaru svarové čocky. V okamžiku, kdy je průchod proudu zastaven, je zastavena i produkce tepla a začne ochlazování. Vzhledem k tepelné vodivosti a tomu, že jsou elektrody chlazené vodou, se téměř okamžitě elektrody ochladí na teplotu chladící vody. Jelikož jsou elektrody stále ve styku s povrchem svařovaných dílců, dojde velice rychle ke srovnání teplot elektrod a povrchu svařovaných dílců a svarová čocka se postupně ochlazuje. Kdyby došlo k okamžitému oddálení elektrod a elektrody by nebyly schopny absorbovat teplo ze svaru, vrcholy průběhu teplot z oblasti styku elektrody s materiálem by vzrostly a ochlazování celého svaru by se zpomalilo. Také by to znamenalo, že elektrody jsou odstraněny ještě před ztuhnutím kovu a svar může mít menší pevnost. Rychlost ochlazování má metalurgický vliv na vlastnosti svaru. Někdy je nutné tuto rychlost ochlazování velmi přesně kontrolovat.
- Síla/tlak při svařování (viz obrázek 9) pro dané geometrie a stav povrchu elektrody, kontaktní odpor je závislý na přítláčné síle elektrody. Pokud je kontaktní plocha elektrody ve formě poloměru, síla elektrody zvětšuje kontaktní plochu a tím zmenšuje hustotu proudu. Proto síla elektrody snižuje vznik tepla.



Obr. 9 Závislost kontaktního odporu na síle elektrody [15]

- Efekt „odbočování“, neboli efekt, který vzniká při tvorbě sousedního blízkého svaru při odporovém svařování. Je-li druhý svar vytvořen v blízkosti svaru prvního, vznikne odbočovací efekt. Proud podle Ohmova zákona projde oběma cestami nepřímo úměrně jejich odporu. První svar odstranil odpor rozhraní svařovaných materiálů, a protože kontaktní plocha elektrod je stejná, bude záviset na poměru odporu druhého svaru k odporu dráhy, kterou musí proud urazit před první svar.

Jak je znázorněno na obrázku 10, materiál svařovaných dílců se stává rozděleným obvodem, kde část proudu prochází přes první svar cestou **A**, zatímco zbytek proudu prochází standardní cestou **B**. Pokud je cesta **A** dostatečně dlouhá neboli odpor dráhy **A** je dostatečně velký v porovnání s odporem cesty **B**, pak lze účinek zanedbat. Další problém, který nesmí být přehlédnut je, že jakmile vzroste teplota v průběhu tvorby druhého svaru na určitou hodnotu, tak vzroste i odpor cesty **B** a tím pádem může vzniknout „odbočení“ proudu přes větev **A**.



Obr. 10 „Odbočovací“ efekt [15]

Velký vliv na vznik „odbočovacího“ efektu mají svařované materiály. Nerezová ocel, která má vysokou hodnotu měrného odporu, je méně ovlivnitelná tímto efektem než standardní ocel, zatímco hliník je tímto efektem velmi dobře ovlivnitelný.

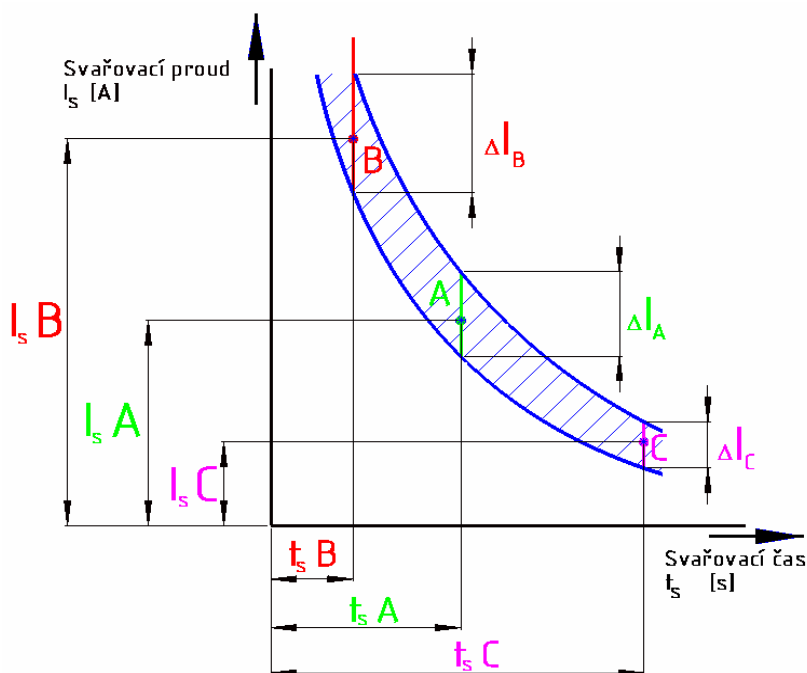
Efekt „odbočování“ je velice důležitý ve švovém svařování, kde jsou bodové svary velmi blízko vedle sebe nebo se dokonce překrývají. Nicméně účinky efektu jsou zmírněny skutečností, že teplota předchozího svaru je v době tvoření svaru následného ještě velice vysoká a tím pádem má vysokou hodnotu odporu.

2.2 PARAMETRY SVAŘOVÁNÍ [3, 14, 15, 18]

Kvalitu svarového spoje ovlivňují flexibilní svařovací parametry odporového svařování. Mezi tyto flexibilní svařovací parametry je řazen zejména svařovací čas, svařovací proud a svařovací tlak. Při odporovém švovém svařování to mohou být ještě například parametry rychlost svařování nebo přerušování proudu.

Kombinace těchto svařovacích parametrů dělíme do dvou skupin na „měkký“ a „tvrdý“ svařovací režim.

- **Svařovací čas** neboli čas průchodu svařovacího proudu. Měří se v sekundách, nebo spíše v cyklech. Frekvence sítě je 50 Hz a 1 cyklus je tedy 1/50 s. Stroje dávají čas po cyklech. Svařovací čas společně s proudem jsou ukazatelem dodané energie do svaru. Pokud to jde, jsou použity krátké časy, čímž se dosáhne minimálních ztrát energie. Délka svařovacího času je závislá na hodnotě svařovacího proudu a naopak (obr. 11).



Obr. 11 Vhodné pásmo pro tvorbu svaru při vzájemném vlivu proudu a času [2]

- *Svařovací proud* je, dalo by se říct, nejdůležitější parametr. Jako jediný, podíváme-li se na Jouleovu rovnici, má kvadratický tvar. Mění-li se odpor, například svařováním materiálů větší tloušťky, musí být úměrně změněn i proud, viz tabulka 2, kde jsou uvedeny doporučené hodnoty svařovacího času/svařovacího proudu.

Tab. 2 Svařovací čas, proud a napětí mezi elektrodami pro svařování nízkouhlíkových ocelí [3]

Tloušťka plechu (mm)	Čas protékání proudu (s)	Svařovací proud (kA)	Napětí mezi elektrodami (V)
1	0,1 – 0,5	10,5 – 6,8	1,30 – 0,85
2	0,4 – 1,0	12,1 – 9,9	1,33 – 1,09
3	0,6 – 1,4	15,7 – 12,9	1,34 – 1,10
4	0,8 – 2,0	19,2 – 15,6	1,35 – 1,10
5	1,0 – 2,2	21,9 – 18,0	1,38 – 1,13
6	1,2 – 2,5	24,7 – 19,5	1,43 – 1,13
7	1,4 – 2,8	27,6 – 23,0	1,49 – 1,24
8	1,6 – 3,0	30,6 – 26,5	1,53 – 1,32
9	1,7 – 3,5	33,8 – 28,4	1,59 – 1,34
10	2,0 – 4,0	36,4 – 30,6	1,6 – 1,35

Pro orientační výpočet svařovacího proudu je možno použít vztah:

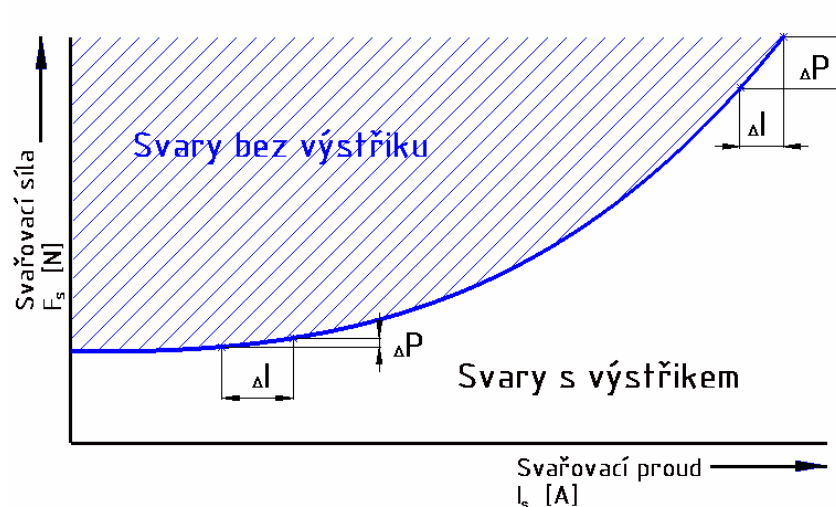
$$I_s = 6500 \cdot s \quad [\text{A}] \quad (2.7)$$

kde:

s [mm] - Tloušťka materiálu (jeden plech)

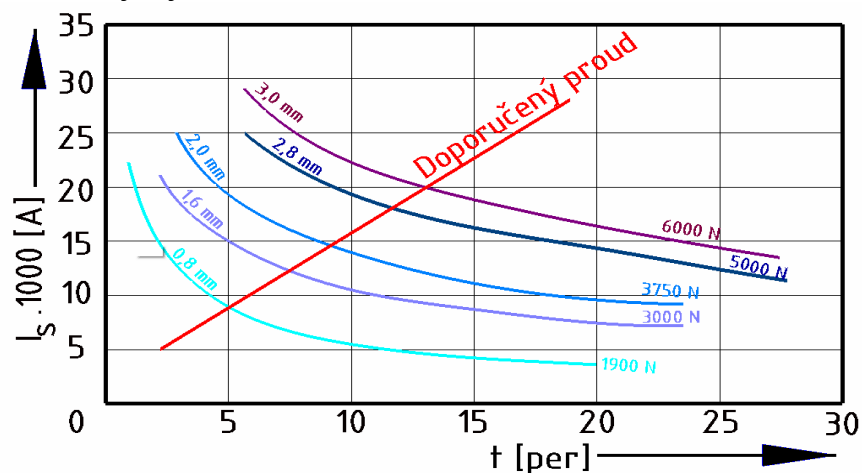
Pokud je nastaven nedostatečný svařovací proud, tedy pokud je do svaru dodáváno malé množství energie, může nastat situace, kdy tato energie se rovná tepelným ztrátám. Tím pádem nevzniká tavný, ale pouze difusní svar, jehož pevnost je nedostačující. Nízká hodnota svařovacího proudu znamená navýšení svařovacího času. Vyšší svařovací čas znamená vyšší ztráty a důsledkem je nízká účinnost procesu a poměrně velká tepelně ovlivněná oblast (měkký svařovací režim).

Vysoká hodnota proudu je využívána v případech svařování materiálů s velmi dobrou tepelnou a elektrickou vodivostí (hliník, slitiny mědi). Využíváno je energie nahromaděné v kondenzátoru. Zvyšování proudu má své hranice, viz obrázek 11, mohlo by dojít k vystříknutí svarového kovu, viz obrázek 12. Jakékoliv znečištění svařovaných materiálů zvyšuje odpor a snižuje proud a snižuje kvalitu svarového spoje.



Obr. 12 Hranice výstřiku svarového kovu v závislosti na změně tlaku a proudu [3]

Ke snížení proudu při tvorbě daného svaru může dojít při nevhodném umístění svaru v blízkosti svaru předchozího, když proud bude z části procházet již vytvořeným předcházejícím svarem – efekt odbočování. Takto vyhotovený svar by byl méně kvalitní, proto se při malých rozestupech používá proud vyšší. Nejvýhodnější, pokud je to možné, je volit větší rozestupy svarů (30 - 40) mm. Nastavení proudu a času je závislé na tloušťce svařovaného materiálu jak je vidět na obrázku 13.



Obr. 13 Závislosti proudu a času na tloušťce materiálu [3]

- **Svařovací tlak / Svařovací síla** – při volbě se vychází ze základního tlaku pro daný režim (tvrdý/měkký – viz. Tab.3) a styčné plochy elektrody. Čím bude tloušťka svařovaných materiálů větší, tím by měl být větší průměr elektrody, tím bude větší styčná plocha a tím bude potřebná větší svařovací síla. Pro výpočet potřebné síly je možno použít empirický vzorec:

$$F_s = (1000 \text{ až } 2500) \cdot s \quad [\text{N}] \quad (2.8)$$

kde:

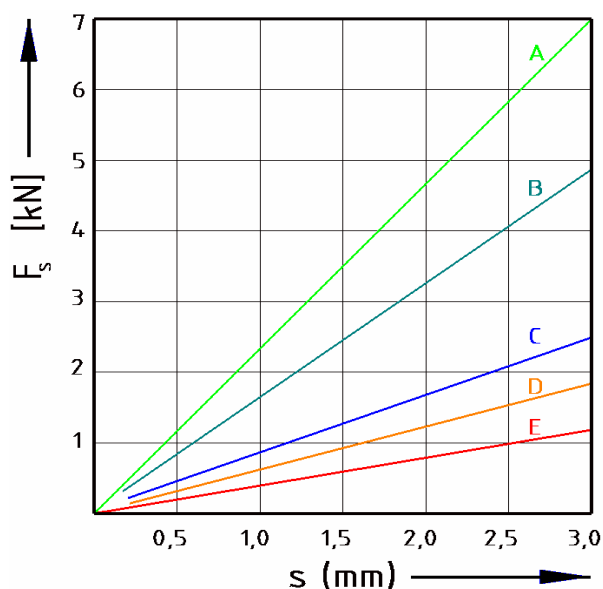
s [mm] - Tloušťka materiálu (jeden plech)

Velikost síly má vliv na protékající proud – čím lepší je styk materiálů, tím menší jsou přechodové odpory. Při svařování deformovaných dílů a dílů s vyšší pevností je potřeba sílu zvýšit. Síla nesmí být tak velká, aby dosahovala meze kluzu materiálu elektrod!

Vliv síly je také důležitý z hlediska metalurgického. Při svařování jádro svaru – čochka zvětšuje objem. Jádro je obklopeno plastickým materiálem, další vrstvu tvoří „chladný“ kov.

Správně zvolená síla zabraňuje rozpínání kovu a udržení kovu ve správných hranicích. Během ochlazování síla působí na svar tak, že zjemňuje krystalickou strukturu, vlastně dochází ke kování. Z toho důvodu se síla ke konci navyšuje. Při tomto

“dokování“ elektrody zároveň odvádí teplo z oblasti svaru (ocel s vyšším obsahem uhlíku – vznik zakalení svaru). Přítlačnou sílu lze měnit v průběhu svařování. Síla má významný vliv na kvalitu spoje jak je zobrazeno na obrázku 14, kde popis A-E znázorňuje kvalitu spoje.

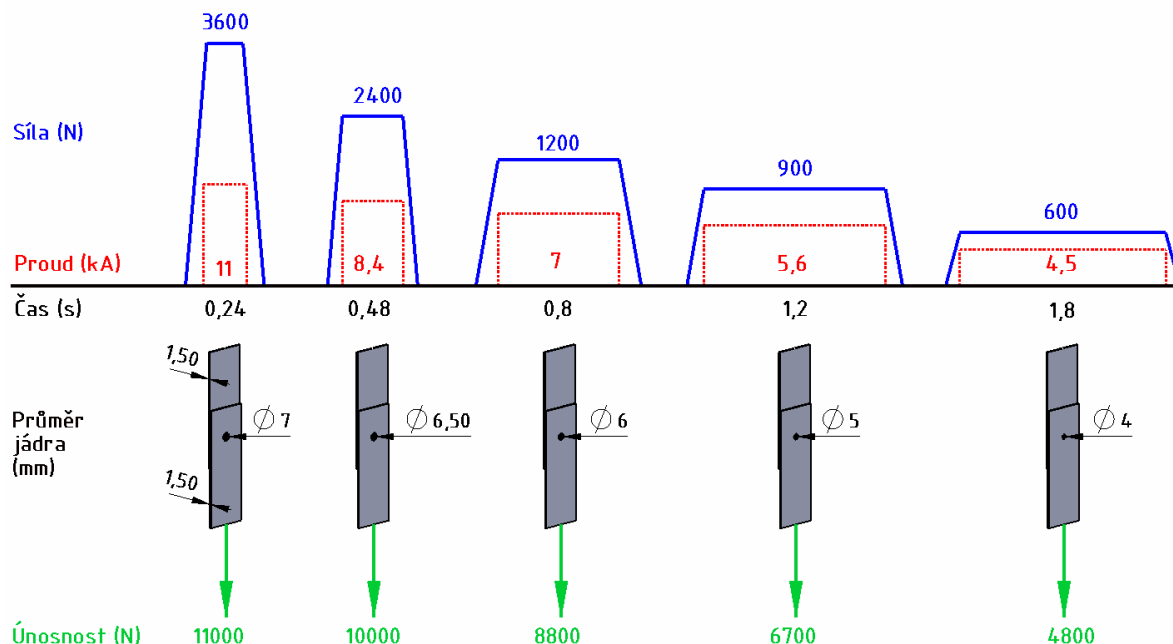


Obr. 14 Vliv síly na mech. vlastnosti spoje [3]

- **Měkký režim** se vyznačuje vysokou svarovou čoučkou s hrubší dendritickou strukturou. Výška svarové čoučky mnohdy dosahuje celé tloušťky svařovaných materiálů (hrozí výstřik materiálu, vznikají velké otisky elektrod) a její průměr je relativně malý, což zhoršuje její únosnost (obr. 15). Používány jsou malé hodnoty proudu (tab. 3), tím pádem delší časy – elektrody jsou déle ve styku s materiálem a jsou dosti tepelně namáhané, proto mají menší životnost. Vzhledem k delším časům dochází k větší spotřebě energie, proces má menší účinnost – vyšší tepelné ztráty, proces je méně produktivní. Teplo se šíří do větší oblasti materiálu, dochází k většímu tepelnému ovlivnění materiálu, větším deformacím – zvýšení nákladů o výrobní proces rovnání. Na druhou stranu mohou být použity stroje s menším příkonem, vodiče s menším průřezem a proces je méně citlivý na odchylky odporové svařitelnosti materiálů – vzniká menší riziko zakalení.
- **Tvrký režim** je v podstatě opakem měkkého režimu. Je využíváno velkých proudů a větších tlaků v krátkém časovém úseku, viz tabulka 3 a obrázek 15. Krátké působení svařovací teploty vede k rychlému chladnutí a ke zjemnění struktury svaru. V materiálu vzniká menší tepelně ovlivněná oblast a menší deformace. Svarová čoučka je nižší. Účinnost procesu je vysoká. Je třeba stroj s větším výkonem než u měkkého režimu.

Tab. 3 Parametry svařování – měkký a tvrdý režim – bodové a švové [18]

Druh odporového svařování	Měkký režim		Tvrký režim	
	(MPa)	(A/mm ²)	(MPa)	(A/mm ²)
Bodové	2 až 6	140 až 200	>5	>200
Švové	2,5 až 6	160 až 375	>5	>375

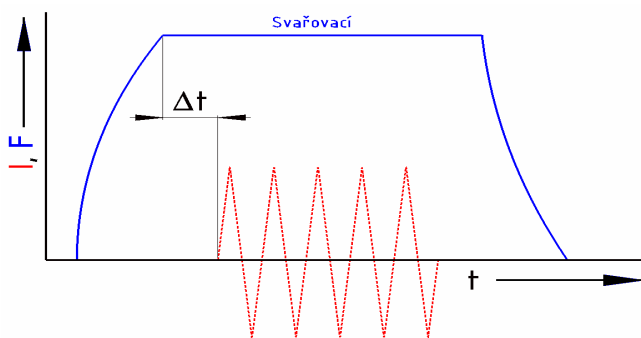


Obr. 15 Únosnost bodového svaru při různých parametrech, při tloušťkách plechů 1,5 mm z nízkouhlíkové oceli [14, 3]

- **Svařovací program** je časový průběh nastavených výše popsaných svařovacích parametrů. A tím i velmi důležitým pro výslednou kvalitu svaru. Program můžeme rozdělit na část průběhu svařovací síly a průběh proudu, i když působí zároveň. Svařovací proud je vždy spuštěn až po „najeť“ na svařovací tlak (se zpožděním). Složitější programy mohou

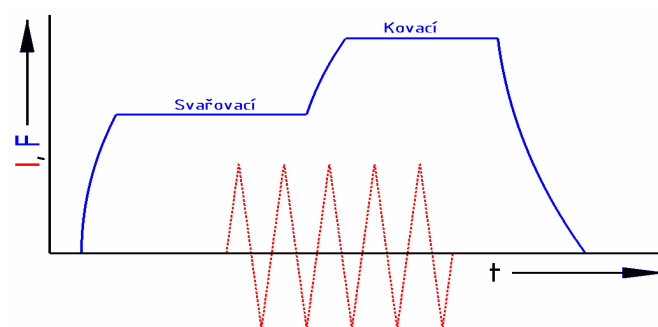
obsahovat i předeřev a nebo žihání při svařování. Některé typy programů jsou znázorněny a popsány na obrázcích 16 až 21.

- ❖ *Svařování při konstantní svařovací síle* (obr.16), kde je znázorněno, že proud je zapnut až po určité časové prodlevě po dosažení svařovací síly. Zpožděním je zajištěno vytvoření dobrého kontaktu a proud se nespustí dokud není dosaženo potřebné síly. Tlak po zastavení průchodu proudem by měl působit ještě do doby poklesu pod teplotu 400°C, tím je dosaženo lepší kvality spoje.



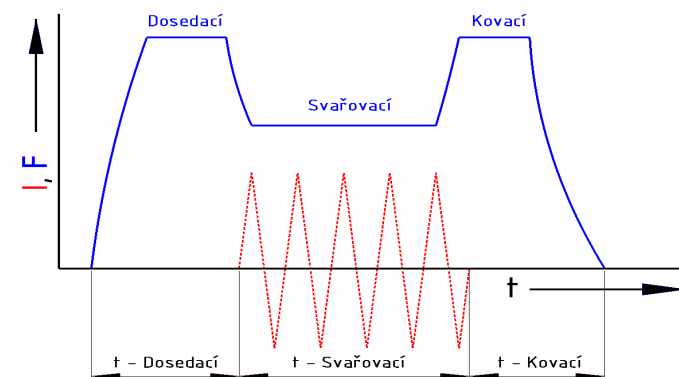
Obr. 16 Svařovací program s konstantní silou [3]

- ❖ *Svařování se zařazením kovací síly* (obr. 17). Kovací tlak po ukončení zjemní strukturu svarového kovu a zlepší mechanické vlastnosti. Ještě výhodnější variantou je využití tlaku, který se postupně navyšuje až na hodnotu kovacího tlaku již od počátku působení svařovacího proudu.



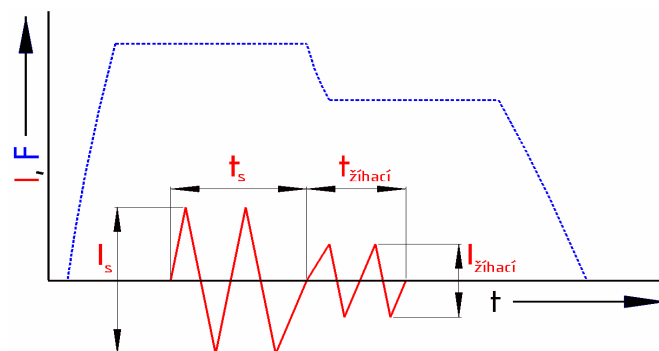
Obr. 17 Svařovací program s kovací silou [3]

- ❖ *Svařování s vícenásobnou změnou tlaku* (obr.18), kde na začátku působí dosedací síla, která má za úkol vyrovnat případné deformace a vytvořit dokonalejší kontakt. Dosedací síla je pro svařování příliš velká a proto se snižuje na hodnotu svařovací síly. Následně působí síla kovací. Tyto síly bývají většinou v poměru:
síla dosed. : síla svař. : síla kov.=
= 1,25 : 1 : 1,25.



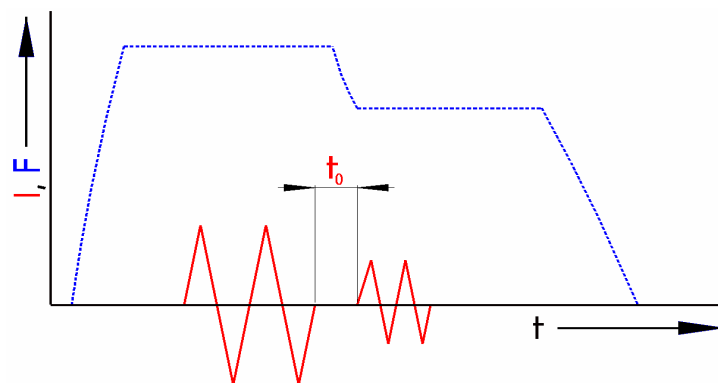
Obr. 18 Svařování s vícenásobnou změnou tlaku. [3]

- ❖ *Svařování s dvojnásobnou změnou proudu* (obr.19), kdy se svařovací proud sníží na proud žihací. V případě na obrázku se vlastně jedná o zpomalení ochlazování, což má význam hlavně u kvalitních ocelí, aby nedošlo k zakalení.



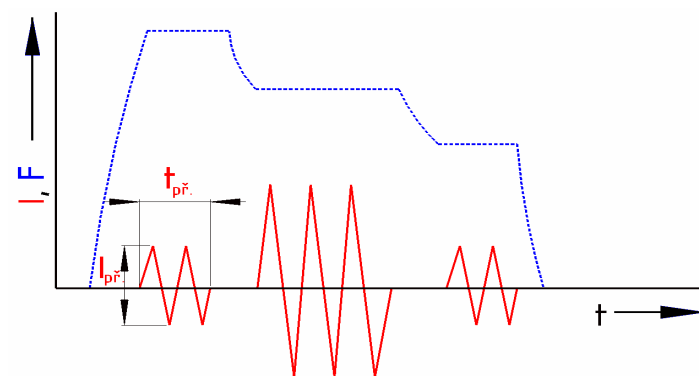
Obr. 19 Svař. s dvojnásobnou změnou proudu [3]

❖ Svařování s přerušením a změnou proudu (obr.20) má odlišnou funkci jako předcházející způsob. Materiál po dobu přerušení proudu ztuhnul a překročil teplotu pře-krytalizace. Průchodem dalšího proudu – zvýšením teploty, může dojít k popuštění a nebo normalizaci svaru.



Obr. 20 Svař. s přerušením a změnou proudu [3]

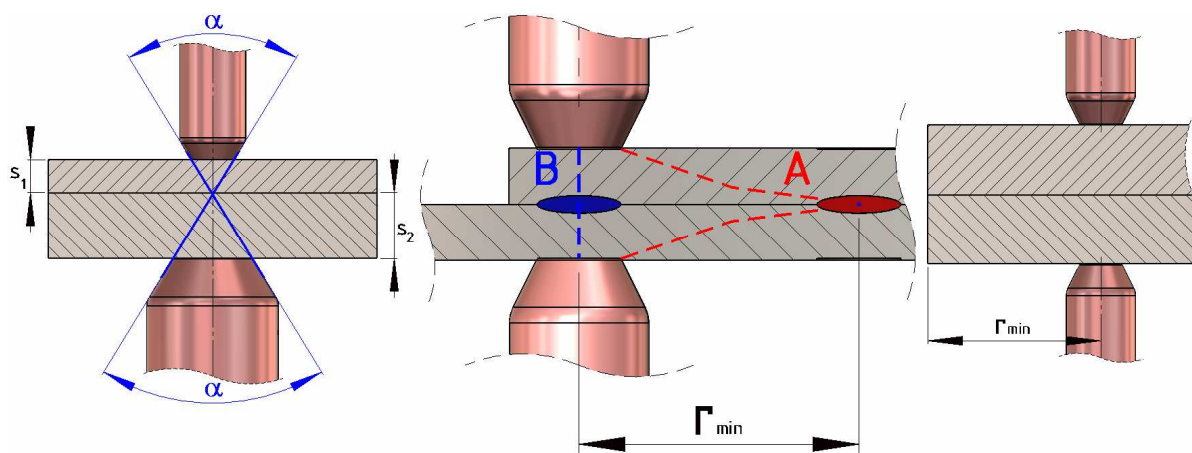
❖ Předehřívací proud (obr.21) protéká po určitou dobu, může vylepšit kontakt svařovaných, deform. dílů. Teplem plechy „změknou“. Předehřev také zpomalí ochlazování po svařování, což je výhodné zvláště u materiálů, které jsou náchylné na zakalení po svaření.



Obr. 21 Svařování s předehřívacím proudem [3]

2.3 TEPELNÁ ROVNOVÁHA [18]

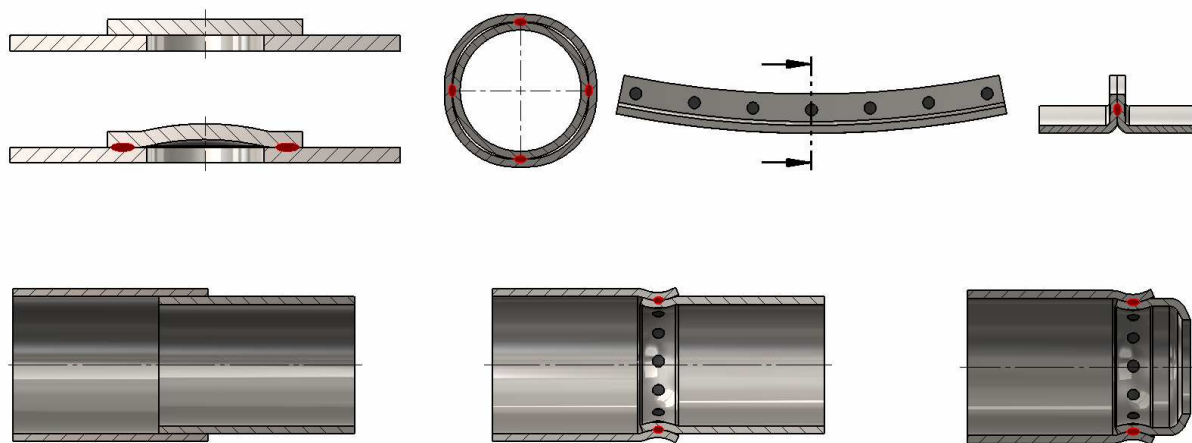
U odporového svařování velice důležitá tepelná rovnováha, ovlivňující rovnoměrnou tvorbu svarového kovu v obou svařovaných součástech. Problém tepelné rovnováhy je podstatný zvláště při svařování rozdílných materiálů, nebo materiálů rozdílných tloušťek. Svařování rozdílných tloušťek se například řeší volbou rozdílných průměrů elektrod (větší odpor – větší elektroda) (obr.30). Velikost elektrod se volí nepřímě úměrně vodivosti materiálu. Důležité je správně volit vzdálenost sousedních svarů a vzdálenost od okraje (obr.22). Řešení lze nalézt v diagramech a nomogramech.



Obr. 22 Řešení rovnováhy [18]

2.4 DEFORMACE PŘI BODOVÉM A ŠVOVÉM SVAŘOVÁNÍ [3]

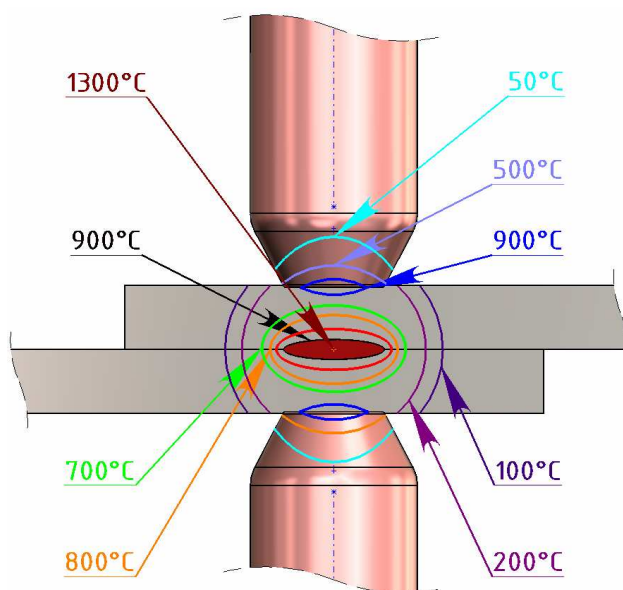
V porovnání s jinými metodami je teplo (v tomto případě vzniklé) ve svaru relativně malé. I deformace tím pádem budou poměrně malé, až tak, že je možné je často zanedbat. Velikost deformací je závislá také na svařovacím režimu (tvrdý/měkký). U měkkého režimu, vzhledem k většímu množství vzniklého tepla, budou deformace větší. Některé z deformací vznikající při bodovém a švovém svařování jsou znázorněny na obrázku 23. Deformace lze zmírnit různými technikami, ať je to zvýšenou pevností konstrukce, předepjetím na opačnou stranu předpokládané deformace nebo volbou vhodného postupu svařování.



Obr. 23 Deformace svařenců [3]

3 BODOVÉ SVAŘOVÁNÍ [14, 15, 18]

Princip bodového svařování spočívá v překrytí dvou kovových dílů a jejich svaření, přičemž vytvořený spoj není těsný. Využití této metody svařování je ekonomicky výhodné a rychlé, protože upínání samotných dílců není potřeba. Výroba je omezena tloušťkou svařovaných materiálů, i přesto je využívána k výrobě mnoha produktů jako jsou rámy automobilů, různá vedení kabeláží nebo nábytek. Proces bodového svařování je možno jednoduše zautomatizovat. Svařováno touto metodou může být většina materiálu při dodržení daných podmínek a využití doporučeného zařízení.

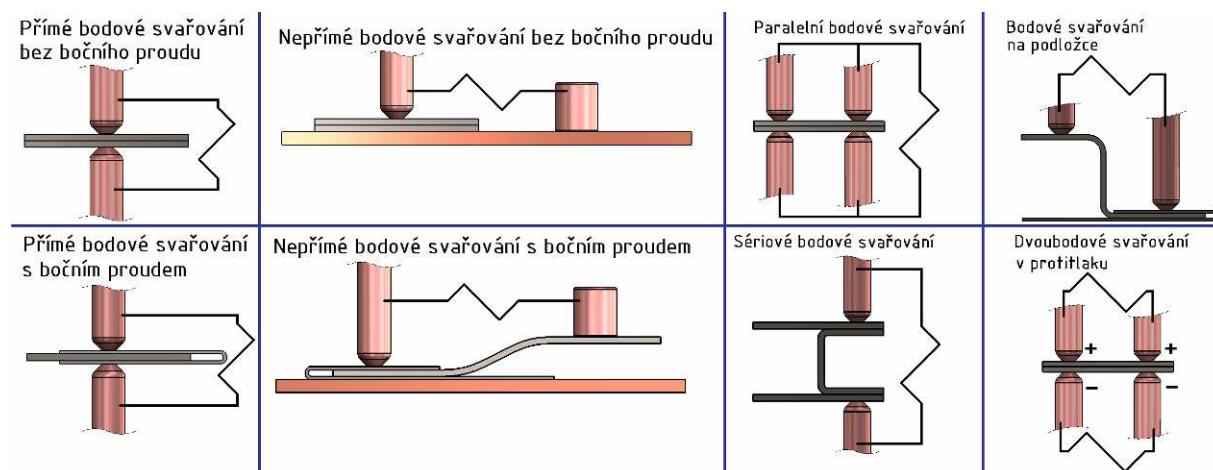


Obr. 24 Okamžité hodnoty teploty po ukončení svařování [15]

Odporový bodový svar je vytvořen průchodem proudu po určitý časový interval skrz svařované dílce. Proud je dodáván elektrodami, které také v průběhu svařování vyvíjejí na svařované dílce tlak. Proud je spuštěn poté, co elektrody dosednou na povrch svařovaných dílců. Tlak vytvářený elektrodami je vyvíjen před, v průběhu i po ukončení průchodu proudu. Obrázek 24 znázorňuje běžné rozprostření teploty na konci svařování. Bodové svařování lze rozdělit do dvou základních skupin:

- A. *Přímé svařování* – svar se tvoří mezi sousými, proti sobě orientovanými elektrodami z opačných stran materiálu.
- B. *Nepřímé svařování* – svar se tvoří mezi elektrodami které jsou mimo osu na jedné straně materiálu.

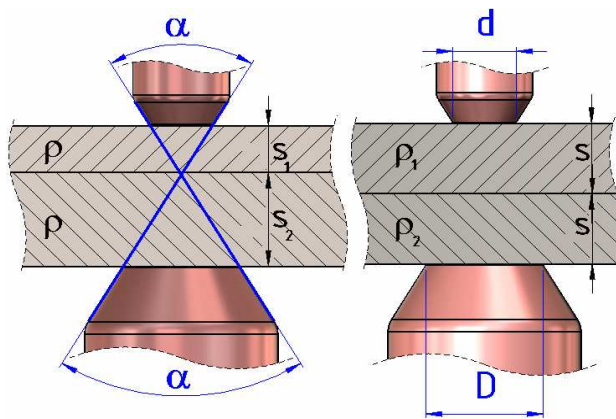
Oba způsoby mohou mít ještě různé varianty řešení jež jsou znázorněny na obrázku 25, například svařování s bočním proudem, svařování bez bočního proudu, dvoubodové svařování, vícebodové svařování, paralelní svařování, sériové svařování, dvoubodové svařování v protitlaku, svařování s překrývajícími se body.



Obr. 25 Základní a zvláštní druhy bodového svařování [14]

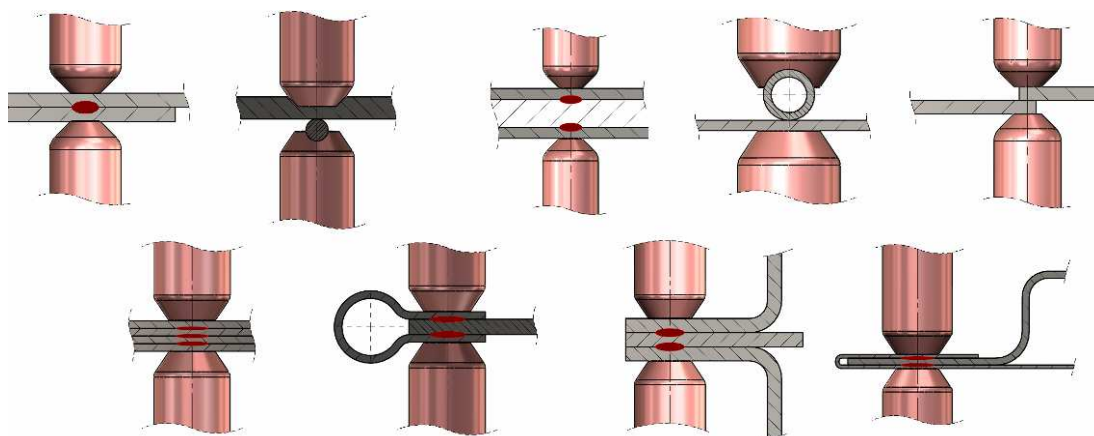
- *Tepelná rovnováha* - pro tvorbu dokonalé, symetrické svarové čočky je důležité, aby se teplo ve svaru tvořilo symetricky v obou materiálech. Je-li tepelná rovnováha narušena, například nerovnoměrnou tloušťkou materiálu, rozdílným chemickým složením materiálu, rozdílnými průměry elektrod, rozdílnými materiály elektrod, začne se materiál ohřívat nerovnoměrně. Závar v dílech vznikne nerovnoměrný a čočka je nesymetrická. Při kombinaci těchto ovlivňujících faktorů může být velmi složité určit vhodné parametry svařování tak, aby tepelná nerovnováha byla odstraněna. Správnost je pak nutno kontrolovat na příčných řezech bodového svaru

Dva základní problémy jsou nestejná tloušťka svařovaných dílců a různá tepelná vodivost (různý odpor materiálů). Odstranění nerovnováhy při svařování materiálů stejné tloušťky, ale rozdílného odporu, je řešeno volbou větší elektrody na straně materiálu s větším odporem a menší elektrody na straně materiálu s menším odporem, jak je znázorněno na obrázku 26. Z toho plyne, že průměry elektrod jsou přímo úměrné odporům svařovaných materiálů. Volba průměru elektrod vychází z doporučených hodnot pro daný materiál.



Obr. 26 Odstranění tepelné nerovnováhy bodového svaru [14,18]

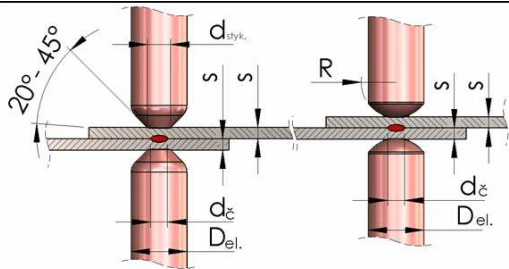
- *Technologie* - nejvýznamnější z odporů je přechodový odpor mezi svařovanými díly, protože ten je nejdůležitější pro vznik svaru. Přechodové – kontaktní odpory jsou potřeba co nejmenší, teplo vznikající v těchto oblastech je nutno odvádět pomocí vody proudící v elektrodách a úpravou stykových ploch. Průběh teplot, při tvorbě bodového svaru, při vhodně zvolených svařovacích parametrech, nezdeformovaných dílcích, neznečištěných površích materiálu, je znázorněn na obrázku 8 na straně 14. Nastavením nevhodných podmínek svařování, může vzniknout nedokonalý svar (difúzní), může dojít k poškození elektrod, výstřiku svarového kovu, může dojít k vytvoření hlubokých vtisků do materiálu a k deformacím v okolí svaru. Je možno využít dvou režimů svařování, měkkého režimu a tvrdého režimu. Režimy jsou rozděleny dle specifických tlaků elektrod a procházejících proudů (Tab. 3 Parametry svařování – měkký a tvrdý režim – bodové a švové na straně 19). Příklad základních typů bodových svarů a jejich rozmístění je znázorněno na obrázku 27.



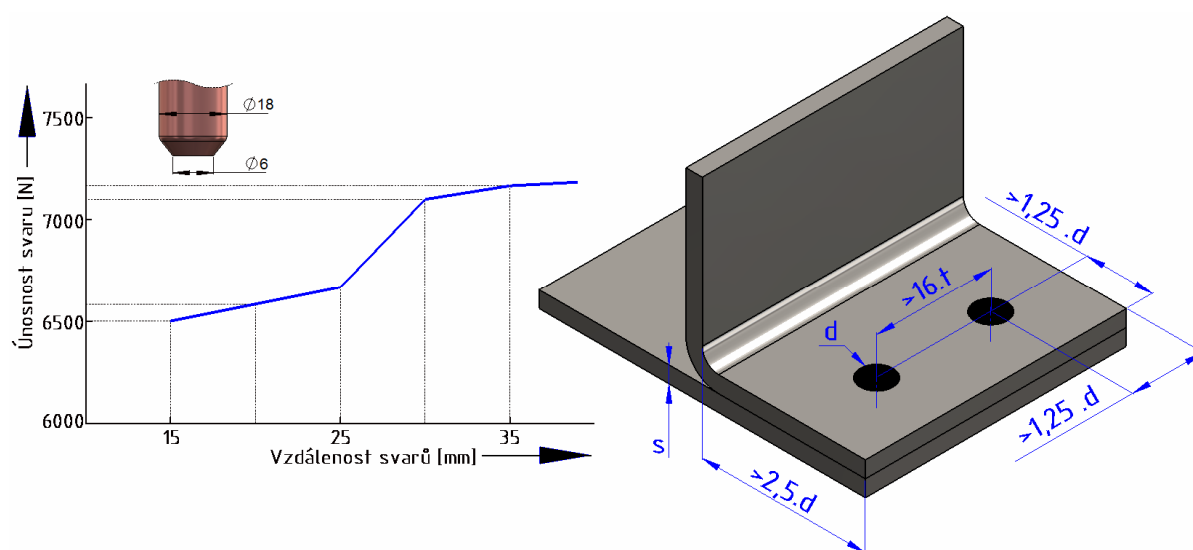
Obr. 27 Základní typy a alternativy bodových svarů [3, 14]

Výhody, nevýhody a popis tvrdého a měkkého režimu, vliv jednotlivých parametrů jsou popsány v kapitole 2.2 Parametry svařování na straně 19. Nastavované parametry pro měkký a tvrdý režim jsou uvedeny v tabulce 4.

Tab. 4 Parametry bodového svařování na jednofázových strojích [3]

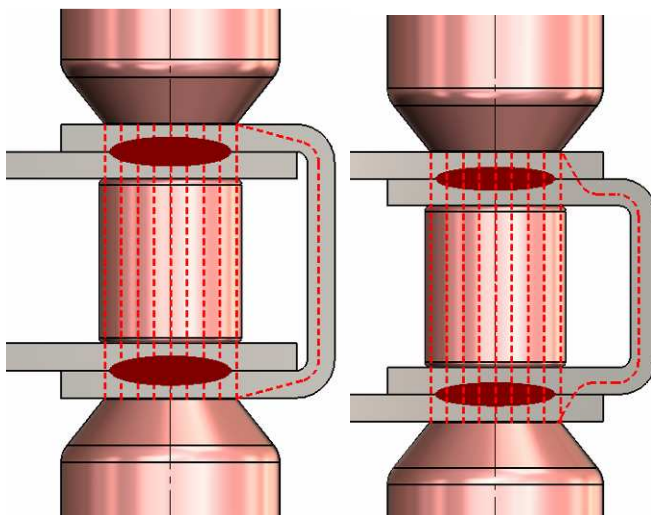
						Tl. plechu	Svařovací síla		Svařovací proud		Svařovací čas	
							Tvrdý režim	Měkký režim	Tvrdý režim	Měkký režim	Tvrdý režim	Měkký režim
Materiál	D _{min}	d _{styk.}	R	d _č	s	F _s		I _s		t _s		
	[mm]				[mm]	[N]		[kA]		[Per]		
Nízkouhlíková ocel do 0,3 %C	10	4,0	50	3,5	0,5	1500	600	6,5	4,0	3	10	
	12	6,0	75	4,5	1,0	2500	1000	9,0	5,0	6	20	
	12	6,0	75	5,0	1,3	3000	1200	10,0	5,5	8	30	
	16	6,0	75	5,5	1,5	3500	1500	11,0	6,0	10	40	
	16	7,0	75	6,5	2,0	5000	2000	14,0	7,0	15	50	
	19	8,0	75	7,5	2,5	7000	2500	16,0	8,0	25	75	
	19	9,0	100	8,5	3,0	8000	3000	18,0	9,0	30	100	
Nerezová ocel	16	4,0	50	3,5	0,5	1750		3,8		4		
	16	4,5	75	4,0	0,8	3000		6,0		5		
	16	5,0	75	4,5	1,0	4000		7,6		7		
	19	6,0	75	5,5	1,5	6500		11,0		10		
	19	7,0	100	6,5	2,0	9000		14,0		13		
	19	7,5	100	7,0	2,5	12000		16,0		16		
	19	8,5	100	8,0	3,0	15000		18,0		19		

Na uspořádání svarů je potřeba dbát, rozmístění – nedodržení vzdáleností jednotlivých svarů může mít negativní vliv na kvalitu svaru (efekt odbočování). Pevnost spoje může výrazně klesat se zmenšující se vzdáleností, jak je vidět na obrázku 28, kde diagram znázorňuje klesající únosnost svaru v závislosti na vzdálenosti sousedního svaru. Diagram je platný pro svary nízkouhlíkových ocelí o tloušťce 1mm, při proudu 6000 A, síle 2500 N a čase 8 period.



Obr. 28 Vliv vzdálenosti svarů, doporučené rozměry pro bodové svary [3, 14]

- ❖ V některých případech hraje dosti značnou roli i samotná konstrukce svaru, jak je znázorněno na obrázku 29, kde v prvním případě je možná boční cesta „komplikovanější“ větším množstvím „překážejících“ odporů – tudíž méně pravděpodobná (lepší z variant - nevznikne odbočení).



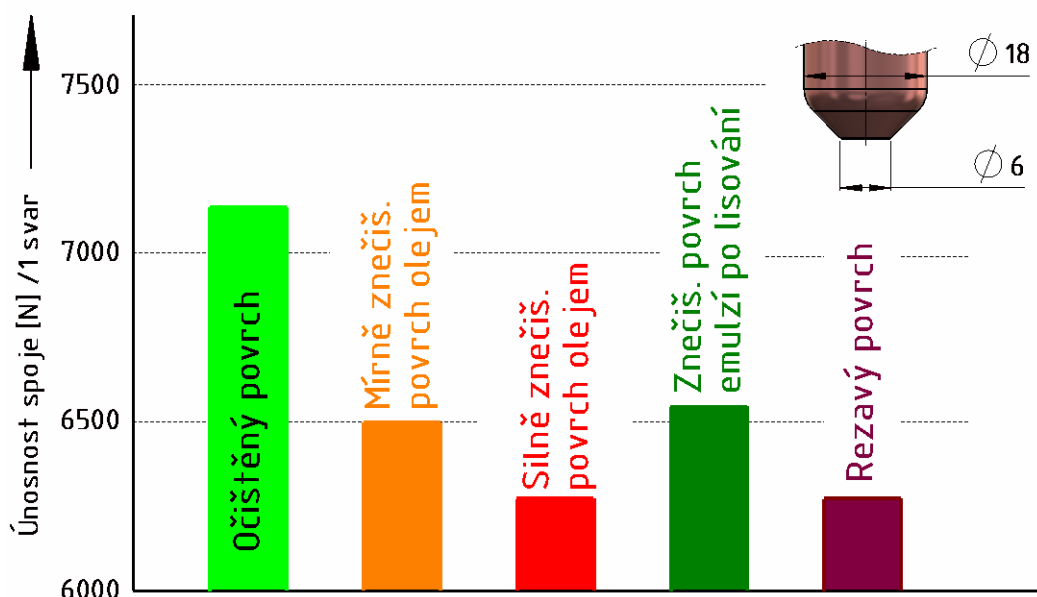
Obr. 29 Vliv konstrukce [3]

- ❖ Mnohé výrobky se před svařením tváří a tvářecí nástroje se velmi často opotřebovávají. Tyto nástroje pak mohou vytvořit na součásti nežádoucí tvary, které pak zapříčiní špatné dosednutí svařovaných ploch a nekvalitní svar. Proto i z pohledu svařování je potřeba dbát na kontrolu lisovacích nástrojů. Vztah stavu povrchu a velikosti odporu je zřejmý z tabulky 5.

Tab. 5 Vliv stavu povrchu na velikost odporu [3]

Stav povrchu	Odpor [$\mu\Omega$]
Broušený	110
Čištěný smirkovým kotoučem	160
Opilovaný	280
Mořený (v kyselině)	300
Odřezaný (mechanicky)	1200
Očištěný smirkovým kotoučem a žíhaný	80000
Okujený	80000
Okujený a zrezlý	500000

- *Příprava svařovaných dílů* - dalším vlivem na kvalitu svaru je čistota povrchů (jak elektrod, tak svařovaných dílů). Každá nečistota na povrchu způsobuje navýšení přechodového/stykového odporu (obráz. 30). Plechy jsou většinou před svařováním ještě jinak upravované nebo konzervované, jsou „mastné“ a na tuto mastnotu se nashromáždí prach a nečistoty a ty právě zvyšují odpor. Proto se před svařováním povrchy odmašťují a oplachují.

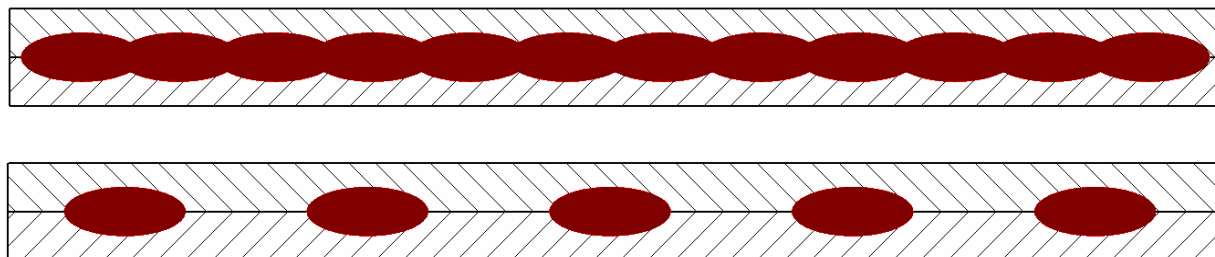


Obr. 30 Vliv čistoty povrchu na nosnost svaru [3]

4 ŠVOVÉ SVAŘOVÁNÍ [14, 15, 18]

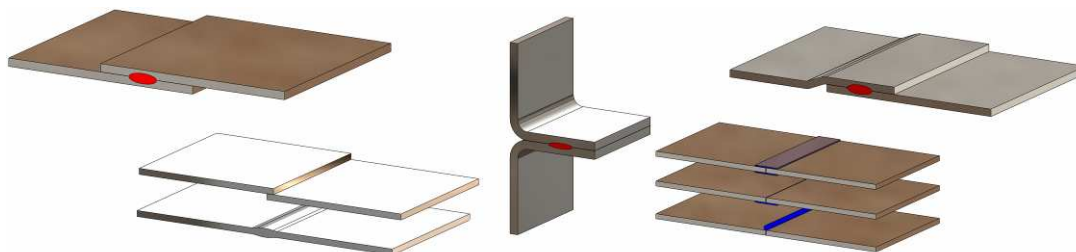
Technologií švového svařování je tvořena sérií překrývajících se bodových svarů. Svary jsou vytvářeny pomocí jedné nebo dvou rotačních elektrod, elektrody jsou v průběhu procesu neustále v dotyku s materiálem. Vytváří se svar, který je těsný jak vůči plynům, tak vůči kapalinám, avšak ne každý. Princip metody je v podstatě stejný jako v případě bodového svařování. Technologií švového svařování mohou být vytvořeny dva základní typy svarů, jak je znázorněno na obrázku 31:

- Švový nepřerušovaný svar, který je těsný a jeho tvar je závislý na svařovacích parametrech.
- Švový přerušovaný svar který těsný není. V podstatě se jedná o bodový spoj vytvořený rotačními elektrodami, také zde hrají samozřejmě roli nastavené parametry.



Obr. 31 Švový nepřerušovaný a přerušovaný svar [14]

Na obrázku 32 jsou znázorněny základní možnosti vytvoření švového svaru. Obecně lze říct, že principy bodového svařování lze převést na svařování švové. Vzdálenost od okraje, rozměry elektrod a síly při svařování jsou srovnatelné. Nicméně díky tomu, že se elektroda nebo elektrody odvalují, je každý vytvořený „bodový“ svar více či méně oválný. Tato skutečnost společně s odbočovací efektem ovšem vyžadují změnu hodnot svařovacího času a proudu.

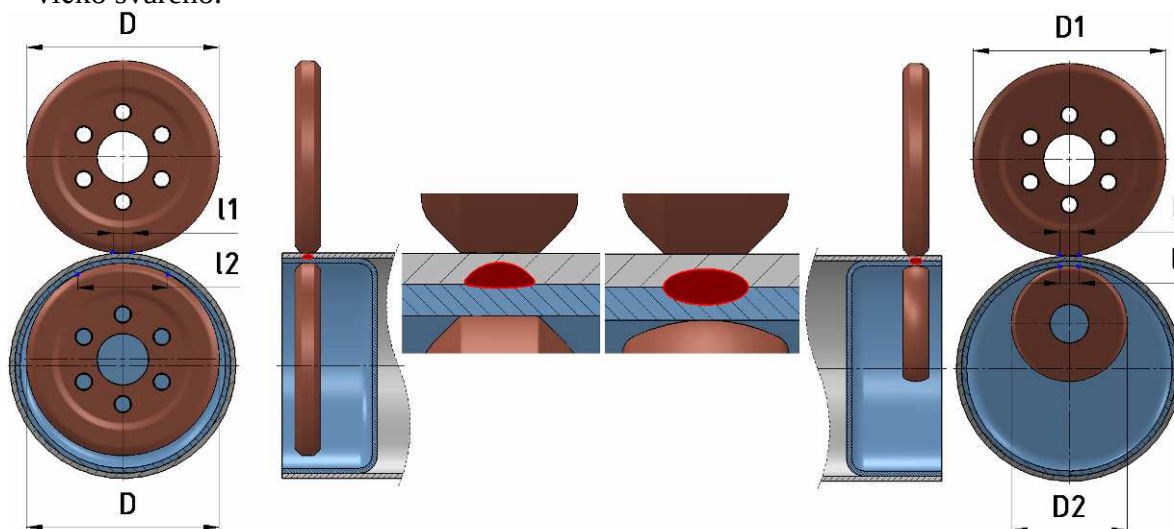


Obr. 32 Švové svar [14]

Aby nedošlo k vystříknutí kovu a opálení okrajů materiálu, musí být přeplátování větší než dosedací plochy elektrod. Kromě běžných metod, existují i metody méně běžné jako například svařování s rozválcováním nebo svařování s přídavným materiálem (pásky). Při svařování s přídavným materiálem nejsou svařované díly přeplátovány. Přídavné pásky jsou přiloženy z jedné nebo obou stran na svařované díly, které jsou touto technologií svařeny na tupo. Na místo svařování dvojmo kotoučovými elektrodami je možno svařovat i některou z metod, jež využívají na místo jedné ze dvou kotoučových elektrod elektrodu ve formě podložky nebo trnu:

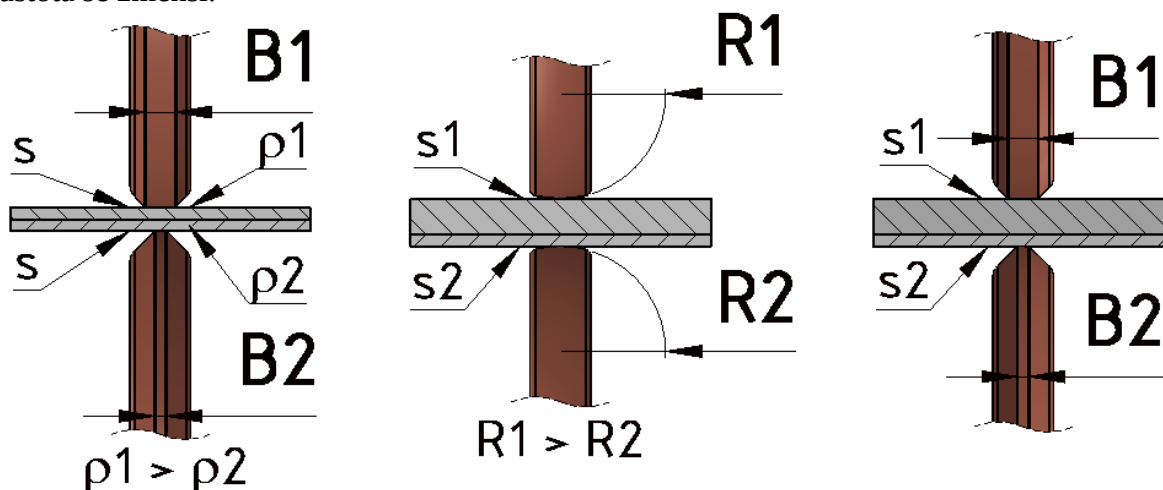
- ❖ Švové svařování na podložce.
 - ❖ Švové svařování s pohyblivou podložkou/trnem.
 - ❖ Švové svařování s putujícím kotoučem.
- Tepelná rovnováha švového svaru je řešena v podstatě stejnými metodami jako svařování bodové. Průměr stykové plochy bodové elektrody je nahrazen stykovou šířkou kladky. Dalším podstatným parametrem je zde průměr elektrody. Jak je možné si všimnout na obrázku 33, i když mají elektrody stejnou velikost jejich styčné plochy se liší. Spodní

elektroda je v dotyku se svařovaným materiálem na větší ploše – tím je zmenšena proudová hustota (proud působí na velké ploše) protékajícího svařovacího proudu, což v důsledku znamená, že se nevytvoří symetrický svar (levá polovina obrázku 33). Zmenšením spodní elektrody se dosáhne vyrovnání styčných ploch elektrod (koncentrace elektrického proudu) a tím je umožněna symetrická tvorba svaru (pravá polovina obrázku 33). Pokud je nutno podmínky pro vznik svaru ve víčku ještě vylepšit nabízí se například možnost vytvořit víčko z materiálu s větším odporem než je vyroben plášť se kterým je víčko svařeno.



Obr. 33 Dosažení tepelné rovnováhy při švovém svařování víčka [14]

Řešení nerovnováhy ve svarovém spoji dvou rozdílných materiálů, nebo dvou rozdílně tlustých materiálů je řešeno v podstatě stejným způsobem (obr. 34). Na straně materiálu s větším odporem se použije elektroda s větší šířkou – je zvětšena styčná plocha a proudová hustota se zmenší.

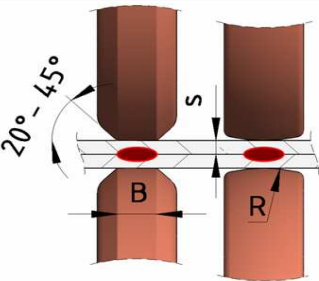


Obr. 34 Metody dosažení tep. rovnováhy při svařování různých mat., různých tlustých [14]

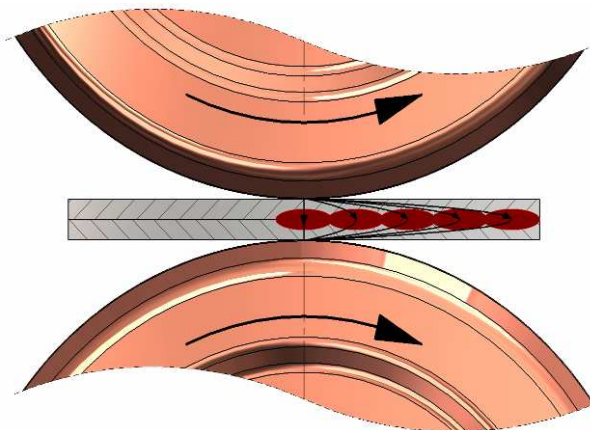
- **Technologie a nastavované parametry** - jak již bylo řečeno mezi bodovým a švovým svařováním je velká podobnost. Avšak švové svařování má své určité zvláštnosti. Materiály svařitelné bodovým svařováním jsou převážně svařitelné i švově. Kvalitu švového svaru ovlivňuje více parametrů. Parametry ovlivňující švový svar jsou (tab.6): vzdálenost svarových bodů, svařovací tlak, svařovací proud, svařovací rychlost, svařovací cyklus, šířka a tvar stykové plochy elektrody a průměr elektrody. Švový svar je tvořen počtem bodových svarů, které se mohou, ale nemusí překrývat. Pokud je vzdálenost mezi

jednotlivými body velmi malá, je ohříván materiál v místě vzniku příštího bodu - se zvyšující se teplotou roste i odpor materiálu, ve stejnou chvíli prochází část svařovacího proudu předchozími svary (odbočovací efekt). Z těchto důvodů je nutno navýšit svařovací proud a svařovací tlak.

Tab. 6 Parametry švového svařování [14]

			Tl. Plechu	Svařovací díla	Svařovací proud	Čas cyklu		Svařovací rychlost	Rozteč mezi svary	Počet bodů/cm = $10 / e'$
Materiál	B	R				Čas svaru	Čas přestávky			
	[mm]	[mm]	[mm]	[N]	[kA]	[Per]	[Per]	[m/min]	[mm]	i
Nízkouhlíková ocel do 0,3% C	3,0	50	0,5	2500	10,60	1	2	2,3	2,30	4,35
	3,6	50	0,8	3400	13,00	2	2	2,1	2,80	3,57
	4,0	75	1,0	4000	15,00	2	3	1,9	3,17	3,15
	5,0	75	1,5	5250	17,50	3	3	1,7	3,40	2,94
Nerezová ocel	3,0	50	0,5	3200	8,25	1	2	1,4	1,40	7,14
	3,6	50	0,8	4000	12,00	2	3	1,3	2,17	4,61
	4,0	75	1,0	5800	12,80	3	3	1,2	2,40	4,17
	5,0	75	1,5	8100	15,10	3	4	1,1	2,57	3,89

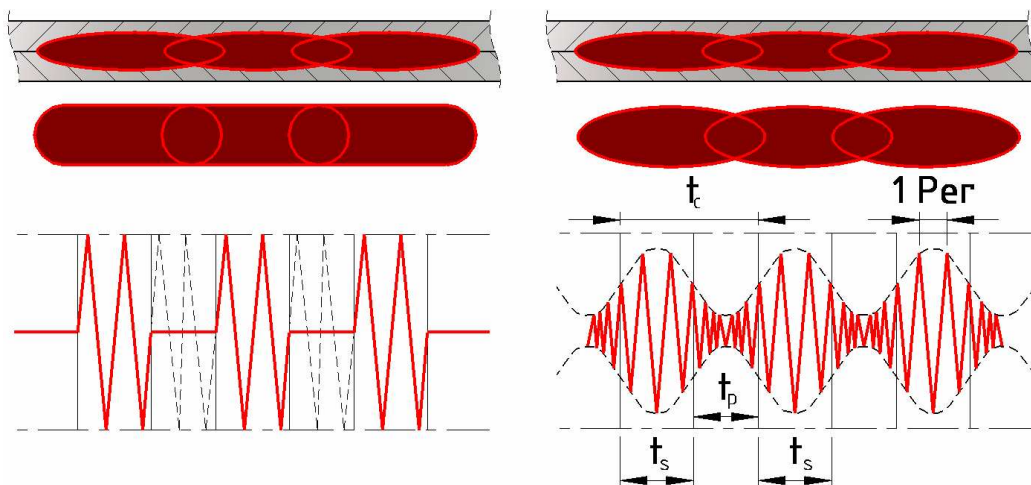
- Svařovací síla/tlak je stejně jako proud zhruba dvojnásobný než u svařování bodového. Tlak je závislý na materiálu svařovaných dílců, na tvaru styčné plochy elektrod, na průměru a materiálu elektrod a chlazení elektrod. Se zvětšující se šířkou elektrod je možno zvětšit tlak, ale zároveň i svařovací proud. Jelikož u švového svařování je nemožné vyvodit sílu i po průchodu svařovacího proudu (v průběhu chladnutí svaru), je vyžadováno, aby síla co nejvíce působila v místě tvorby svaru. Dalším důvodem zvýšení síly u švového svařování je teoretická styčná část (úsečka, reálně ploška), která je mnohem menší než styčná plocha u bodového svařování, což znamená větší proudovou hustotu, což vyžaduje lepší kontakt mezi svařovanými díly. Materiál je podáván rotací elektrod, což je další faktor ovlivňující velikost síly elektrod, kdyby síla byla „malá“ docházelo by k proklouznutí materiálu.
- Svařovací proud lze měnit v celkem velkém rozsahu. Mezi faktory ovlivňující proud patří v první řadě druh svařovaného materiálu a jeho tloušťka, dále svařovací rychlost, šířka styčné plochy elektrod, svařovací tlak. Svařovací proud ovlivňuje množství vzniklého tepla, při nedostatečném proudu neboli nedostatečné generaci tepla by vznikl pouze difusní svar. Část proudu prochází přes předešlé svary (jak je vidět na obrázku 35), což je fakt, který vyžaduje navýšení proudu.



Obr. 35 Odbočování proudu při švovém svařování [14]

Svařovací proud je zhruba dvojnásobný v porovnání s proudem u bodového svařování.

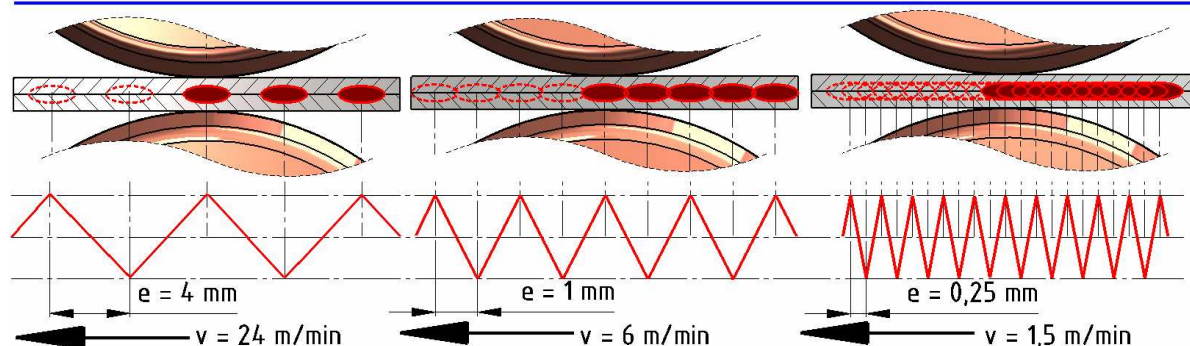
- Modulační svařovací proud je v podstatě utlumení svařovacího proudu v určitém časovém intervalu (obr.36).



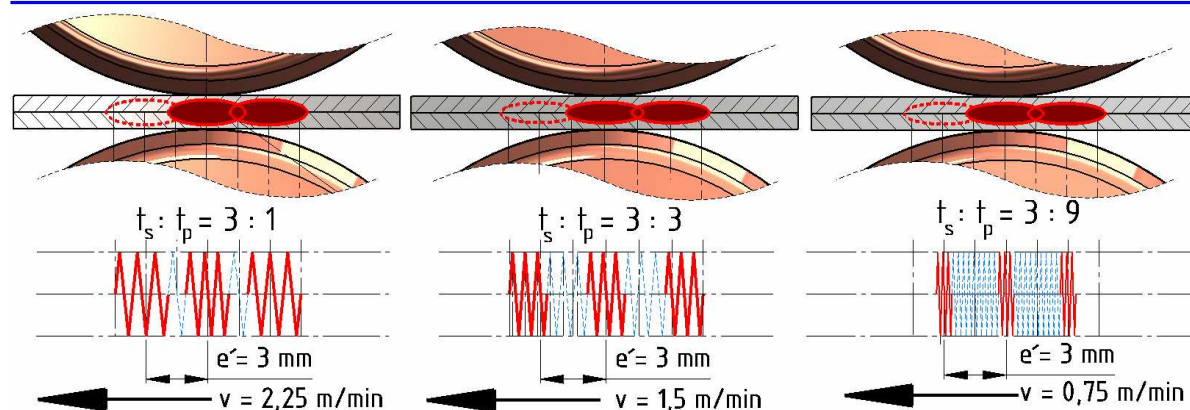
Obr. 36 Modulační svařovací proud [3, 14]

Modulace nebo přerušování proudu je důležité při svařovacích rychlostech nižších jak 6 m/min. Modulací a přerušováním proudu se předchází přehřátí švového svaru. Díky modulaci a přerušování vzniká kvalitnější svar, lepší vzhled povrchu a je možno lépe dosáhnout tepelné rovnováhy ve svaru. Vliv přerušování, modulace a rychlosti svařování je znázorněn na obrázku 37. Rozestupy mezi body svaru při přerušovaném svařování (e') a nepřerušovaném svařování (e) lze spočítat ze vztahů 2.9 a 2.10 na straně 31.

Nepřerušované



Přerušované



Obr. 37 Vliv rychlosti a modulace proudu na tvorbu švového svaru [14]

Výpočet rozestupů svarů při nepřerušovaném svařování lze vypočítat ze vztahu:

$$e = \frac{v_s \cdot 1000}{2 \cdot f \cdot 60} = \frac{v_s}{6} \quad [\text{mm}] \quad (2.9)$$

kde:

v_s [m/min] - Svařovací rychlost
 f [Hz] - Frekvence elektrické sítě (50 Hz)

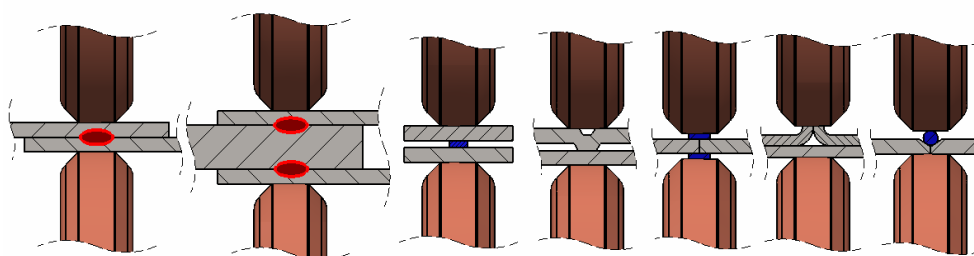
Výpočet rozestupů svarů při přerušovaném svařování lze vypočítat ze vztahu:

$$e' = \frac{v_s \cdot 1000 \cdot t_s}{f \cdot 60} = \frac{v_s \cdot t_c}{3} \quad [\text{mm}] \quad (2.10)$$

kde:

v_s [m/min] - Svařovací rychlost
 f [Hz] - Frekvence elektrické sítě (50 Hz)
 t_c [s, per] - Celkový čas jednoho pulzu
 (čas svařování + čas přerušení)

- Typy, rozmístění a velikosti svarů jsou obdobné jako u bodového svařování. Některé ze základních typů a tvarů jsou znázorněny na obrázku 38.



Obr. 38 Základní typy a tvary švových spojů [14]

Nejpoužívanější jsou přeplátované švové spoje, nejznámějším je přeplátování dvou dílů (plechů). Rozdíl je v podmínkách rozestupů. V tabulce 7 jsou uvedeny hodnoty pro tvar kladky a velikost přeplátování dílů pro nízkouhlíkové oceli a hodnoty pro nerezové oceli.

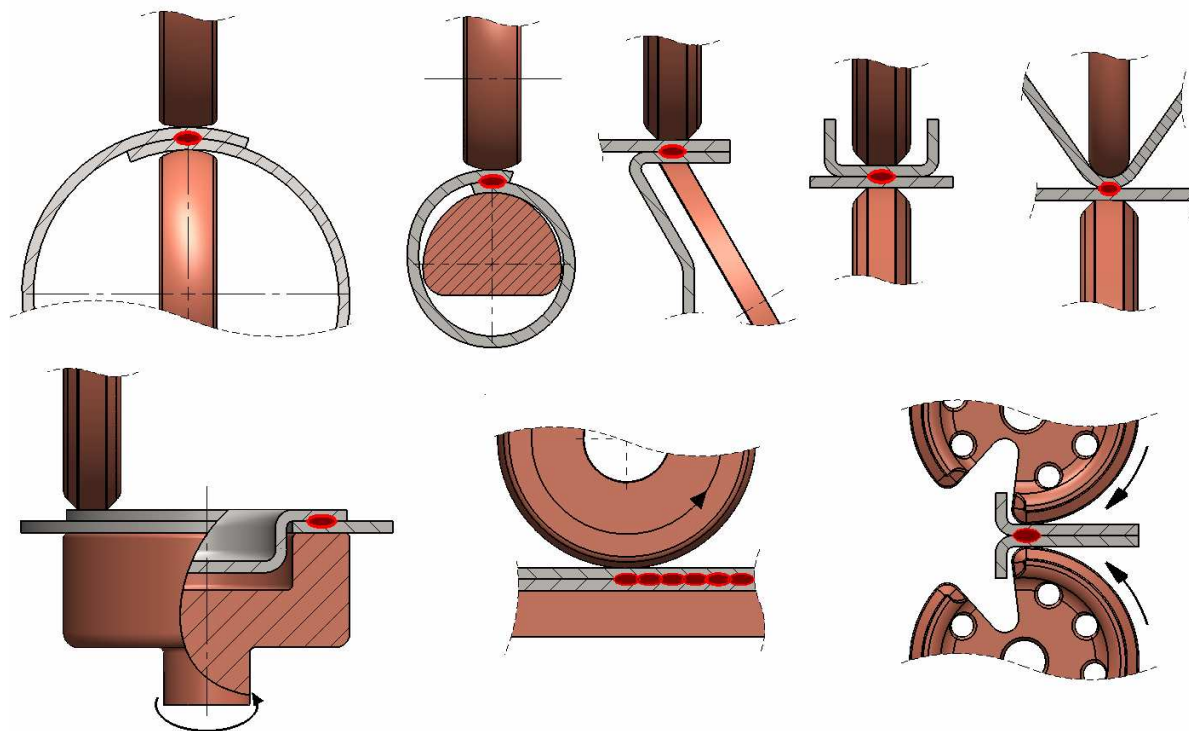
Tab. 7 Tvary kladky a hodnoty přeplátování [3]

Tl. plechu	Nízkouhlíkové			Nerezové	
	Profil kladky		Min. přeplátování	Profil kladky	Min. přeplátování
s [mm]	Kmin [mm]	kmax [mm]	L [mm]	Kmin [mm]	L [mm]
0,25	9,50	5,00	9,50	5,00	6,50
0,55	9,50	5,00	11,00	6,50	9,50
0,80	13,00	6,50	13,00	9,50	11,00
1,00	13,00	6,50	13,00	9,50	13,00
1,25	13,00	8,00	14,50	13,00	16,00
1,60	13,00	8,00	16,00	13,00	16,00
2,00	16,00	9,50	17,50	16,00	17,50
2,40	16,00	11,00	19,00	16,00	19,00
2,80	19,00	13,00	21,00	19,00	21,00
3,20	19,00	13,00	22,00	19,00	22,00

➤ *Příprava svařovaných dílů a elektrod* má významný vliv na kvalitu svaru. Zvláště stálá hodnota přechodového odporu je důležitá, proto úprava a čištění materiálu hraje významnou roli. Materiál v místě svaru musí být kovově čistý, neokysličený a bez nečistot. Materiály zoxidované nelze svařovat. Svařovací proud v případě svařování zoxidovaných materiálů prochází pouze čistými místy. Dochází k velké koncentraci proudu v těchto čistých místech (lokální natavení materiálu) a kotoučové elektrody se opalují (velmi rychlé opotřebení). Čištění materiálu probíhá buď chemicky nebo mechanicky.

Různé alternativy předcházejících základních typů svařování přeplátování jsou znázorněny na obrázku 39:

- ❖ nahrazení jedné z rotačních elektrod deskovou elektrodou,
- ❖ svařování trubek, kde je rotační elektroda nahrazena tvarovou vložkou,
- ❖ svařování trubek velkých průměrů mohou být svařeny pomocí dvou rotačních elektrod,
- ❖ svařování na podložce pomocí dvou za sebou umístěných elektrod – dva sériové svary,
- ❖ svařování jednoho lemu, svařování dvou lemů, svařování ohnutého lemu, kde je potřeba změnit úhel kladek,
- ❖ kruhový svar, kde podložka je kruhová,
- ❖ svar začínající od lemu a další.



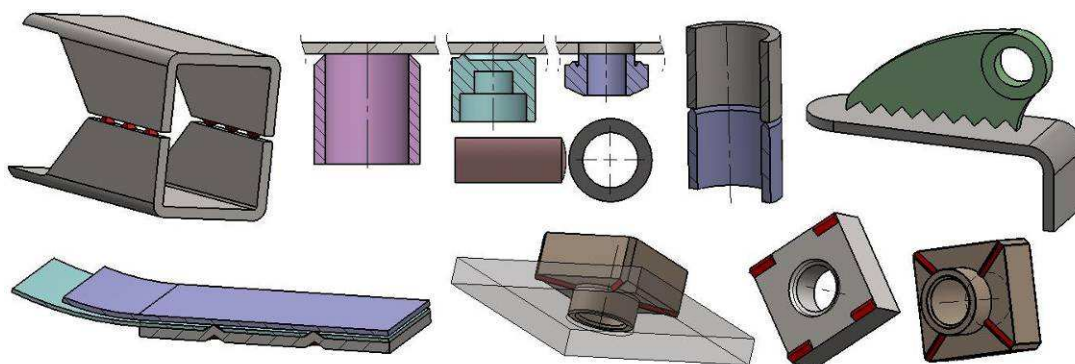
Obr. 39 Alternativy základních typů švových svarů [14]

5 VÝSTUPKOVÉ SVAŘOVÁNÍ [14, 15]

V kapitolách o bodovém a švovém svařování bylo ukázáno a popsáno jak velký má velikost a tvar svařovacích elektrod vliv na výsledný tvar, velikost, únosnost svaru – celkově kvalitu svaru. Také bylo popsáno jak svařovací proud prochází přes styčné plochy elektrod. Tyto proudy jsou v řádech tisíců ampérů na čtvereční centimetr. Proto síla elektrod anebo jejich tvrdost jsou sníženy k získání maximální elektrické vodivosti. To vede k rychlejšímu opotřebení elektrod.

Výstupkové svařování, jehož příklady jsou znázorněny na obrázku 40 na následující straně, je odporový proces, kterým je proud a teplo během svařování soustředěno do předem daného místa navrženého na součásti. To je obvykle dosaženo výstupkem nebo prolisem na jednom nebo obou svařovaných dílech. Z toho může být patrné, že velikost stykové plochy elektrod nemá vliv na výstupkové svařování a proudová hustota může být snížena, což dovoluje použití tvrdších a tužších elektrodových materiálů.

Výstupek může být prolisován na plechu, vyroben na dílu obráběním nebo vytvořen ohnutím hrany materiálu. Výška výstupku může být různá a je závislá na tloušťce svařovaného materiálu. Účelem výstupku je koncentrovat svařovací proud a svařovací sílu do předem určeného bodu. V této modifikované technologii bodového svařování je koncentrace proudu stanovena spíše přípravou svařovaných dílů než tvarem a velikostí svařovacích elektrod. Výstupek je většinou kruhový, ale může mít i rovinný tvar. Kruhový tvar je však výhodnější jak při svařování, tak z pohledu lisovacích nástrojů.



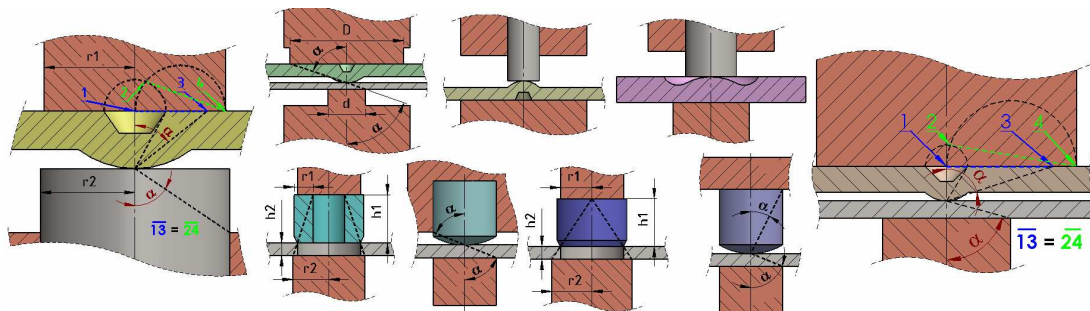
Obr. 40 Příklady výstupkových svarů [14]

- **Tepelná rovnováha** - výstupkové svařování zahrnuje převážně svařování dílců rozdílného tvaru, průřezu nebo i materiálu. K dosažení požadované kvality svaru je nutné, aby oba svařované dílce současně dosáhly požadované svarové teploty, což je splněno, pokud jsou dílce v tepelné rovnováze. Pokud v rovnováze nejsou, vytvořený svar bude difusní nebo se naopak jeden ze svařovaných dílů přehřeje.

Převážně se svařují díly, které nemají stejnou geometrii, a to znamená, že dodržení tepelné rovnováhy je poněkud složitější. Tvarová rozdílnost způsobuje tepelnou nesymetrii. Částečně se tepelné asymetrii dá zabránit urychlením procesu (odvedené teplo se minimalizuje), což znamená použití tvrdých svařovacích režimů. Avšak tvrdé režimy mohou mít i své nevýhody, jako jsou lokální přehřátí materiálu, výstřiky nebo podřezání spoje. Aby nemusely být použity extrémně tvrdé režimy, proces je řešen příznivým umístěním výstupků a příznivým umístěním přívodu proudu do svařovaných dílců. Výstupky odvádějí méně tepla nežli rovné plochy neboli výrazně rychleji dojde k jejich zahřátí na teplotu svařování. Na dílech symetrických ze stejného materiálu jsou vytvářeny výstupky široké, nízké s velkou základnou. Při svařování dílů s různou tloušťkou se vytváří výstupky na tlustším z materiálů a při svařování dílů z rozdílných materiálů se výstupky vytváří na materiálu s lepší tepelnou vodivostí.

Materiál elektrod je vysoce tepelně a elektricky vodivý. Odvod tepla se z oblasti svaru odvádí především do svařovaných dílů a elektrod, odvod tepla do okolní atmosféry je zanedbatelný. Na obrázku 41 jsou znázorněny nejběžnější řešení tepelné rovnováhy:

- ❖ přivařování plného čepu na plnou desku,
- ❖ svařování dvou plechů rozdílné tloušťky,
- ❖ přivařování „tenkého“ čepu na plech/tlustou desku,
- ❖ přivařování plného čepu na desku s otvorem,
- ❖ přivařování dutého čepu/trubky na desku s otvorem.



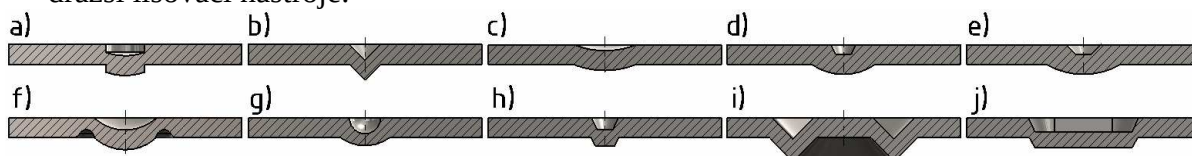
Obr. 41 Řešení tepelné rovnováhy výstupkových svarů [14]

- **Určení tvarů výstupků** - výstupky vznikající prolisováním materiálu tzv. bradavky, existují v různých tvarech (obr. 42). Ne každý tvar se však hodí pro libovolné využití. Výstupky koncentrují procházející svařovací proud a svařovací tlak do určitého místa materiálu. Je dosaženo velmi rychlé tvorby tepla a vytvoření svaru. Bradavky se vytváří v určitém rozsahu tlouštěk materiálů (0,3 mm – 6 mm), výstupky vytvořené na tloušťkách menších jak 0,3 by nebyly znatelné a na materiálech tlustších jak 6 mm je tvorba výstupků nesnadná.

Bradavky musí mít určitou pevnost, aby nedošlo k jejich deformaci už při vyvození tlaku před svařováním – průchodem proudem. Vytvořením bradavky by nemělo dojít zeslabení materiálu. Při svařování s více bradavkami by měli být všechny bradavky stejně vysoké. Vytvořené bradavky nesmějí být porušené nebo zdeformované. Různé tvary bradavek jsou znázorněny na obrázku 42 i se stručným popisem.

Popis do obrázku:

- a) malá nosnost, nedoporučené,
- b) malý rozměr – nevyhovuje,
- c) nevhodné pro plechy do 3 mm, u tlustších plechů ojediněle,
- d) pro tloušťky plechů 0,75 mm – 2,5 mm, případně více,
- e) pro tloušťky plechů 0,75 mm – 2,5 mm, případně více,
- f) pro tloušťky plechů 0,75 mm – 2,5 mm, případně více,
- g) méně obvyklé, potřeba většího svařovacího výkonu,
- h) pro plechy nad 3 mm, optimální tuhost, především u plechů s větší tloušťkou,
- i) pro plechy do 0,75 mm, velká plocha = potřebná únosnost, větší tuhost než sférická, špatně se umísťují na okraje,
- j) větší pevnost v porovnání s kruhovou, vyžadují větší proudy a tlaky, vhodné na okraje, dražší lisovací nástroje.



Obr. 42 Příklady nejrozšířenějších tvarů výstupků [14]

- Rozmístění svarů/výstupků neboli jejich vzájemné vzdálenosti a vzdálenosti od okrajů plechu jsou uvedeny v tabulce 8.

Tab. 8 Minimální vzdálenosti rozestupů výstupků a výstupků od okraje [14]

The diagrams illustrate the placement of a bump on a plate of thickness s . The left diagram shows a single bump at a distance L from the edge. The right diagram shows multiple bumps with a distance L between them and a distance M from the edge to the first and last bumps.

L	M	t	L	M	t	L	M	t	L	M
[mm]			[mm]			[mm]			[mm]	
5	3,6	0,9	5,5	4,3	1,5	9	6,5	3	16	8,5
5	3,6	1	7	4,3	2	11	7,2	3,5	16,5	10
5,5	4,3	1,2	7	4,3	2,5	13	7,2	4	20	12

Nejčastěji využívané jsou sférické tvary výstupků/bradavek. Výstupky s malým úhlem vtisku jsou tužší, což se považuje za výhodné především u tenkých plechů. Rozměry sférických typů bradavek s kuželovým vtiskem jsou uvedeny v tabulce 9.

Tab. 9 Rozměry a parametry výstupkového svařování – sférické bradavky a kuželové [14]

Sciaky									AWS								
					Tloušťka plechu	Svařovací síla	Svařovací proud	Kovací síla						Tloušťka plechu	Svařovací síla	Svařovací proud	Svařovací čas
D	H	B	A	h	s	F _s	I _s	F _k	D	H	R	B	h	s	F _s	I _s	t _s
[mm]					[mm]	[N]	[kA]	[N]	[mm]					[mm]	[N]	[kA]	[Per]
2,8	0,6	1,3	0,6	0,6	0,6	800	7,0	2000	1,4	0,40	0,80	0,90	0,40	0,4	800	5,0	6
3,2	0,8	1,3	0,8	0,8	0,8	900	7,2	2200	2,0	0,50	1,25	1,10	0,65	0,6	1400	6,0	8
3,2	0,9	1,3	0,9	1,0	1,0	1000	7,5	2400	2,4	0,55	1,60	1,25	0,75	0,8	1800	7,0	13
4,2	1,1	1,5	1,2	1,4	1,5	1400	8,4	3000	3,0	0,70	2,00	1,60	0,90	1,0	1800	7,0	17
4,6	1,3	1,9	1,7	1,6	2,0	2000	9,5	4000	4,0	0,90	2,70	2,05	1,10	1,6	3200	9,5	21
4,6	1,3	1,9	1,7	2,1	2,5	2800	10,8	5000	4,8	1,05	3,25	2,55	1,40	2,0	5400	13,0	25
IIW																	
					Tloušťka plechu	Svařovací síla	Svařovací proud	Svařovací čas						Tloušťka plechu	Svařovací síla	Svařovací proud	Kovací síla
D	H=r	R	A	h	s	F _s	I _s	t _s	D	H	d	G	h	s	F _s	I _s	F _k
[mm]					[mm]	[N]	[kA]	[Per]	[mm]					[mm]	[N]	[kA]	[N]
3,00	0,71	1,25	2,58	1,00	0,6	450	5,7	11	4,2	1,3	2,0	3,2	2,2	2,5	3200	13,2	5000
3,35	0,80	1,40	3,00	1,12	0,8	1000	6,9	16	4,4	1,4	2,0	3,4	2,5	3,0	3800	13,4	6000
3,75	0,90	1,60	3,45	1,25	1,0	1500	8,0	20	4,4	1,5	2,0	3,7	2,8	3,5	4400	13,7	7300
4,25	1,00	1,80	4,00	1,40	1,5	2400	9,7	28	4,4	1,5	2,0	4,0	3,1	4,0	5500	14,2	8700
4,75	1,12	2,00	4,62	1,60	2,0	3300	10,7	33	5,1	1,7	2,4	5,0	4,4	5,0	6500	15,4	10500
5,30	1,25	2,24	5,30	1,80	3,0	4700	11,5	38	6,5	2,0	2,5	6,6	5,5	6,0	8000	16,7	12500

- Technologie - nejčastěji jsou svařovány nízkouhlíkové oceli a nerezové oceli. Při svařování hliníku a barevných kovů vzniká problém s brzkou deformací bradavek. U tenkých plechů je velice důležité dodržení správné výšky výstupků. Výstupky u tlustších plechů nemusí být tak přesné, případné rozdíly se vyrovnají pružností výstupků. Výstupky jsou lisovány převážně pouze na jednom svařovaném dílu. Při vytvoření výstupků na obou dílech by mohlo dojít ke komplikacím z pohledu středění výstupků. Počet současně svařovaných výstupků je omezen na 10 výstupků, z důvodu rozdělení proudu a tlaku.

Doporučené hodnoty pro výstupkové svařování pro nízkouhlíkové a nerezavějící oceli jsou uvedeny v tabulce 10. V tabulce 11 jsou uvedeny hodnoty pro případ, kdy je svařováno více výstupků na jednu operaci. Aby došlo k rovnoměrnému rozdělení svařovacího tlaku a proudu, musí na sebe materiály dokonale doléhat hned od počátku svařování. Povrch musí být dokonale očištěn. Tolerance výšky výstupků se pohybuje v intervalu (0,08 - 01) mm. Při svařování materiálů s tloušťkou větší jak 1 mm by mělo být využito kovací síly.

Tab. 10 Parametry pro nízkouhlíkovou a nerezovou ocel [14]

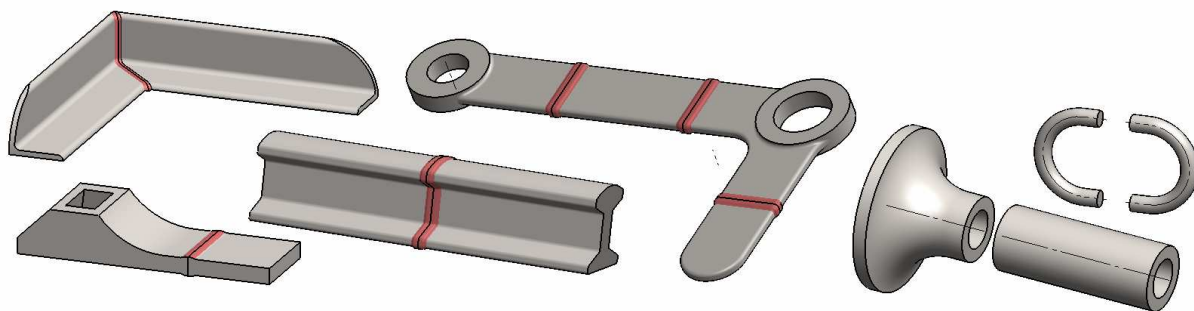
Ocel i nerezová ocel				Ocel	Nerezová ocel	Ocel	Nerezová ocel	Ocel i nerezová ocel	
				Svařovací síla		Svařovací proud		Svařovací čas	Průměr čochy
s	D _{výstup}	H	L	[N]		[kA]		[Per]	[mm]
[mm]									
0,5	1,75	0,5	4,0	1150	200	4,8	4,0	8	3,5
0,8	2,50	0,6	5,5	1850	3200	6,7	5,6	12	4,3
1,0	3,00	0,7	7,0	2300	4000	8,0	6,6	13	4,5
1,5	4,00	0,9	9,5	3500	6000	11,0	9,0	18	5,7
2,0	4,75	1,0	11,0	4650	8000	13,0	11,0	21	7,0
2,5	5,50	1,0	12,5	5800	10000	14,5	12,5	23	9,0
3,0	7,00	1,5	17,5	7000	12000	16,5	14,0	24	11,0

Tab. 11 Parametry svařování při více výstupcích [14]

			Počet výstupků								
			1			2 nebo 3			4 nebo více		
			F _s	I _s	t _s	F _s	I _s	t _s	F _s	I _s	t _s
s	D _{výstup}	H	Hodnoty na jednu bradavku								
[mm]			[N]	[kA]	[Per]	[N]	[kA]	[Per]	[N]	[kA]	[Per]
0,5	2,3	0,6	600	4,4	3	600	3,8	6	400	2,9	6
0,8	2,8	0,9	1000	6,6	3	600	5,1	6	500	3,8	11
1,0	2,8	0,9	1500	8,0	5	950	6,0	10	700	4,3	15
1,5	3,8	1,1	2300	10,3	10	1650	7,6	20	1500	5,3	25
2,0	4,6	1,2	3600	12,0	14	2400	8,9	28	2100	6,5	34
2,5	5,8	1,3	5000	13,6	17	3300	10,2	35	3000	7,7	45
3,0	6,8	1,4	6500	14,5	20	4300	11,0	45	4000	9,0	60

6 STYKOVÉ SVAŘOVÁNÍ [14, 15]

Je odporová technologie, při které dochází k současnému spojení obou navzájem dosedajících ploch, příklady takto svařených dílů jsou znázorněny na obrázku 43. Svařovací teplo je získáváno díky odporu proti průchodu elektrického proudu v kontaktech mezi přiléhajícími plochami. Síla je vyvozena na spoj v určitý čas tak, aby došlo k vyloučení roztaveného kovu ze spoje a napěchování kovu základního.



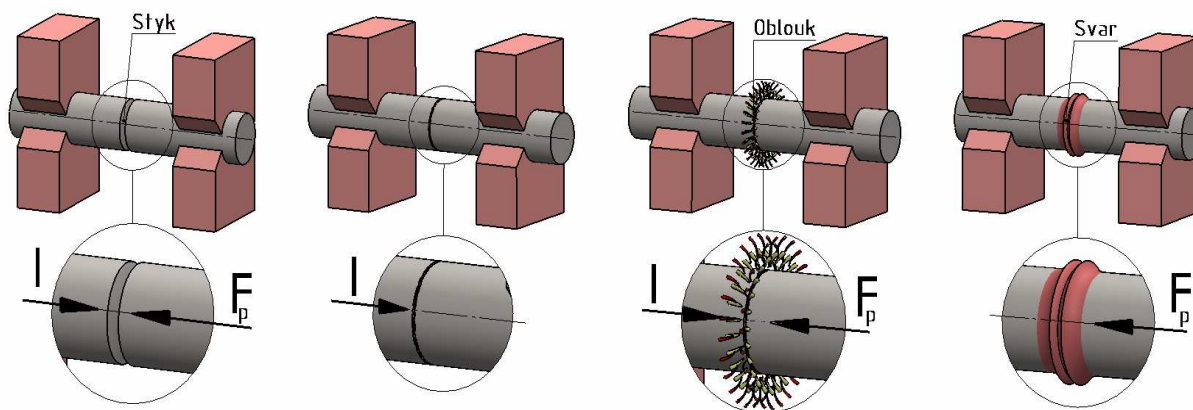
Obr. 43 Příklady součástí vhodných pro stykové odtavovací svařování [14]

Dva díly jsou upnuty v elektrodách, proud je přiveden, když se jeden z dílů pohybuje k dílu druhému, který je nepohyblivý. Jakmile dojde k dotyku nerovností na povrchu obou dílů, začne v těchto místech vznikat odporové teplo. Jelikož se jedná o malé plošky, proudová hustota je vysoká a dochází k velice rychlému tavení a rozstříku kovu. Jak jsou díly posouvány vhodnou rychlostí k sobě, rozstřík pokračuje, dokud celé přiléhající povrchy nejsou zcela roztaveny. V tu chvíli je vyvinuta „kovací“ síla, která přitlačí roztavené povrchy k sobě a spojí díly dohromady. Využívány jsou dva hlavní druhy:

- ❖ Stykové svařování pěchovací, jehož hlavní charakteristikou je přívod elektrického proudu až po stlačení dílců
- ❖ Stykové svařování odtavovací (obr.44), proud je na dílce přiveden již při pohybu jednoho dílce k druhému

Tyto dva hlavní druhy mohou být dále děleny dle způsobu předehřevu svařovaných dílů:

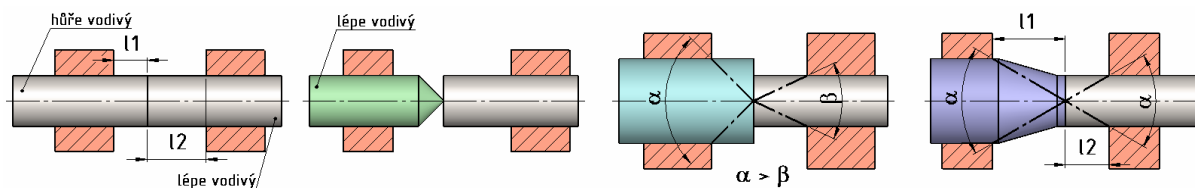
- ❖ Stykové svařování odtavovací bez předehřevu.
- ❖ Stykové svařování odtavovací s předehřevem.
- ❖ Stykové svařování odtavovací s přerušovaným předehřevem.
- ❖ Stykové svařování odtavovací s nepřerušovaným předehřevem.



Obr. 44 Znázornění postupu odtavovacího svařování [14]

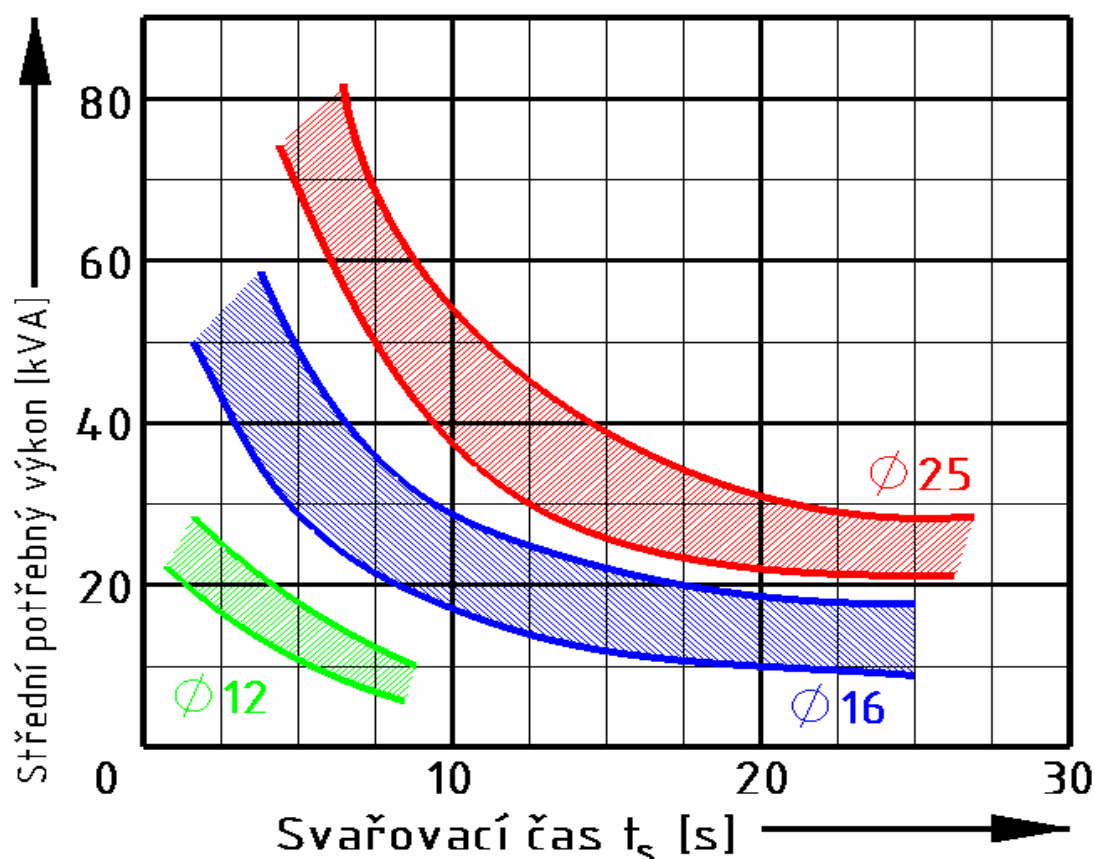
- **Tepelná rovnováha** - existují různé způsoby, jak by mohla být rovnováha při stykovém svařování narušena, ať je to svařování rozdílných materiálů nebo svařování dílů s rozdílným styčným průřezem. Svařování rozdílných materiálů vytváří nerovnováhu díky rozdílným odporům materiálu a rozdílnou tepelnou vodivostí. Rozdíly je možno kompenzovat rozdílem ve vyložení svařovaných dílů (obr.45). Délky vyložení by měly být úměrné elektrické vodivosti svařovaných materiálů. Zlepšení začátku tavení vodivějšího materiálu při odtavovacím svařování dosáhneme úpravou konce dílce (tvorba hrotu znázorněného na obrázku 45).

Pokud jsou rozdílné průřezy styčných ploch, musí opět dojít k vyrovnání nerovnováhy. Znázornění vyrovnání je na obrázku 45, alfa a beta znázorňují úhly odvodu tepla. Na druhém obrázku je vidět konstrukční úprava (pozdvolný přechod + vyložení dílů).



Obr. 45 Délky vyložení a úprava dílce [14]

- **Technologie** - mezi faktory ovlivňující kvalitu svaru patří teplota svařovaných dílů a tlak. I zde je možno využít měkkého nebo tvrdého svařovacího režimu. Dané teploty ohřevu mají své dané hodnoty tlaku při kterých dosahuje svar nejvyšší pevnosti. Výhodnější je využití tvrdých režimů, které nemají tak neblahý vliv na strukturu materiálu svařovaných dílů. Druhým důvodem proč volit tvrdý režim, je zajištění vhodného svařovacího výkonu. Ukázka parametrů pro svařování menších průměrů/průřezů je na obrázku 46.



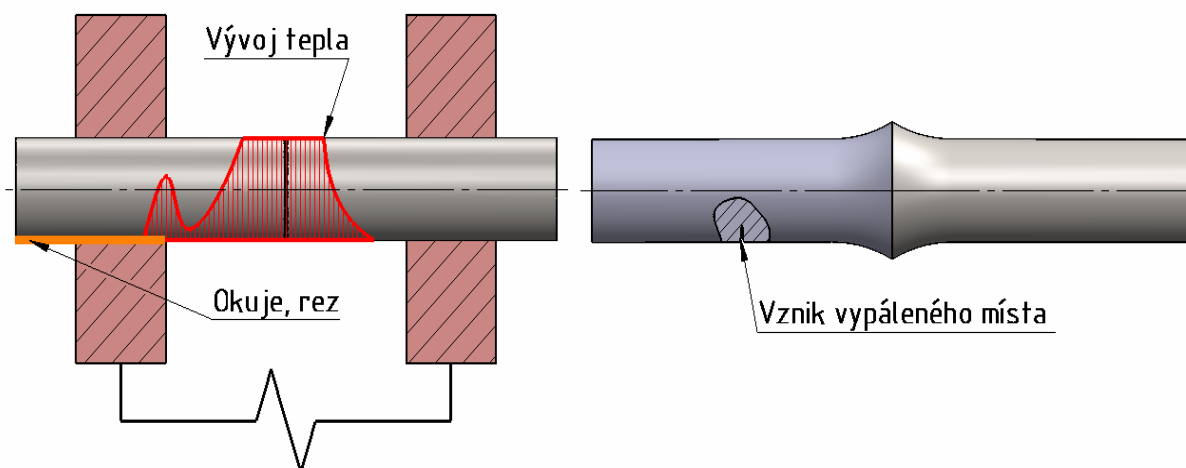
Obr. 46 Parametry stykového svařování [14]

Při svařování rozdílných materiálů je potřeba dodržet poměr jejich vyložení (viz. Tepelná rovnováha). Svařované díly by měli mít stejný průměr/ průřez a tvar v místě svaru. Proto se díly nejruzněji upravují (obr. 47), aby tato pravidla byla dodržena.

Špatně					
Dobře					
Špatně					
Dobře					

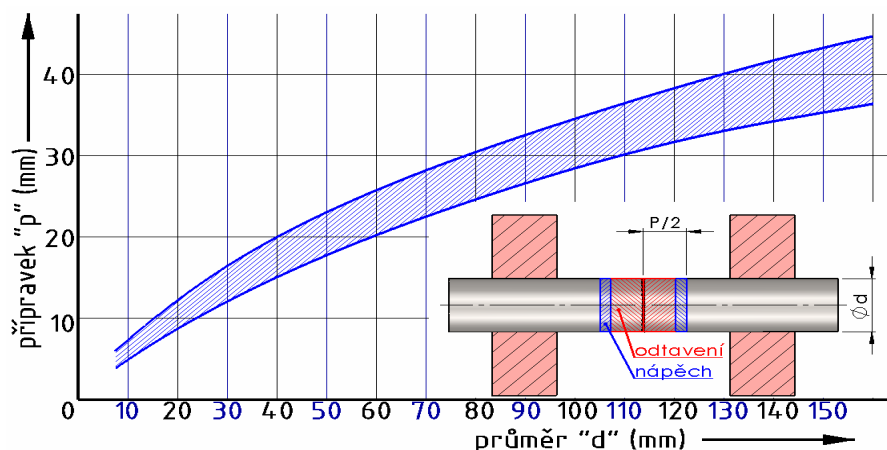
Obr. 47 Přehled úpravy svařovaných dílů [14]

V případě stykového svařování, na rozdíl od předcházejících metod odporového svařování, nevadí okuje, rez, špína, olej a další v místě vytvářeného svaru. Plocha nemá ani vysoké požadavky na geometrickou přesnost. Všechny nečistoty a nerovnosti jsou v průběhu procesu odtaveny. Plochy, které musí být dokonale opracované a očištěné, jsou plochy upínané (plochy na svařovaných dílech) a plochy upínací, neboli plochy elektrod/upínacích čelistí. V případě výskytu nečistot / okují / rzi (vyšší přechodový odpor = vyšší teploty) by mohla vzniknout místa, kde se materiál přehříval, došlo by k poškození elektrod a poškození svařence (vznik lomů a trhlin), jak je znázorněno na obrázku 48.



Obr. 48 Následky výskytu okují nebo rzi na svařovaném dílu [14]

Rozdíl mezi stykovým odtavovacím a stykovým pēchovacím svařováním je rozhodně ve spotřebě elektrické energie, kdy odtavovací způsob je až pětinašobně méně energeticky náročný. Jelikož při stykovém svařování dochází ke spēchování a odtavení materiálu, je nutno počítat s dostatečnými přídávky. Diagram pro volbu těchto přídavek je znázorněn na obrázku 49.



Obr. 49 Přídávky materiálu [14]

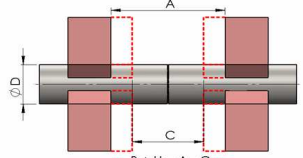
Pēchovací/kovací tlak/síla je důležitá veličina pro vznik kvalitního svaru. Hodnoty narůstají s rostoucím průměrem/průřezem svařovaných dílů. Doporučené hodnoty tlaků jsou uvedeny v tabulce 12. Při svařování vzniká výronek/otřep (potřeba přídávky), který se následně po svaření obrousí, odpiluje, osoustruží nebo ostříhne.

Tab. 12 Pēchovací tlak [13]

Materiál	Způsob svařování	Měrný pēchovací tlak [MPa]
Ocel do 0,4 % C	Ruční	30 - 40
	Automatické	60 - 70
Ocel (0,4 - 0,7) % C a legovaná ocel	Ruční	40 - 60
	Automatické	80 - 100
Hliník	Ruční	80 - 160
	Automatické	100 - 220

Ve stykovém svařování hraje roli hodně parametrů od tvarů, rozměrů a materiálů dílců, přesné upnutí, vzdálenosti upínacích čelistí/elektrod přes čistotu a úpravu ploch upínacích a svarových po svařovací proud, kovací/pēchovací tlak/sílu a rozměry výronku a rozměry odtaveného materiálu. Tyto parametry jsou shrnuty v tabulce 13.

Tab. 13 Parametry stykového svařování [14]

				Tloušťka nebo průměr	Průřez	Odtavovací napětí	Svařovací proud	Jmen. výkon	Maximální výkon	Pēchovací síla	Odtavovací čas
A	C	Odtavení B _{odtav.}	Spēchování H _{spēch.}	s, D	S	U _{odtav.}	I _s	P _{jm.}	P _{max.}	F _p	t _B
[mm]				[mm]	[mm ²]	[V]	[kA]	[kVA]	[kVA]	[kN]	[s]
Trubky, plechy											
5,5	2,5	2,1	0,9	0,5	25	2,3	0,8	2	3	3	0,80
11,0	5,0	4,3	1,7	1,0	50	3,2	1,0	4	6	5	1,75
16,0	7,5	6,1	2,3	1,5	100	4,0	1,3	6	10	8	2,75
20,0	9,0	8,0	3,0	2,0	160	4,2	1,7	8	18	10	4,00
28,0	13,5	11,2	4,3	3,0	240	4,4	2,5	10	25	15	6,25
37,0	17,5	14,2	5,3	4,0	320	5,0	3,5	16	35	25	9,00
44,0	21,2	16,5	6,3	5,0	400	6,0	4,8	20	50	32	12,00
Kruhová ocel											
17,4	10,2	5,2	2,0	10	78,5	2,2	1,0	7	10	5	3,25
20,0	12,0	6,0	2,0	12	113	3,5	2,0	7	12	10	3,80
24,0	14,0	7,2	2,8	14	154	3,8	4,0	8	14	20	5,00
26,0	15,0	8,0	3,0	15	177	4,0	6,0	10	20	28	5,50
30,0	18,0	8,7	3,3	18	254	4,5	8,0	12	25	32	7,50
34,0	20,3	10,1	3,6	20	314	5,0	12,0	15	30	36	9,00
40,0	25,0	11,0	4,0	25	500	5,3	15,0	20	50	40	10,00
60,0	42,0	12,0	5,0	35	1000	6,2	25,0	40	120	80	16,00
80,0	57,0	15,0	8,0	50	2000	7,8	35,0	100	320	160	30,00
110,0	80,0	20,0	10,0	72	4000	10,3	47,5	200	600	320	60,00
150,0	107,0	28,0	15,0	100	8000	13,6	55,0	300	1260	640	110,00

7 ZKOUŠKY ODPOROVÝCH SVARŮ [1, 3, 14, 15, 19]

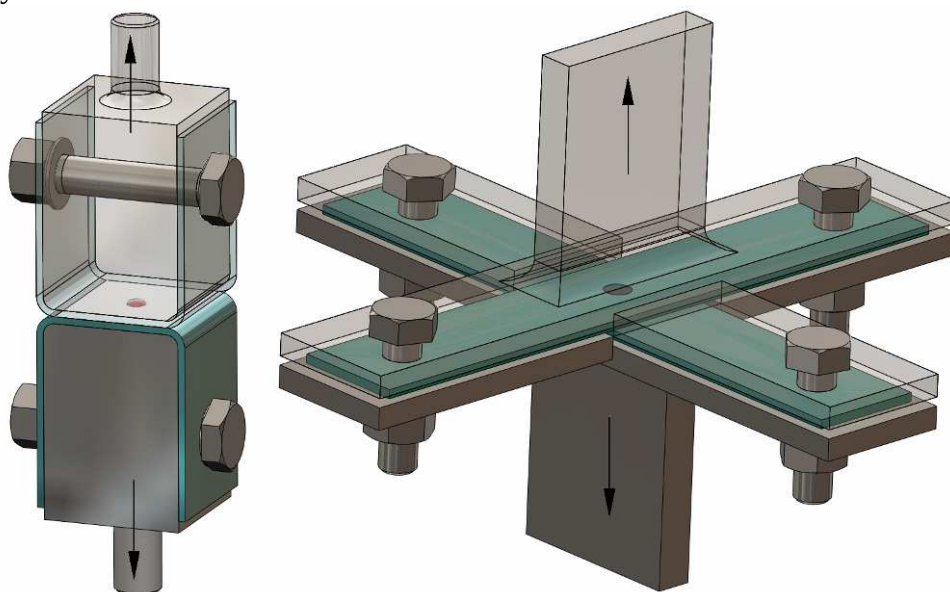
Ještě donedávna byl poměrně problém v běžném dílenském prostředí kontrolovat kvalitu vytvořených bodových svarů na výrobku. Spíše byla prováděna kontrola předběžná, kdy se na zkušebních vzorcích převážně destruktivně kontroloval vytvořený bodový svar zkouškami sekáčovými, odlupovacími, tahovými nebo smykovými (jak manuálními tak strojními). Byl kontrolován materiál, tedy svařitelnost daného materiálu, tedy vytvoření svarového spoje při daných nastavených parametrech.

Pro vytvoření kvalitního svaru na výrobku je zničeno mnoho vzorků než se dospěje k vyhovujícímu svaru. Odlažené parametry pak během výroby musí být kontrolovány dalšími průběžnými testy – destruktivními zkouškami. Aby bylo možné výsledky porovnávat a opakovat, musí být zkoušení prováděno jednotnou metodou, proto jsou zkoušení předepsána normou. Možností, jak nedestruktivně zkoušet svary, je využití ultrazvukové metody (dále v kapitole 7.4). Novou variantou zkoušení bodových svarů na výrobku je zkoušení pomocí „ručního ultrazvukového skenovacího systému“ (dále také v kapitole 7.4).

7.1 MECHANICKÉ ZKOUŠKY ODPOROVÝCH SVARŮ [3, 14, 15]

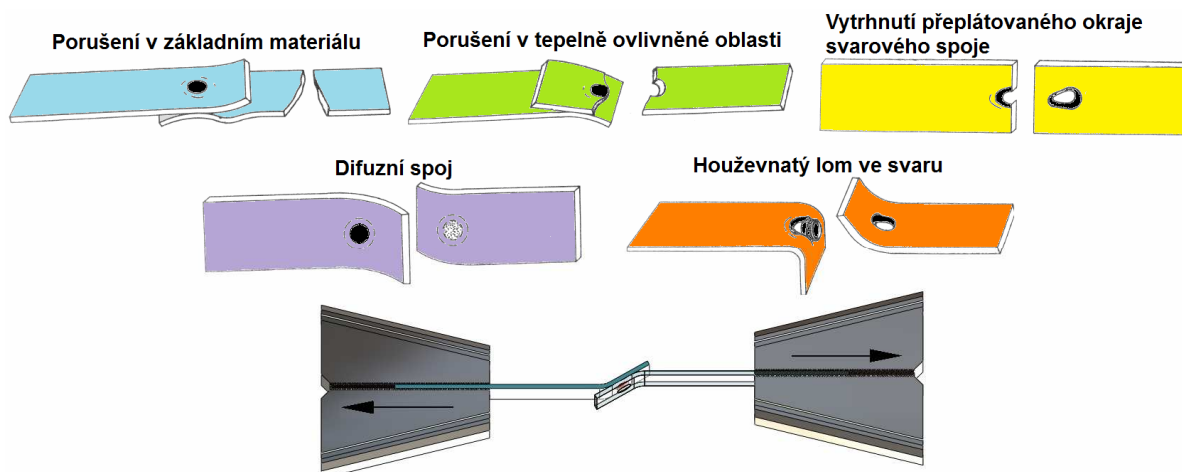
Jsou to zkoušky dosti důležité jak při zavádění výroby, tak při pozdější průběžné kontrole ve výrobě. Převážně jsou využívány zkoušky statické, kdy jsou svary zatěžovány silami, které se postupně - velmi pomalu zvětšují. Zkušební vzorek je zatěžován až do jeho porušení. Bodové odporové svary se zkoušejí převážně namáháním na tah, smyk, krut. Do skupiny mechanických zkoušek patří i měření tvrdosti. Měření tvrdosti je dosti využívaná varianta zkoušení, poněvadž je rychlá a lze zkoušet i hotové součásti bez toho, aby byly poškozeny. Z naměřené tvrdosti lze odhadnout další parametry jako tahovou pevnost. Dynamické zkoušky se na kontrolu odporových svarů moc nevyužívají, z toho důvodu dále rozepsány nebudou. Zřídka využívanou zkouškou je i zkouška kroucením bodových svarů, která také dále nebude rozepsána. Veškeré zkoušky jsou předepsány normami.

- *Tahová zkouška* namáhá svar na vytržení, viz obrázek 50. Měřeny jsou stejné hodnoty jako při zkoušce smykové a je posuzován vzhled lomu svaru. Pro zkoušku je specifický tvar zkušebního tělíska – „U“ nebo „miskový tvar“
- *Křížová zkouška* je obdobná zkoušce tahové. Název je odvozen od tvaru zkušebního vzorku, viz obrázek 50. Zkoušený svar je namáhán na vytržení stejně jako v případě zkoušky tahové.



Obr. 50 Tahová zkouška tělesa tvaru „U“ a křížová zkouška [3]

- Smyková zkouška, viz obrázek 51, je nejčastěji využívaná zkouška pro kontrolu bodových a švových svarů. Zkoušky probíhají na běžných trhacích strojích, kde se měří síla, které je potřeba na porušení zkušebního tělíska. Po porušení je potřebné přeměřit rozměr svaru (svarové čocky/svarového švu). Z hodnot pak je možné posoudit svar.

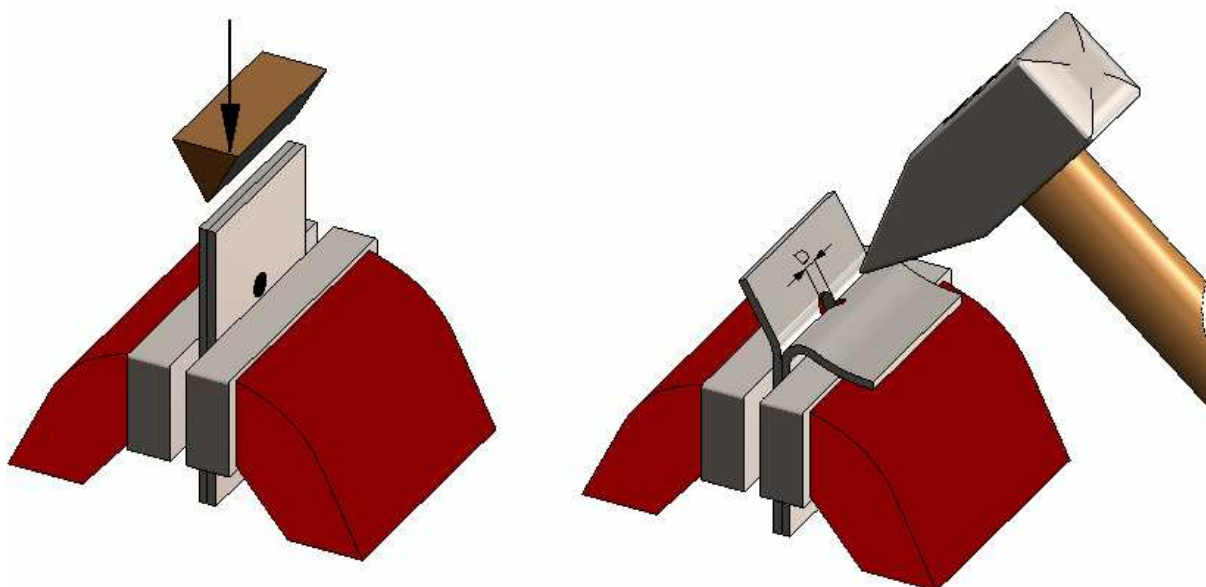


Obr. 51 Smyková zkouška a vzhled tělesa po smykové zkoušce [3]

7.2 TECHNOLOGICKÉ ZKOUŠKY ODPOROVÝCH SVARŮ [3, 14, 15]

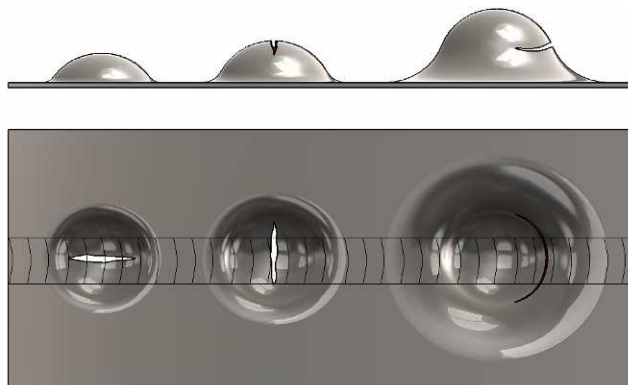
Zkoušky sloužící hlavně pro náhodnou kontrolu ve výrobě, ale také jako rychlé zkoušky při nastavování parametrů. Zkoušky mají zhruba imitovat reálná možná zatížení z provozu svařence. Zkoušky je možno provádět přímo na dílně s pomocí jednoduchých přípravků, popřípadě ve standardních zkušebních strojích s vhodným přípravkem.

- Sekáčová zkouška, viz obrázek 52, je nejběžnější zkouškou, kterou je možno provádět přímo na dílně. Po svaření je zkušební vzorek upnut do svěráku a rozevřen pomocí sekáče. Účelem tedy není vytvořený svar přeseknout, ale oddálit od sebe svažené plechy. Zkouška je schopna velice rychle odhalit křehké a difusní spoje – což vede k úpravě svařovacích podmínek.



Obr. 52 Sekáčová zkouška [3]

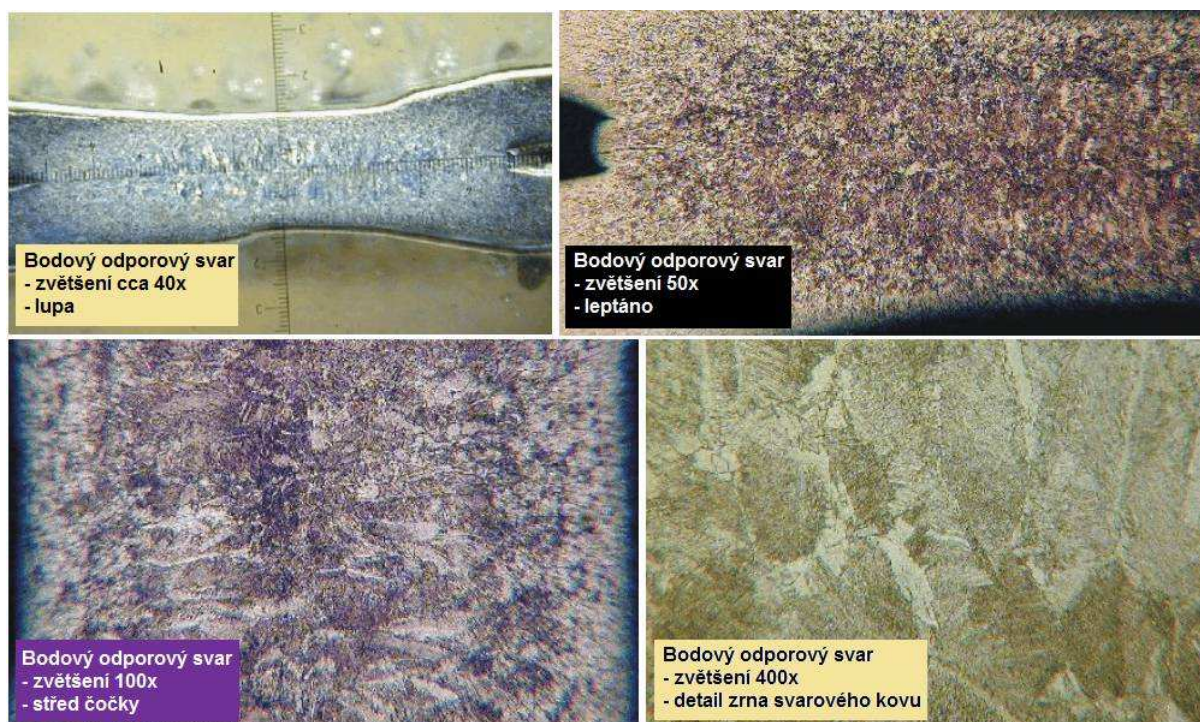
- *Odlupovací zkouška*, je v podstatě vylepšenou zkouškou sekáčovou. Po svaření je zkušební vzorek upnut do svěráku a rozevřen. Po přestavení ve svěráku je vzorek navíjen na přípravek. Zkouška může také být provedena na trhacím stroji. Oproti zkoušce sekáčové nehrozí přeseknutí svaru, může být provedena kontrola svarů vytvořených v sérii za sebou.
- *Podušková zkouška* slouží ke kontrole těsnosti švových svarů. Svařenec je vypnut do tvaru nádoby. Stlačením vzduchem a ponorem svaru pod hladinu vody je kontrolována těsnost (únik vzduchu).
- *Kontrola náběhových barev* patří mezi vizuální povrchovou kontrolu. Kontrola vychází z pozorování velikosti a rozložení ploch náběhových barev. Při stejných parametrech svařování by se velikosti ploch a barvy neměly měnit.
- Zkoušky vhodné pro tupé švové spoje s fólií nebo se zarovnáním jsou zkoušky lámáním/ohýbáním a nebo zkouška *Erichsenova (hloubením)*, viz obrázek 53.



Obr. 53 Zkouška hloubením dle Erichseny [3]

7.3 METALOGRAFICKÉ ZKOUŠKY ODPOROVÝCH SVARŮ [1, 3, 14, 15]

Metalografické zkoušky (obr. 54) mohou být makroskopické nebo mikroskopické. Většinou jsou to zkoušky doplňkové pro svary velmi důležité (letecký průmysl). Pro vyhodnocení je potřebné provést makrovýbrus/mikrovýbrus. Dle toho o jaký výbrus se jedná se posuzují parametry, jako velikost/ průměr svarové čočky, vtlačení elektrod do materiálu, tvrdost, čistota svarových ploch, zda se jedná o tavný nebo difusní spoj, struktura materiálu v místě a okolí svaru.



Obr. 54 Pohled na odporový bodový svar [1]

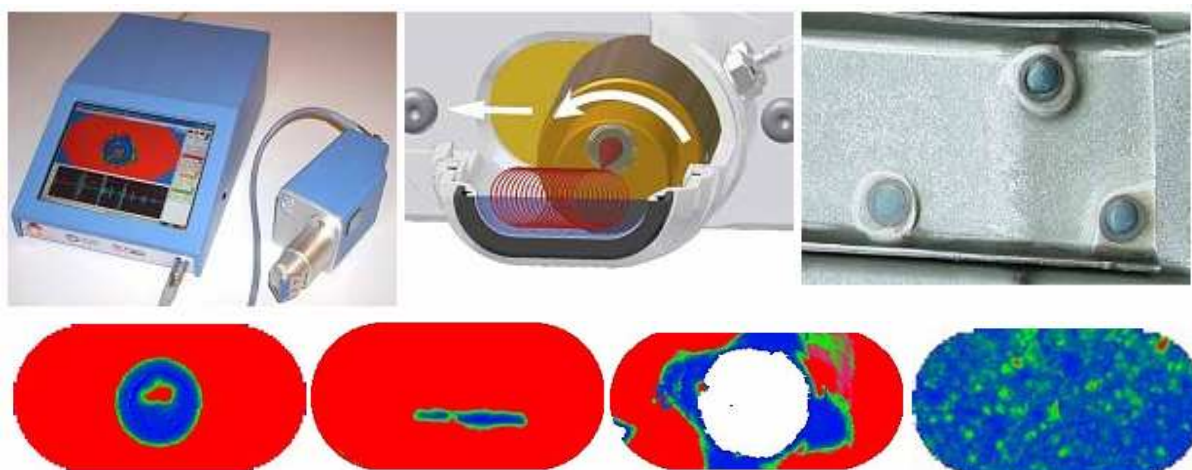
7.4 NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY ODPOROVÝCH SVARŮ [3, 14, 15, 19]

Existují metody, které mohou zjistit kvalitu svaru ve výrobku bez jeho porušení. Tyto metody mohou být založeny na porovnání určitých znaků na dobrém (předem změřeném svaru) a zkoušeném svaru. Těmito znaky mohou být svařovací proud, roztažnost svarové čochy, tepelná vodivost svaru, přechod ultrazvuku. Kontrola může být provedena i rentgenem. Například, co se týče kontroly svařovacího proudu, existují systémy, které automaticky kontrolují procházející proud, který se mění, pokud dojde např. k nedokonalému dosednutí svařovaných dílů na sebe (malý přítlak) – důsledkem je nedokonalý svar. Metody mají své kladné, ale i své záporné stránky. U rentgenu může být problémem manipulace se svařencem na jiné pracoviště, ultrazvukové sondy vyžadují dokonalý kontakt se vzorkem, což vyžaduje určitou vrstvu vazelíny nebo vody nebo oleje.

Modernější metodou může být systém „ručního ultrazvukového systému“ (obr. 55). Systém je založen na vodní komoře, která je přiložena na místo, které je kontrolováno, komora obsahuje pohybující se ultrazvukovou sondu. Sonda se pohybuje po spirále, která postupně sejme plochu 10x20 mm. Na displeji je zobrazena kompletní skenovaná plocha s barevným vyhodnocením. Systém jasně lokalizuje velikost a polohu vady, dokáže změřit velikost bodového spoje, protlačení bodového svaru nebo jeho polohu od okraje svařovaného dílce.

Systém umožňuje kontrolu přivařených spojovacích dílců (šrouby, matice), je vhodný i pro kontrolu laserových svarů.

(Celý článek v příloze – „Nová možnost zkoušení bodových svarů“.)



Obr.55 Mini scanner – ruční ultrazvukový systém [19]

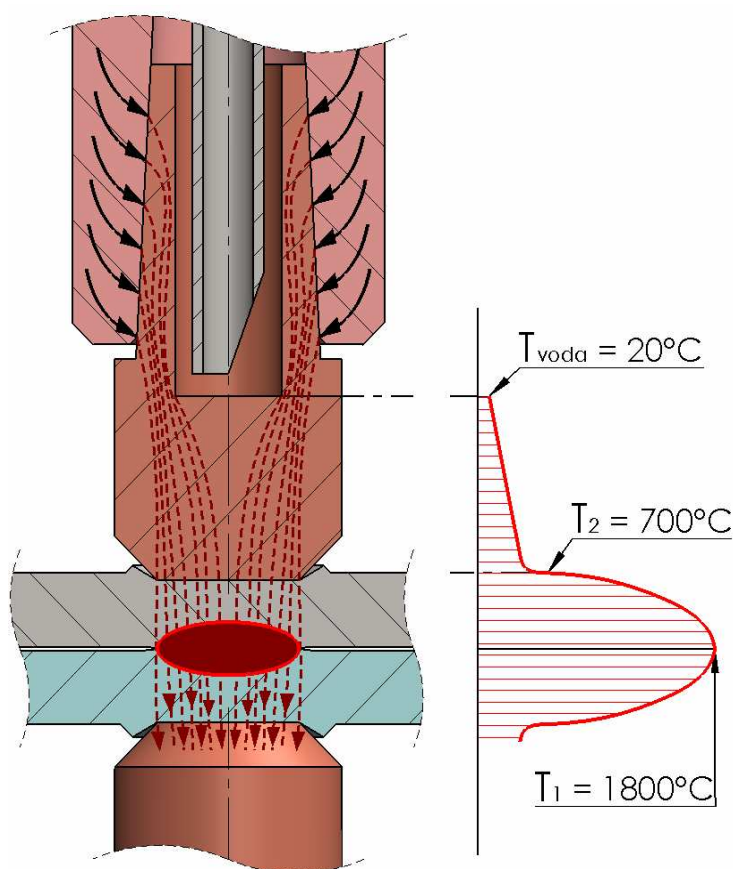
8 ELEKTRODY PRO ODPOROVÉ BODOVÉ SVAŘOVÁNÍ [3, 14, 17, 18]

Elektrody jsou složky procesu odporového svařování, které jsou ve styku se svařovanými díly a přenášejí proud potřebný pro vznik svaru. Elektrody jsou upínány do držáků, mají tři důležité funkce v procesu svařování:

- ❖ Vedou poměrně velký svařovací proud do procesu, je to funkce elektrická. Když není vyžadován v procesu svařování výkon síly na svar, může být elektroda vybrána pouze na základě tepelné a elektrické vodivosti, s ohledem na odpor elektrody a odporu v kontaktu mezi elektrodou a dílem.
- ❖ Pomocí elektrod je vyvozována síla/tlak v místě svaru, což je funkcí mechanickou. Při svařování jsou elektrody velice namáhány. Toto namáhání elektrody musí vydržet při zvýšených teplotách bez toho, aby došlo k jejich deformaci.
- ❖ Napomáhají odvodu tepla z oblasti svařování. Elektrody musí disponovat větší tepelnou vodivostí než svařované materiály.

Pro správnou tvorbu svaru je proto potřeba správně vybrat tvar a materiál elektrod a dbát na chlazení a údržbu elektrod. Na obrázku 56 je znázorněna chvíle, ve které je elektroda nejvíce zatížena. Této chvíli může dojít k poškození elektrody. Může dojít ke změknutí a deformaci špičky, změně v materiálu elektrody, k difúzi svařovaného materiálu do elektrody, ke vniknutí např. okují do styčné plochy nebo k popálení elektrody.

Elektrody musí být výborně chlazeny vodou, jak je patrné z obrázku plocha elektrody je ve styku s částí svařovaného materiálu, který má teplotu i 700°C . Proto i konstrukce elektrod by měla chlazení podporovat – umožnění proudění vody co nejbližší kontaktní ploše elektrody. Ne vždy to však konstrukce dovoluje.



Obr. 56 Tepelné zatížení elektrody [14]

8.1 MATERIÁLY ELEKTROD [3, 14, 17, 18]

Základní složkou je převážně měď. Ideální materiál pro bodové elektrody by měl splňovat tyto parametry:

- ❖ vysoká tepelná vodivost a elektrická vodivost za normálních a vysokých teplot,
- ❖ vysoká pevnost (bez deformace při tlaku),
- ❖ vysoká teplota měknutí,

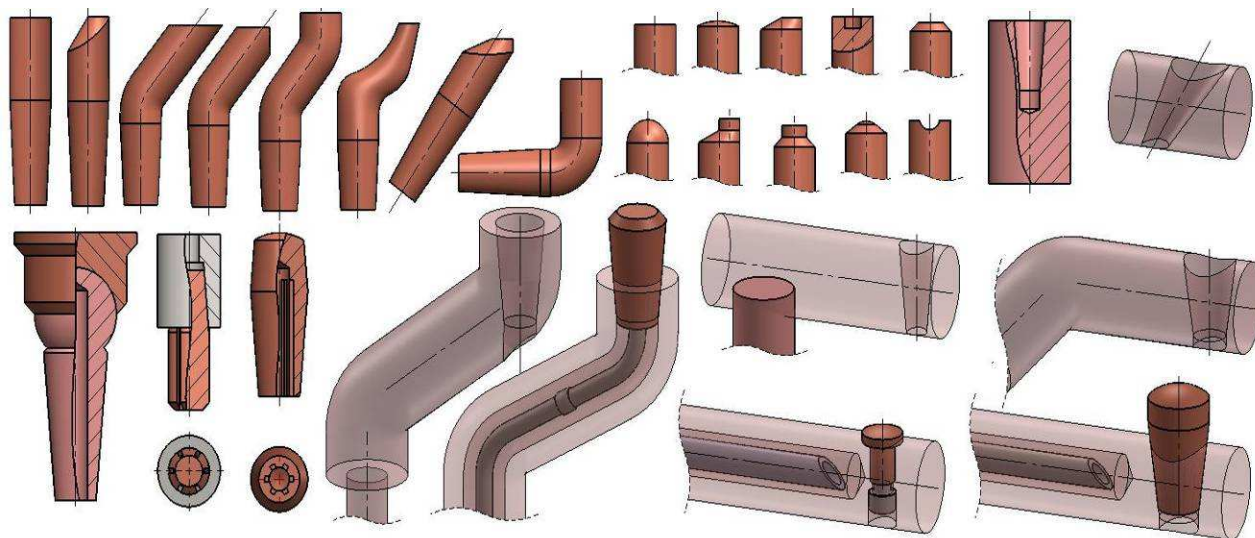
- ❖ odolnost proti legování svařovaným materiálem,
- ❖ odolnost proti oxidaci,
- ❖ malý přechodový odpor,
- ❖ odolnost proti otěru,
- ❖ dobrá obrobiteľnosť,
- ❖ nízke výrobné náklady.

Všetchny vlastnosti není možné spojit v jenom materiálu, proto výhody jedné vlastnosti jsou na úkor vlastnostem jiným (např. pevnost na úkor elektrické vodivosti a naopak). Pro svařování hliníku (lehkých kovů) jsou používány elektrody převážně z čisté mědi (výborná tepelná a elektrická vodivost), tvrdost elektrody je dosažena tvářením za studena. Pro různé podmínky (materiály a jejich kombinace, tloušťky, stroje) jsou vhodnější různé elektrody.

8.2 ELEKTRODY A ŠPIČKY PRO BODOVÉ SVAŘOVÁNÍ [3, 15, 17, 18]

Elektrody mají přímý vliv na kvalitu svaru, a proto je velice důležité se věnovat jejich pečlivému výběru. Většina elektrod má tvar špiček, které jsou vsazeny do držáku elektrod, které jsou ukázány na obrázku 57. Jsou vyráběny obrobením polotovaru nebo tvarováním za studena. Vyjmenované tvary elektrod a druhy špiček jsou znázorněny také na obrázku 56:

- ❖ přímé svislé s centrickou špičkou,
- ❖ přímé svislé s excentrickou špičkou,
- ❖ přímé šikmé s centrickou špičkou,
- ❖ přímé šikmé s excentrickou špičkou,
- ❖ zalomené s centrickou špičkou,
- ❖ zalomené s excentrickou špičkou,
- ❖ dvakrát zalomené,
- ❖ špičky souosé: ploché, kuželové, válcové, zaoblené, půlkulové, klenuté,
- ❖ špičky nesouosé: kuželové válcové,
- ❖ špičky speciální: s vybráním, s vložkou, s drážkou.



Obr. 57 Typy elektrod a špiček, druhy držáků elektrod [3, 15]

9 STROJE PRO ODPOROVÉ BODOVÉ SVAŘOVÁNÍ [3, 8, 14, 17, 18]

Odporové svářečky mají dvě základní části, část elektrickou a část mechanickou. Elektrická část slouží pro ohřev svařovaných materiálů (transformátor, vodiče, zapínání/vypínání proudu). Mechanická část slouží pro upínání a vyvozování síly/tlaku. Charakteristický pro odporovou svářečku je přerušovaný přívod proudu.

Významným parametrem pro svářečku je takzvaný „zatěžovatel“, což je poměr mezi dobou průchodu proudu (t_s) a dobou přestávky (t_p). Zatěžovatel je vyjádřen vztahem:

$$Dz = \frac{t_s}{t_s + t_p} \cdot 100 \quad [\%] \quad (6.1)$$

kde:

t_s	[s, per]	- Doba průchodu proudu/svařování
t_p	[s, per]	- Doba přerušení

Bodové svařovací stroje můžeme rozdělit do několika skupin:

- *Univerzální bodové svářečky* jsou asi nejrozšířenější typ. Číslo označení většinou znamená příkon stroje v kVA. Příklad svářečky s popisem je uveden na obrázku 58. Přítlačná síla je nastavitelná tlakem vzduchu. Řídící jednotky umožňují změny výkonu, nastavení velkého počtu svařovacích programů. Základní části svářečky: vzduchový válec, dolní rameno, horní rameno, elektrodové špičky, sekundární přívod, elektropneumatický ventil, vodní chlazení, nastavovací panel.
- *Závěsné bodové svářečky* jsou vhodné především ke svařování rozměrných dílů, kdy by manipulace s díly byla obtížná. Je možné připojení i dvojice kleští, přičemž kleští je široký výběr. Ukázka svářečky je na obrázku 59.
- *Mikrobodové svařovací stroje* jsou využívány na vytváření menších výrobků/spojů, například pro elektroniku/elektrotechniku na svařování kontaktů. Příklad je ukázán na obrázku 60.



Obr. 58 Pneumatická odporová bodová svářečka WBP 40.06 [8]



Obr. 59 Závěsná bodová svářečka [8]



Obr. 60 Mikrobodová svářečka WMP 2,5S [8]

- *Jednouúčelová zařízení* (mnoho-bodovací stroje) speciálně sestavené stroje pro hromadnou výrobu jednoho druhu výrobku. Příklady uvedeny na obrázku 61.



Obr. 61 Jednouúčelová zařízení [8]

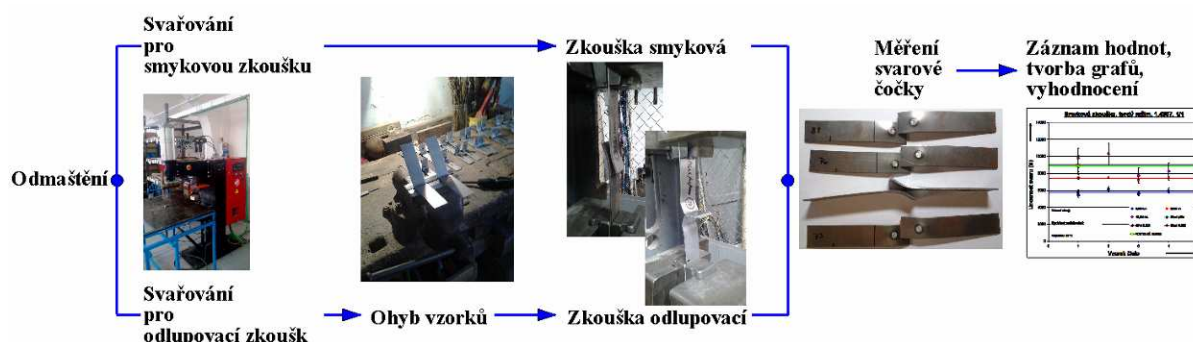
- *Robotizovaná pracoviště* jsou převážně využívána v automobilovém průmyslu. Robot je osazen svařovacími bodovými kleštinami. Výhody jsou v rovnoměrném nasazení elektrod na materiál a například v automatickém obrobení špiček. Síla je vyvozována pneumaticky nebo elektromotoricky. Robotizovaná pracoviště jsou opticky chráněna. Obsluha robotů probíhá z bezpečné vzdálenosti. Na pracovišti je možné využití i více robotů (manipulační + svařovací). Ukázka pracoviště je na obrázku 62.



Obr. 62 Robotizované pracoviště [8]

10 EXPERIMENT [13, 14, 20]

Experiment byl uskutečněn ve dvou fázích. V první fázi bylo všech 192 vzorků svařeno ve firmě ROSTEX, z toho polovina byla svařena vhodně pro smykovou zkoušku a druhá polovina pro zkoušku odlupovací. Vzorky pro odlupovací zkoušku musely být následně upraveny v dílenském svěráku. Všechny vzorky byly popsány i s nastavovanými parametry svařování. V druhé fázi byly vzorky namáhány (smyk, odloupení) na trhačím stroji ve Vojenském technickém ústavu pozemního vojska ve Vyškově, přičemž byla zaznamenána maximální hodnota síly, při které na zkušební vzorku došlo k porušení. Směrodatným parametrem, mimo maximální zatěžující síly, je velikost svarové čočky. Všechny průměry svarových čoček byly přeměřeny následně po zkouškách na trhačím stroji. Zjištěné hodnoty byly zaznamenány do tabulek a znázorněny v grafech. Postup experimentu je znázorněn na obrázku 63.



Obr. 63 Postup experimentu

- **Svařování**, jak již bylo zmíněno probíhalo ve firmě ROSTEX. Svařeno bylo všech 192 vzorků během zhruba 10 hodin. K dispozici byly pomůcky jako smrkový papír a pilník pro úpravu elektrod, dílenský svěrák a přípravek pro ruční odlupovací zkoušku, kladivo a sekáč pro sekáčovou zkoušku, technický benzín a hadr pro odmaštění nastříhaného materiálu. Samotné svařování bylo provedeno na stroji:
 - o *Stroj WBP 40 (rok 2001)* je bodová svářečka (obr. 64), která má pneumaticky ovládanou horní elektrodou. Neboli horní rameno svářečky pomocí pneumatického válce vyvozuje sílu mezi elektrodami. Pracovní zdvih je regulovatelný pomocí nastavení elektrod. Chlazení je zajištěno protékající vodou.



Obr. 64 Bodová svářečka WBP 40

Svářečka WBP 40 je určena pro práci v jasně daných podmínkách, které jsou uvedeny v tabulce 14 společně s technickými daty.

Tab. 14 Technická data a pracovní prostředí stroje [20]

Jmenovité vstupní napětí	400 V / 50 Hz	Pomocný zdvih elektrod	80 mm
Jmenovitý výkon	40 kVA při Dz 50 %	Tlak vzduchu	(2 - 6) bar
Maximální svařovací výkon	113 kVA při Dz 6,3 %	Spotřeba vzduchu	85 l/min
Maximální výkon na krátko	141 kVA	Tlak chladicí vody	3 bar
Připojovací výkon	85 kVA	Spotřeba chladicí vody	4 l/min
Jmenovitý vstupní proud	100 A	Hmotnost	535 kg
Maximální vstupní proud	282 A	Rozměry (š x d x v)	(500 x 1400 x 1860) mm
Sekundární napětí naprázdno	7,14 V	Atmosferický tlak	(84 - 106,7) kPa
Maximální svařovací proud	16,6 kA	Teplota prostředí	(5 - 40) °C
Maximální sekundární proud nakrátko	20,8 kA	Relativní vlhkost vzduchu při 25 °C	max. 80 %
Vyložení ramen	650 mm	Teplota chladicí vody na vstupu	(5 - 25) °C
Rozevření ramen	(100 - 340) mm	Obsah nečistot maximální	10 g/m ³
Maximální přitlačná síla	650 daN	Tvrdost vody	2,5 mval/l
Pracovní zdvih elektrod	(20 - 40) mm	Obsah CaCl ₂	max. 1 mg/l

- o *Elektrodové špičky* byly použity z materiálu CuCoNiBe. Jednalo se o přímé elektrodové špičky s počátečním průměrem dosedací plochy 5,5 mm tak, aby byla dosažena svarová čochka o průměru cca 5 mm. Upnutí špiček je pouze otázkou nasunutí kuželového konce do kuželového vybrání v elektrodách upnutých na ramenech stroje. Elektrody byly dosti namáhané hlavně při svařování měkkým režimem. Konečný stav elektrod je vidět na obrázku 65.



Obr. 65 Elektrodové špičky po svařování

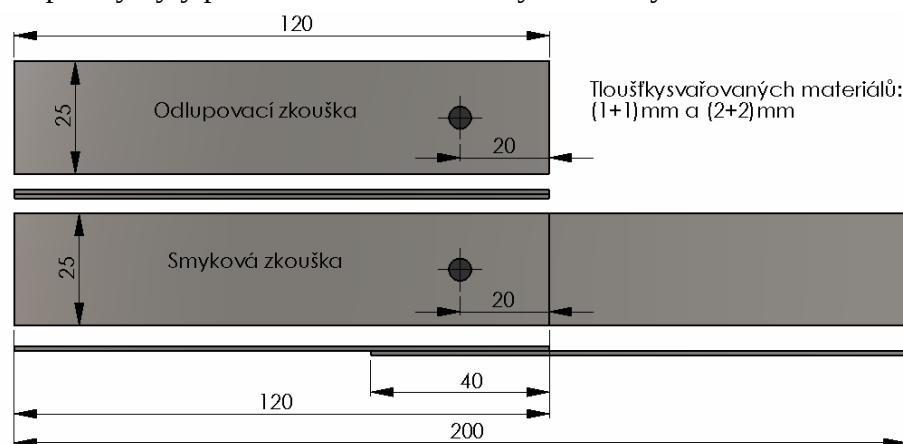
- o *Materiály vzorků a jejich svařitelnost* – svařovány byly materiály 1.4307 a 1.0330. Materiál 1.4307, je chrom-niklová austenitická korozivzdorná ocel, která jak již říká materiálový list, je svařitelná všemi obvyklými postupy. Materiál 1.0330 je uhlíková ocel (jakostní ocel), u které materiálový list také udává vhodnost ke svařování běžnými postupy. I obecnější tabulka (tabulka 15 – zkrácená, kompletní tabulka je uvedena v příloze), která je přehledová a využitelná spíše pro porovnání svařitelnosti mezi různými druhy materiálů naznačuje, že by materiály měly být odporově bez problémů svařitelné. Materiálové listy jsou uvedeny v příloze.

O hodnocení svařitelnosti kovových materiálů hovoří norma ČSN EN ISO 18278-1 (kapitola „Určení schopnosti vytvořit svar“) a ČSN EN ISO 18278-2 v souvislosti s normou ČSN EN ISO 14327 (Způsoby určení diagramu oblasti svařování při odporovém bodovém, výstupkovém a švovém svařování). Pro vytvoření diagramů oblasti svařování při bodovém svařování by bylo nutno použít obrovské množství zkušebních vzorků, při velkém množství nastavení parametrů proudu, poté přítláčné síly. Nejspíše je to vhodné při velkých sériích.

Tab. 15 Svařitelnost materiálů [14]

1 - výborně 2 - dobře 3 - dostatečně 4 - špatně 5 - nedostatečně 6 - nemožné	Hliník	Nerezavějící ocel	Mosaz	Měď	Pozinkovaná ocel	Ocel	Olovo	Monelův kov	Nikl	Nichróm	Bílí lesklý plech	Zinek	Fosforový bronz	Alpaka
Hliník	2	5	4	5	3	4	5	4	4	4	3	3	3	6
Nerezavějící ocel	5	1	5	5	2	1	6	3	3	3	2	6	4	4
Mosaz	4	5	3	4	4	4	6	3	3	3	4	5	3	3
Měď	5	5	4	6	5	5	5	4	4	4	5	5	3	3
Pozinkovaná ocel	3	2	4	5	2	2	4	3	3	3	2	3	4	5
Ocel	4	1	4	5	2	1	6	3	3	3	2	6	3	4

- o *Rozměry a příprava vzorků* – o rozměrech a přípravě vzorků pojednávají normy ČSN EN ISO (14273, 14270, 17653, 10447 a další). Rozměry vzorků nebyly voleny dle normy. Rozměry vzorků je možno měnit po dohodě se zákazníkem. Dle svařovaných konstrukcí, kde svary nejsou umístěny dle teoretických požadavků, viz obrázek 28 na straně 25, byly zkušební vzorky (obr. 66) upraveny na velikosti zhruba odpovídajícím velikostem na konstrukcích tak, aby vytvořené vzorky/svary byly srovnatelné. Svařované plechy byly před svařením odmaštěny technickým benzínem.



Obr. 66 Rozměry vzorků

- o *Nastavované parametry* byly z počátku voleny podle tabulky 4 ze strany 24. Tyto hodnoty byly zkontrolovány se svářečským inženýrem a technologem a posléze upraveny. Některé hodnoty nevyhovovaly maximálním hodnotám stroje, jiné hodnoty byly přehodnoceny z důvodu vytvoření pouhých difusních spojů, které byly odhaleny manuální odlupovací zkouškou (viz přílohy).

Při bodovém svařování záleží na všech parametrech svařování a jejich dokonalé zkombinování je alchymie. Jak již bylo zmíněno pro dokonalé odladění parametrů by bylo potřeba řídit se minimálně normou ČSN EN ISO 14327 (Způsoby určení diagramu oblasti svařování při odporovém bodovém, výstupkovém a švovém svařování). Lze měnit parametry jak proudu, tak svařovacího času, tak přítlaku.

Pro experiment byla zvolena varianta změny pouze hodnoty proudu pro tvrdý a měkký režim. Hodnoty proudu byly nastavovány v procentech maximálního svařovacího proudu stroje (16,6 kA). Krok byl zvolen 4 % . Nastavované parametry jsou shrnuty v tabulce 16. Na každou variantu nastavení byly svařeny 4 vzorky pro zkoušku smykovým namáháním a 4 vzorky pro zkoušku odlupovací.

Tab. 16 Nastavované svařovací parametry pro experiment

Materiál (-)	Tl. materiálu (mm)	Svařovací režim (-)	Svařovací parametry (-)	Svařovací parametry (tab.4) (-)
Ocel 1.4307	1	Tvrdý	$F_s = 4000 \text{ N}$ $I_s = 8,964 \text{ kA}$ ($I_s = 54\%$) $t_s = 7 \text{ Per}$	$F_s = 4000 \text{ N}$ $I_s = 7,6 \text{ kA}$ $t_s = 7 \text{ Per}$
Ocel 1.4307	1	Tvrdý	$F_s = 4000 \text{ N}$ $I_s = 9,628 \text{ kA}$ ($I_s = 58\%$) $t_s = 7 \text{ Per}$	$F_s = 4000 \text{ N}$ $I_s = 7,6 \text{ kA}$ $t_s = 7 \text{ Per}$
Ocel 1.4307	1	Tvrdý	$F_s = 4000 \text{ N}$ $I_s = 10,292 \text{ kA}$ ($I_s = 62\%$) $t_s = 7 \text{ Per}$	$F_s = 4000 \text{ N}$ $I_s = 7,6 \text{ kA}$ $t_s = 7 \text{ Per}$
Materiál (-)	Tl. materiálu (mm)	Svařovací režim (-)	Svařovací parametry (-)	Svařovací parametry (tab.4) (-)
Ocel 1.0330 (11321)	1	Tvrdý	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_s = 8,300 \text{ kA}$ ($I_s = 50\%$) $t_s = 6 \text{ Per}$	$F_s = 2500 \text{ N}$ $I_s = 9 \text{ kA}$ $t_s = 6 \text{ Per}$
Ocel 1.0330 (11321)	1	Tvrdý	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_s = 8,964 \text{ kA}$ ($I_s = 54\%$) $t_s = 6 \text{ Per}$	$F_s = 2500 \text{ N}$ $I_s = 9 \text{ kA}$ $t_s = 6 \text{ Per}$
Ocel 1.0330 (11321)	1	Tvrdý	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_s = 9,628 \text{ kA}$ ($I_s = 58\%$) $t_s = 6 \text{ Per}$	$F_s = 2500 \text{ N}$ $I_s = 9 \text{ kA}$ $t_s = 6 \text{ Per}$
Materiál (-)	Tloušťka materiálu (mm)	Svařovací režim (-)	Svařovací parametry (-)	Svařovací parametry (tab.4) (-)
Ocel 1.4307	2	Tvrdý	$F_s = 5500 \text{ N}$ $I_s = 7,470 \text{ kA}$ ($I_s = 46\%$) $t_s = 10 \text{ Per}$	$F_s = 9000 \text{ N}$ $I_s = 14 \text{ kA}$ $t_s = 13 \text{ Per}$
Ocel 1.4307	2	Tvrdý	$F_s = 5500 \text{ N}$ $I_s = 8,300 \text{ kA}$ ($I_s = 50\%$) $t_s = 10 \text{ Per}$	$F_s = 9000 \text{ N}$ $I_s = 14 \text{ kA}$ $t_s = 13 \text{ Per}$
Ocel 1.4307	2	Tvrdý	$F_s = 5500 \text{ N}$ $I_s = 8,964 \text{ kA}$ ($I_s = 54\%$) $t_s = 10 \text{ Per}$	$F_s = 9000 \text{ N}$ $I_s = 14 \text{ kA}$ $t_s = 13 \text{ Per}$
Materiál (-)	Tloušťka materiálu (mm)	Svařovací režim (-)	Svařovací parametry (-)	Svařovací parametry (tab.4) (-)
Ocel 1.0330 (11321)	2	Tvrdý	$F_s = 3000 \text{ N}$ $I_s = 11,620 \text{ kA}$ ($I_s = 70\%$) $t_s = 10 \text{ Per}$	$F_s = 5000 \text{ N}$ $I_s = 14 \text{ kA}$ $t_s = 15 \text{ Per}$
Ocel 1.0330 (11321)	2	Tvrdý	$F_s = 3000 \text{ N}$ $I_s = 12,284 \text{ kA}$ ($I_s = 74\%$) $t_s = 10 \text{ Per}$	$F_s = 5000 \text{ N}$ $I_s = 14 \text{ kA}$ $t_s = 15 \text{ Per}$
Ocel 1.0330 (11321)	2	Tvrdý	$F_s = 3000 \text{ N}$ $I_s = 12,948 \text{ kA}$ ($I_s = 78\%$) $t_s = 10 \text{ Per}$	$F_s = 5000 \text{ N}$ $I_s = 14 \text{ kA}$ $t_s = 15 \text{ Per}$
Materiál (-)	Tloušťka materiálu (mm)	Svařovací režim (-)	Svařovací parametry (-)	Svařovací parametry (tab.4) (-)
Ocel 1.4307	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 4,980 \text{ kA}$ ($I_s = 31\%$) $t_s = 20 \text{ Per}$	$F_s = - \text{ N}$ $I_s = - \text{ kA}$ $t_s = - \text{ Per}$
Ocel 1.4307	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 5,810 \text{ kA}$ ($I_s = 35\%$) $t_s = 20 \text{ Per}$	$F_s = - \text{ N}$ $I_s = - \text{ kA}$ $t_s = - \text{ Per}$
Ocel 1.4307	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 6,474 \text{ kA}$ ($I_s = 39\%$) $t_s = 20 \text{ Per}$	$F_s = - \text{ N}$ $I_s = - \text{ kA}$ $t_s = - \text{ Per}$
Materiál (-)	Tloušťka materiálu (mm)	Svařovací režim (-)	Svařovací parametry (-)	Svařovací parametry (tab.4) (-)
Ocel 1.0330 (11321)	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 5,644 \text{ kA}$ ($I_s = 34\%$) $t_s = 20 \text{ Per}$	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 5 \text{ kA}$ $t_s = 20 \text{ Per}$
Ocel 1.0330 (11321)	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 6,308 \text{ kA}$ ($I_s = 38\%$) $t_s = 20 \text{ Per}$	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 5 \text{ kA}$ $t_s = 20 \text{ Per}$
Ocel 1.0330 (11321)	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 6,972 \text{ kA}$ ($I_s = 42\%$) $t_s = 20 \text{ Per}$	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 5 \text{ kA}$ $t_s = 20 \text{ Per}$
Materiál (-)	Tloušťka materiálu (mm)	Svařovací režim (-)	Svařovací parametry (-)	Svařovací parametry (tab.4) (-)
Ocel 1.4307	2	Měkký	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_s = 5,312 \text{ kA}$ ($I_s = 32\%$) $t_s = 40 \text{ Per}$	$F_s = - \text{ N}$ $I_s = - \text{ kA}$ $t_s = - \text{ Per}$
Ocel 1.4307	2	Měkký	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_s = 5,976 \text{ kA}$ ($I_s = 36\%$) $t_s = 40 \text{ Per}$	$F_s = - \text{ N}$ $I_s = - \text{ kA}$ $t_s = - \text{ Per}$
Ocel 1.4307	2	Měkký	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_s = 6,640 \text{ kA}$ ($I_s = 40\%$) $t_s = 40 \text{ Per}$	$F_s = - \text{ N}$ $I_s = - \text{ kA}$ $t_s = - \text{ Per}$
Materiál (-)	Tloušťka materiálu (mm)	Svařovací režim (-)	Svařovací parametry (-)	Svařovací parametry (tab.4) (-)
Ocel 1.0330 (11321)	2	Měkký	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_s = 7,968 \text{ kA}$ ($I_s = 48\%$) $t_s = 40 \text{ Per}$	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_s = 7 \text{ kA}$ $t_s = 50 \text{ Per}$
Ocel 1.0330 (11321)	2	Měkký	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_s = 8,632 \text{ kA}$ ($I_s = 52\%$) $t_s = 40 \text{ Per}$	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_s = 7 \text{ kA}$ $t_s = 50 \text{ Per}$
Ocel 1.0330 (11321)	2	Měkký	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_s = 9,296 \text{ kA}$ ($I_s = 56\%$) $t_s = 40 \text{ Per}$	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_s = 7 \text{ kA}$ $t_s = 50 \text{ Per}$

- *Zkoušky smykového namáhání a odlupovací* –firma ROSTEX vlastní trhací stroj, který zvládne změřit sílu zkoušek pouze do 10 kN. Plánované velikosti průměrů svarů (5 mm) pro dané materiály (1.4307 a 1.0330) a jejich tloušťky (1 + 1 a 2 + 2) mm by v některých případech mohly snést sílu větší. Z toho důvodu (a z důvodu, aby všechny vzorky byly zkoušeny na stejném zařízení) byly zkoušky provedeny ve Vojenském technickém ústavu pozemního vojska v Úseku zkoušení techniky na Zkušebně speciálních měření, na stroji silnějším.
- *Stroj, pomůcky, rychlost zatěžování, průběh zkoušek* – použitý byl trhací stroj Alfred J. Amsler & CO (obr. 67), bohužel bez záznamu průběhu zkoušky (zapisovač nefunkční), (kalibrace provedena dne 14.8.2014, viz příloha). Pro upnutí vzorků byly použity speciální kleštiny s drážkováním. Sevření horních kleštín automatické (vlivem gravitace), sevření spodních kleštín manuální. Rychlost zatěžování vzorků byla 10 mm/min. Před zkouškou byla nastavena vzdálenost kleštín tak, aby každý vzorek byl upnut za cca 30 mm materiálu na obou koncích. Spodní kleštiny byly „dotlačeny“ silou operátora, horní kleštiny bylo nutno také „dotlačit“, aby nedocházelo k prokluzu materiálu (zvláště u materiálu 1.4307 z důvodu velmi hladkého povrchu). Z časových důvodů bylo zatížení vzorku ukončeno krátce po vzniku prvního porušení, což bylo zaznamenáno hlavně poklesem síly (vzorky nebyly „dotrženy“ do úplného konce). Zdlouhavé bylo zatěžování hlavně vzorků na odlupovací zkoušku, což bylo ovlivněno vzdáleností ohybu od svaru, který se nejdříve narovnal a až poté došlo k zatěžování vlastního svaru. Po ukončení zatěžování byla zaznamenána největší dosažená zatěžující síla.



Obr. 67 Trhací stroj, kleštiny, vzorky

10.1 VYHODNOCENÍ EXPERIMENTU [13]

Jelikož se ve firmě ROSTEX svařují komponenty pro kolejová vozidla převážně jen z materiálu 1.4307, je tím nejpodstatnějším úkolem porovnat výsledky právě těchto materiálů. K porovnání a vyhodnocení se nabízí hned několik možností:

• Srovnání režimů:	TVRDÝ	×	MĚKKÝ
o Srovnání pevnosti smykové:	Měření DP	×	ROSTEX
o Srovnání pevnosti odlupovací:	Měření DP	×	ROSTEX
o Srovnání svarových čoček:	Měření DP	×	ROSTEX
o Srovnání směrodatných odchylek:	Měření DP	×	ROSTEX
▪ Srovnání pevnosti smykové:	Měření DP	×	Tab. 17
▪ Srovnání svařovacích parametrů:	Nastav. DP	×	Tab. 4
▪ Srovnání pevnosti smykové a odlupovací:	1.4307	×	1.0330

Srovnání svařovacích parametrů s parametry z tabulky 4 je uvedeno v závěrech, stejně tak srovnání pevnosti smykové a odlupovací pro materiály 1.4307 a 1.0330.

Jak je patrné, ne u všech výsledků je možno porovnání ve všech výše uvedených bodech. Tabulka 17 byla vytvořena pro běžné tloušťky materiálů a různé průměry svarových čoček (tabulku je nutno brát jako orientační při návrhu svarů) pro materiály 1.4307 a 1.0330, na základě vzorce uváděného v normě ČSN EN ISO 14373 pro výpočet smykové pevnosti:

$$P_s = 2,6 \cdot s \cdot d_\zeta \cdot R_m \quad [\text{N}] \quad (10.1)$$

kde:

s	[mm]	- Tloušťka plechu
d_ζ	[mm]	- Průměr svaru
R_m	[MPa]	- Mez pevnosti v tahu

Tab. 17 Smyková pevnost svaru

Materiál 1.4307			Smyková pevnost pevnost svaru pro průměr svarové čočky															
			[mm]															
Tl.materiálu	Spodní mez pevnosti materiál	Horní mez pevnosti materiálu	1		2		3		4		5		6		7		8	
[mm]	[MPa]	[MPa]	Spodní [N]	Horní [N]	Spodní [N]	Horní [N]	Spodní [N]	Horní [N]	Spodní [N]	Horní [N]	Spodní [N]	Horní [N]	Spodní [N]	Horní [N]	Spodní [N]	Horní [N]	Spodní [N]	Horní [N]
0,6			780	1092	1560	2184	2340	3276	3120	4368	3900	5460	4680	6552	5460	7644	6240	8736
0,8			1040	1456	2080	2912	3120	4368	4160	5824	5200	7280	6240	8736	7280	10192	8320	11648
1			1300	1820	2600	3640	3900	5460	5200	7280	6500	9100	7800	10920	9100	12740	10400	14560
1,2			1560	2184	3120	4368	4680	6552	6240	8736	7800	10920	9360	13104	10920	15288	12480	17472
1,6	500	700	2080	2912	4160	5824	6240	8736	8320	11648	10400	14560	12480	17472	14560	20384	16640	23296
2			2600	3640	5200	7280	7800	10920	10400	14560	13000	18200	15600	21840	18200	25480	20800	29120
2,5			3250	4550	6500	9100	9750	13650	13000	18200	16250	22750	19500	27300	22750	31850	26000	36400
3			3900	5460	7800	10920	11700	16380	15600	21840	19500	27300	23400	32760	27300	38220	31200	43680
Materiál 1.0330			Smyková pevnost pevnost svaru pro průměr svarové čočky															
			[mm]															
Tl.materiálu	Spodní mez pevnosti materiál	Horní mez pevnosti materiálu	1		2		3		4		5		6		7		8	
[mm]	[MPa]	[MPa]	Spodní [N]	Horní [N]	Spodní [N]	Horní [N]	Spodní [N]	Horní [N]	Spodní [N]	Horní [N]	Spodní [N]	Horní [N]	Spodní [N]	Horní [N]	Spodní [N]	Horní [N]	Spodní [N]	Horní [N]
0,6			421	640	842	1279	1264	1919	1685	2558	2106	3198	2527	3838	2948	4477	3370	5117
0,8			562	853	1123	1706	1685	2558	2246	3411	2808	4264	3370	5117	3931	5970	4493	6822
1			702	1066	1404	2132	2106	3198	2808	4264	3510	5330	4212	6396	4914	7462	5616	8528
1,2	270	410	842	1279	1685	2558	2527	3838	3370	5117	4212	6396	5054	7675	5897	8954	6739	10234
1,6			1123	1706	2246	3411	3370	5117	4493	6822	5616	8528	6739	10234	7862	11939	8986	13645
2			1404	2132	2808	4264	4212	6396	5616	8528	7020	10660	8424	12792	9828	14924	11232	17056
2,5			1755	2665	3510	5330	5265	7995	7020	10660	8775	13325	10530	15990	12285	18655	14040	21320
3			2106	3198	4212	6396	6318	9594	8424	12792	10530	15990	12636	19188	14742	22386	16848	25584

Poznámka:

- o Dále jsou ve vyhodnocení hodnoty vypočítané (střední hodnoty, směrodatné odchylky) na základě hodnot dodaných firmou ROSTEX zmiňovány jako hodnoty „ROSTEX“.

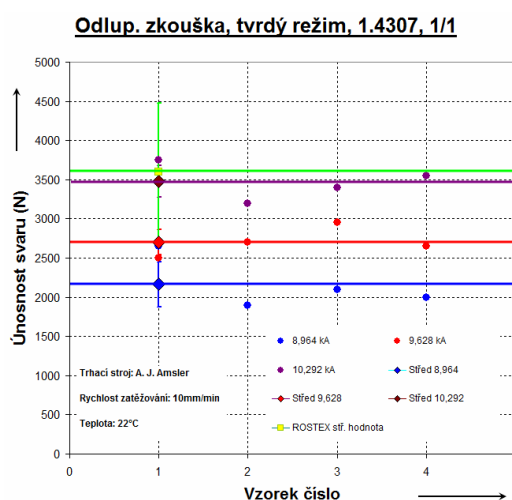
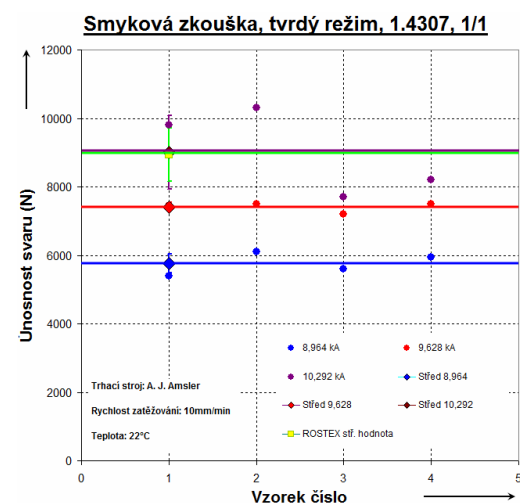
- **Srovnání režimů ($T \times M$)** - vyšší hodnoty pevností byly dosaženy při svařování tvrdým režimem, rozdíl u smykového namáhání je cca 22% a u odlupovacího namáhání cca 5%, velikosti čoček byly cca o 15% větší při svařování tvrdým režimem.
- o **Srovnání pevnosti smykové ($DP \times ROSTEX$)** - střední hodnota max. síly převyšovala střední hodnotu „ROSTEX“ ve třetí variantě nastavovaných parametrů, viz tab. 18 a obr. 68.
- o **Srovnání pevnosti odlupovací ($DP \times ROSTEX$)** - střední hodnota max. síly se alespoň přiblížila střední hodnotě „ROSTEX“ ve třetí variantě nastavovaných parametrů.
- o **Srovnání svarových čoček ($DP \times ROSTEX$)** - průměry svarových čoček převyšovaly střední hodnotu průměrů svarových čoček „ROSTEX“ ve třetí variantě nastavovaných parametrů. Ve dvou svarech došlo k rozstříku materiálu.
- o **Srovnání směrodatných odchylek ($DP \times ROSTEX$)** – ve třetím nastavení, kde se hodnoty pevností téměř shodují, je směrodatná odchylka podstatně vyšší jak odchylka „ROSTEX“.
- **Srovnání pevnosti smykové (s tab.17)** - hodnoty „ROSTEX“ se pohybují u horní hranice smykové pevnosti pro průměr svaru 5 mm. Pro první, druhé i třetí nastavení se střední hodnota max. síly pohybuje okolo střední hodnoty smykové pevnosti.

Dílčí závěr:

Dle stabilnějších hodnot „ROSTEX“, porovnání svarových čoček a vypočtených smykových pevností jsou parametry svařování „ROSTEX“ dostatečně odladěny.

Tab. 18 Tabulka hodnot – 1.4307, tvrdý režim, 1/1

Materiál	Tloušťka materiálu	Svařovací režim	Svařovací parametry	Tabulkové svařovací parametry (tab.4)	Zkouška	Naměřená max. síla	Střední hodnota max. síly	Směrodatná odchylka	Střední hodnota max. síly ROSTEX	Směrodatná odchylka ROSTEX	Naměřený průměr čočky	Pozn. ke svar. čočce	Střední hodnota průměru čočky	Střední hodnota průměru čočky ROSTEX
(-)	(mm)	(-)	(-)	(-)	(-)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(mm)	(-)	(mm)	(mm)
Nerezová ocel 1.4307	1	Tvrdý	$F_s = 4000 \text{ N}$ $I_s = 8,964 \text{ kA}$ ($I_s = 54\%$) $t_s = 7 \text{ Per}$	$F_s = 4000 \text{ N}$ $I_s = 7,6 \text{ kA}$ $t_s = 7 \text{ Per}$	Smyková	5400 6100 5800 5950	5763	277	8946	776	3,9 3,5 3,4 3,5	-	3,6	4,9
					Odlupovací	2650 1900 2100 2000					3,9 3,3 3,2 3,2	-		
												-		
												-		
Nerezová ocel 1.4307	1	Tvrdý	$F_s = 4000 \text{ N}$ $I_s = 9,628 \text{ kA}$ ($I_s = 58\%$) $t_s = 7 \text{ Per}$	$F_s = 4000 \text{ N}$ $I_s = 7,6 \text{ kA}$ $t_s = 7 \text{ Per}$	Smyková	7450 7500 7200 7500	7413	124	8946	776	4,5 4,8 4,7 4,5	-	4,6	4,9
					Odlupovací	2500 2700 2950 2550					4,4 4,2 4,2 3,8	-		
												-		
												-		
Nerezová ocel 1.4307	1	Tvrdý	$F_s = 4000 \text{ N}$ $I_s = 10,292 \text{ kA}$ ($I_s = 62\%$) $t_s = 7 \text{ Per}$	$F_s = 4000 \text{ N}$ $I_s = 7,6 \text{ kA}$ $t_s = 7 \text{ Per}$	Smyková	9800 10300 7700 8200	9000	1079	8946	776	6,0 6,0 5,3 5,4	-	5,7	4,9
					Odlupovací	3750 3200 3400 3550					5,6 5,2 4,8 4,9	R R		
												-		
												-		



Obr. 68 Únosnosti svarů Smyk/Odloupenutí - Tvrdý režim, 1/1, 1.4307

- **Srovnání režimů ($T \times M$)** - vyšší hodnoty pevností byly dosaženy při svařování tvrdým režimem, rozdíl u smykového namáhání je cca 22% a u odlupovacího namáhání cca 5%, velikosti čóček byly cca o 15% větší při svařování tvrdým režimem.
- o **Srovnání pevnosti smykové ($DP \times ROSTEX$)** –nejvyšších hodnot max. síly dosáhly vzorky svařované třetím nastavením – i tak nedosáhly hodnot „ROSTEX“, viz tab. 19 a obr. 69.
- o **Srovnání pevnosti odlupovací ($DP \times ROSTEX$)** - střední hodnota max. síly se nejvíce přiblížila střední hodnotě „ROSTEX“ ve třetí variantě nastavovaných parametrů.
- o **Srovnání svarových čóček ($DP \times ROSTEX$)** - průměry svarových čóček se nejvíce přiblížila střední hodnotě průměrů svarových čóček „ROSTEX“ ve třetí variantě nastavovaných parametrů - ve všech případech došlo k rozstříku materiálu.
- o **Srovnání směrodatných odchylek ($DP \times ROSTEX$)** – směrodatné odchylky měření byly vypočteny podstatně nižší jak směrodatné odchylky hodnot „ROSTEX“.
- **Srovnání pevnosti smykové (s tab.17)** – Hodnoty „ROSTEX“ – horní hranice. Pro druhé i třetí nastavení se střední hodnota max. síly pohybuje okolo horní hranice smykové pevnosti. První nastavení se pohybuje kolem spodní hranice smykové pevnosti.

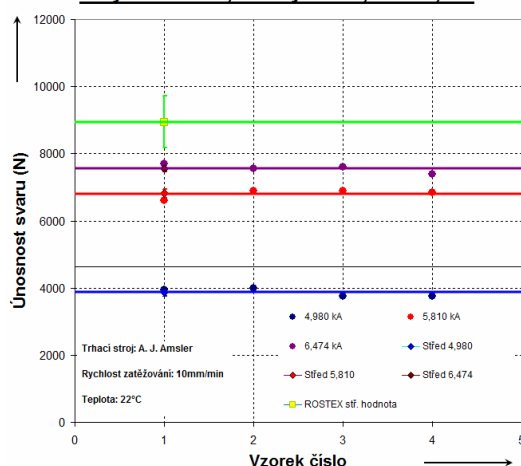
Dílčí závěr:

Nastavované parametry pro měkký režim nejsou vyhovující vzhledem k dosavadním dosahovaným hodnotám „ROSTEX“.

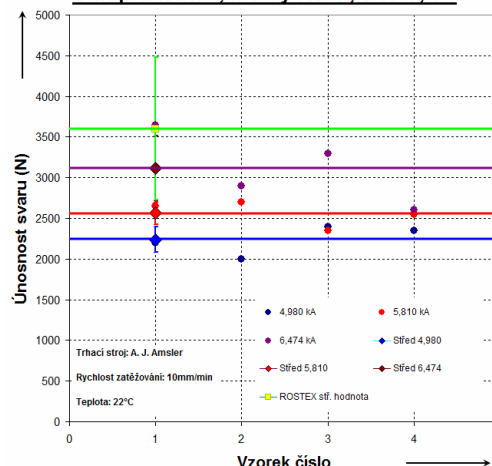
Tab. 19 Tabulka hodnot – 1.4307, měkký režim, 1/1

Materiál	Tloušťka materiálu	Svařovací režim	Svařovací parametry	Tabulkové svařovací parametry (tab.4)	Zkouška	Naměřená max. síla	Střední hodnota max. síly	Směrodatná odchylka	Střední hodnota max. síly ROSTEX	Směrodatná odchylka ROSTEX	Naměřený průměr čóčky	Pozn. ke svar. čóčce	Střední hodnota průměru čóčky	Střední hodnota průměru čóčky ROSTEX
(-)	(mm)	(-)	(-)	(-)	(-)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(mm)	(-)	(mm)	(mm)
Nerezová ocel 1.4307	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 4,980 \text{ kA}$ ($I_s = 31\%$) $t_s = 20 \text{ Per}$	$F_s = - \text{ N}$ $I_s = - \text{ kA}$ $t_s = - \text{ Per}$	Smyková	3950	3863	114	8946	776	3,0	-	2,9	4,9
						4000					3,0	-		
					Odlupovací	3750					2,7	-		
						3750					2,8	-		
Nerezová ocel 1.4307	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 5,810 \text{ kA}$ ($I_s = 35\%$) $t_s = 20 \text{ Per}$	$F_s = - \text{ N}$ $I_s = - \text{ kA}$ $t_s = - \text{ Per}$	Smyková	2200	2238	156	3603	873	2,8	-	2,8	4,9
						2000					2,8	-		
					Odlupovací	2400					2,9	-		
						2350					2,8	-		
Nerezová ocel 1.4307	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 6,474 \text{ kA}$ ($I_s = 39\%$) $t_s = 20 \text{ Per}$	$F_s = - \text{ N}$ $I_s = - \text{ kA}$ $t_s = - \text{ Per}$	Smyková	6500	6813	124	8946	776	3,7	-	3,9	4,9
						6900					3,7	-		
					Odlupovací	6900					4,3	-		
						6850					3,7	-		
Nerezová ocel 1.4307	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 6,474 \text{ kA}$ ($I_s = 39\%$) $t_s = 20 \text{ Per}$	$F_s = - \text{ N}$ $I_s = - \text{ kA}$ $t_s = - \text{ Per}$	Smyková	2850	2563	134	3603	873	4,3	-	4,3	4,9
						2700					4,4	-		
					Odlupovací	2350					4,3	-		
						2550					4,3	-		
Nerezová ocel 1.4307	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 6,474 \text{ kA}$ ($I_s = 39\%$) $t_s = 20 \text{ Per}$	$F_s = - \text{ N}$ $I_s = - \text{ kA}$ $t_s = - \text{ Per}$	Smyková	7700	7563	108	8946	776	4,3	R	4,3	4,9
						7550					4,2	R		
					Odlupovací	7600					4,6	R		
						7400					4,1	R		
Nerezová ocel 1.4307	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 6,474 \text{ kA}$ ($I_s = 39\%$) $t_s = 20 \text{ Per}$	$F_s = - \text{ N}$ $I_s = - \text{ kA}$ $t_s = - \text{ Per}$	Smyková	3650	3113	397	3603	873	5	R	4,5	4,9
						2900					4,2	R		
					Odlupovací	3300					4,3	R		
						2600					4,5	R		

Smyk. zkouška, měkký režim, 1.4307, 1/1



Odlup. zkouška, měkký režim, 1.4307, 1/1



Obr. 69 Únosnosti svarů Smyk/Odloupenutí - Měkký režim, 1/1, 1.4307

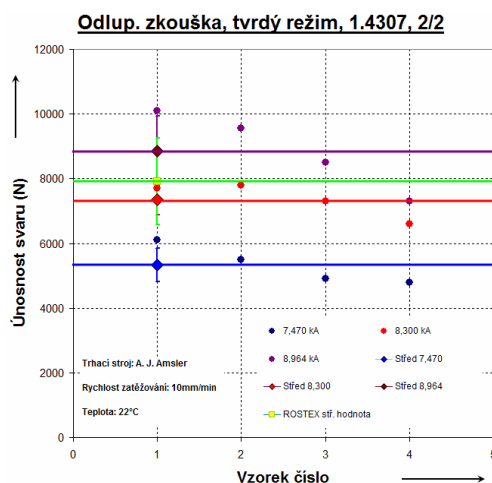
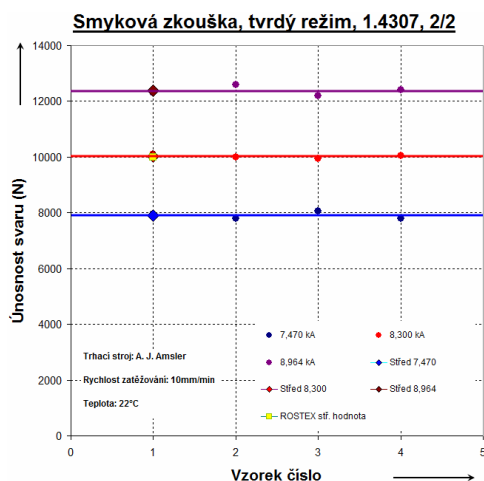
- **Srovnání režimů ($T \times M$)** - vyšší hodnoty pevností byly dosaženy při svařování tvrdým režimem, rozdíl u smykového namáhání je cca 11% a u odlupovacího namáhání cca 29%, velikosti čóček byly cca o 4% větší při svařování tvrdým režimem.
- o **Srovnání pevnosti smykové ($DP \times ROSTEX$)** – není možno porovnat, protože ROSTEX vlastní trhací stroj se silou do 10kN – na této končí všechny hodnoty „ROSTEX“. Z měřených hodnot, této hranice nedosáhly hodnoty prvního nastavení.
- o **Srovnání pevnosti odlupovací ($DP \times ROSTEX$)** - střední hodnota max. síly se přiblížila střední hodnotě „ROSTEX“ již ve druhé variantě nastavovaných parametrů, ve třetí variantě ji přesáhla cca o 1000N, viz tab. 20 a obr. 70.
- o **Srovnání svarových čóček ($DP \times ROSTEX$)** - průměry svarových čóček se přiblížily střední hodnotě průměrů svarových čóček „ROSTEX“ již ve druhé variantě nastavovaných parametrů, ve třetí variantě ji mírně přesáhla.
- o **Srovnání směrodatných odchylek ($DP \times ROSTEX$)** – směrodatné odchylky měření byly vypočteny podstatně nižší jak směrodatné odchylky hodnot „ROSTEX“.
- **Srovnání pevnosti smykové (s tab.17)** – hodnoty „ROSTEX“ není možno posoudit (omezení trhacím strojem 10 kN). Žádná z naměřených hodnot (vzhledem k velikosti vytvořené čóčky) nedosahuje ani spodní smykové pevnosti.

Dílčí závěr:

Nerovnoměrné tvary svarových čóček - opotřebovaná elektroda (nutná úprava). Třetí nastavení – dosaženo větší pevnosti odlupovací než hodnoty „ROSTEX“. Nedošlo k rozstříku.

Tab. 20 Tabulka hodnot – 1.4307, tvrdý režim, 2/2

Materiál	Tloušťka materiálu	Svařovací režim	Svařovací parametry	Tabulkové svařovací parametry (tab.4)	Zkouška	Naměřená max. síla	Střední hodnota max. síly	Směrodatná odchylka	Střední hodnota max. síly ROSTEX	Směrodatná odchylka ROSTEX	Naměřený průměr čóčky	Pozn. ke svar. čóčce	Střední hodnota průměru čóčky	Střední hodnota průměru čóčky ROSTEX							
(-)	(mm)	(-)	(-)	(-)	(-)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(mm)	(-)	(mm)	(mm)							
Nerezová ocel 1.4307	2	Tvrdý	$F_s = 5500 \text{ N}$ $I_s = 7,470 \text{ kA}$ $(I_s = 46\%)$ $t_s = 10 \text{ Per}$	$F_s = 9000 \text{ N}$ $I_s = 14 \text{ kA}$ $t_s = 13 \text{ Per}$	Smyková	7950 7800 8050 7800	7900	106	10000	0	3,5 3,7 4,1 3,8	N N N N	3,8	4,4							
					Odlupovací	6100 5500 4900 4800					5325				521	7916	1333	3,9 3,9 3,6 3,9		3,8	4,4
Nerezová ocel 1.4307	2	Tvrdý	$F_s = 5500 \text{ N}$ $I_s = 8,300 \text{ kA}$ $(I_s = 50\%)$ $t_s = 10 \text{ Per}$	$F_s = 9000 \text{ N}$ $I_s = 14 \text{ kA}$ $t_s = 13 \text{ Per}$	Smyková	10100 10000 9950 10050	10025	56	10000	0	4,9 4,6 4,7 4,8	N N N N	4,8	4,4							
					Odlupovací	7700 7800 7300 6600					7350				472	7916	1333	4,4 3,9 4,4 4,2	- - - -	4,2	4,4
Nerezová ocel 1.4307	2	Tvrdý	$F_s = 5500 \text{ N}$ $I_s = 8,964 \text{ kA}$ $(I_s = 54\%)$ $t_s = 10 \text{ Per}$	$F_s = 9000 \text{ N}$ $I_s = 14 \text{ kA}$ $t_s = 13 \text{ Per}$	Smyková	12300 12600 12200 12400	12375	148	10000	0	4,6 5,3 5,3 5,1	- - N N	5,1	4,4							
					Odlupovací	10100 9550 8500 7300					8863				1070	7916	1333	4,4 4,6 4,6 4,9	- - - -	4,6	4,4



Obr. 70 Únosnosti svarů Smyk/Odloupenutí - Tvrdý režim, 2/2, 1.4307

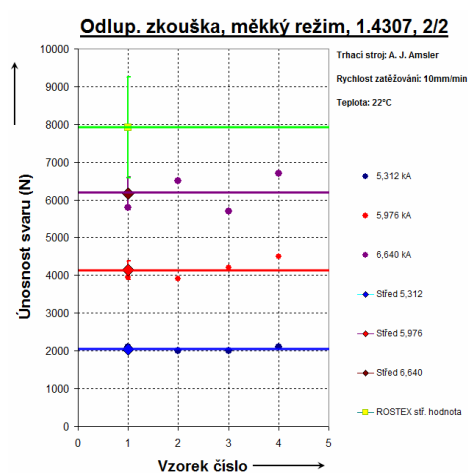
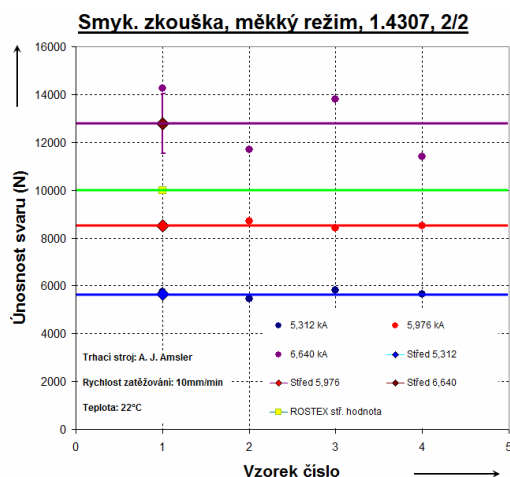
- **Srovnání režimů ($T \times M$)** - vyšší hodnoty pevností byly dosaženy při svařování tvrdým režimem, rozdíl u smykového namáhání je cca 11% a u odlupovacího namáhání cca 29%, velikosti čóček cca 4% větší při svařování tvrdým režimem.
- o **Srovnání pevnosti smykové ($DP \times ROSTEX$)** – není možno porovnat, protože ROSTEX vlastní trhací stroj se silou do 10kN – na této končí všechny hodnoty „ROSTEX“. Z měřených této hranice nedosáhly hodnoty prvního nastavení, viz tab. 21 a obr. 71.
- o **Srovnání pevnosti odlupovací ($DP \times ROSTEX$)** - střední hodnota max. síly se nejvíce přiblížila střední hodnotě „ROSTEX“ ve třetí variantě.
- o **Srovnání svarových čóček ($DP \times ROSTEX$)** - průměry svarových čóček se přiblížily střední hodnotě průměrů svarových čóček „ROSTEX“ již ve druhé variantě nastavovaných parametrů, ve třetí variantě ji mírně přesáhla.
- o **Srovnání směrodatných odchylek ($DP \times ROSTEX$)** – směrodatné odchylky měření byly vypočteny podstatně nižší jak směrodatné odchylky hodnot „ROSTEX“.
- **Srovnání pevnosti smykové (s tab.17)** – hodnoty „ROSTEX“ není možno posoudit (omezení trhacím strojem 10 kN). Žádná z naměřených hodnot (vzhledem k velikosti vytvořené čóčky) nedosahuje ani spodní smykové pevnosti.

Dílčí závěr:

Třetí varianta nastavení – rozstřík materiálu, velký průměr svarové čóčky, ani max. síla na odloupenutí nedosahuje hodnot „ROSTEX“. Nastavované parametry pro měkký režim nejsou vhodné.

Tab. 21 Tabulka hodnot – 1.4307, měkký režim, 2/2

Materiál	Tloušťka materiálu	Svařovací režim	Svařovací parametry	Tabulkové svařovací parametry (tab.4)	Zkouška	Naměřená max. síla	Střední hodnota max. síly	Směrodatná odchylka	Střední hodnota max. síly ROSTEX	Směrodatná odchylka ROSTEX	Naměřený průměr čocky	Pozn. ke svar. čocke	Střední hodnota průměru čocky	Střední hodnota průměru čocky ROSTEX			
(-)	(mm)	(-)	(-)	(-)	(-)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(mm)	(-)	(mm)	(mm)			
Nerezová ocel 1.4307	2	Měkký	$F_s = 2000 \text{ N}$	$F_s = - \text{N}$	Smyková	5750	5663	134	10000	0	2,4	N	2,4	4,4			
			$I_s = 5,312 \text{ kA}$	$I_s = - \text{kA}$		5450					-						
			$(I_s = 32\%)$	5800		-											
			$t_s = 40 \text{ Per}$	$t_s = - \text{Per}$	5650	-	2100	-									
			Odlupovací	2000	2050	50	7916	1333	2,3	-	2,3	-					
Nerezová ocel 1.4307	2	Měkký	$F_s = 2000 \text{ N}$	$F_s = - \text{N}$	Smyková	8500	8525	109	10000	0	4,3	-	4,3	4,4			
$I_s = 5,976 \text{ kA}$	$I_s = - \text{kA}$	8700	-														
$(I_s = 36\%)$	8400	-															
$t_s = 40 \text{ Per}$	$t_s = - \text{Per}$	8500	-	3950	-	3900	4138	238	7916	1333	3,8	-	3,8	4,4			
Odlupovací	4200	4500	3,8	-	3,8	-	3,8	-	3,8	-							
Nerezová ocel 1.4307	2	Měkký	$F_s = 2000 \text{ N}$	$F_s = - \text{N}$	Smyková	14250	12788	1252	10000	0	6,9	-	6,6	4,4			
			$I_s = 6,640 \text{ kA}$	$I_s = - \text{kA}$		11700					-						
			$(I_s = 40\%)$	13800		-											
			$t_s = 40 \text{ Per}$	$t_s = - \text{Per}$	11400	-	5800	-	6500	6175	432	7916	1333	5,9	-	6,0	4,4
			Odlupovací	5700	6700	5,9	-	5,9	-	5,7	-	6,6	-				



Obr. 71 Únosnosti svarů Smyk/Odloupenutí - Měkký režim, 2/2, 1.4307

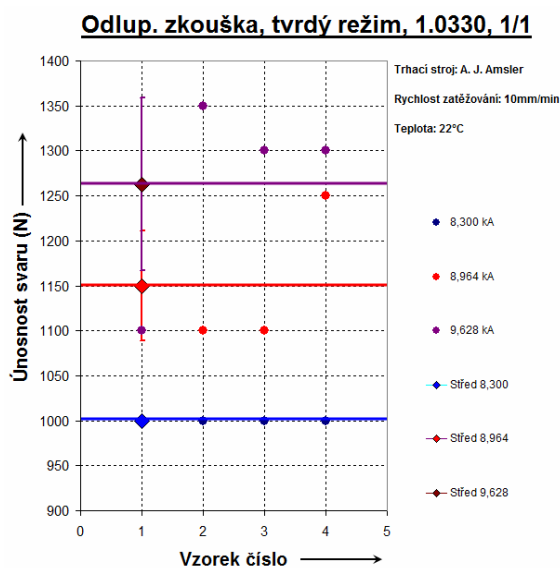
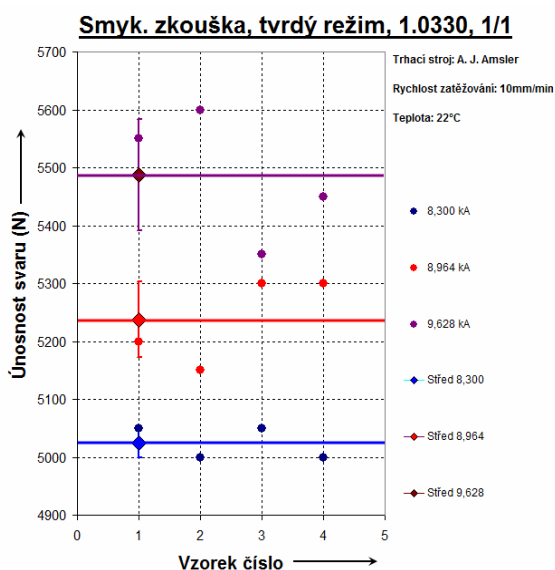
- **Srovnání režimů ($T \times M$)** - vyšší hodnoty pevnosti smykové byly dosaženy při svařování tvrdým režimem cca o 10%, vyšší pevnosti odlupovací bylo dosaženo měkkým režimem o cca 0,4%. Svarové čocky byly vytvořeny větší při svařování tvrdým režimem o cca 17%, viz tabulka 22, 23 a obrázek 72, 73.
- o **Srovnání pevnosti smykové ($DP \times ROSTEX$)** - ROSTEX nesvařuje – nejsou data
- o **Srovnání pevnosti odlupovací ($DP \times ROSTEX$)** - ROSTEX nesvařuje – nejsou data
- o **Srovnání svarových čockek ($DP \times ROSTEX$)** - ROSTEX nesvařuje – nejsou data
- o **Srovnání směrodatných odchylek ($DP \times ROSTEX$)** - ROSTEX nesvařuje – nejsou data
- **Srovnání pevnosti smykové (s tab.17)** - ROSTEX nesvařuje – nejsou data
 - První varianta dosahuje vyšší smykové pevnosti cca o 600 N. Druhá a třetí varianta se pohybuje mírně pod horní hranicí smykové pevnosti.

Dílčí závěr:

Nedošlo k rozstříku - možno další navýšení proudu - dosažení vyšší pevnosti (i vyšší jak maximální vypočtená - tab. 17). Směrodatné odchylky - nízké hodnoty. Velikosti svarů vyhovující.

Tab. 22 Tabulka hodnot – 1.0330, tvrdý režim, 1/1

Materiál	Tloušťka materiálu	Svařovací režim	Svařovací parametry	Tabulkové svařovací parametry (tab.4)	Zkouška	Naměřená max. síla	Střední hodnota max. síly	Směrodatná odchylka	Střední hodnota max. síly ROSTEX	Směrodatná odchylka ROSTEX	Naměřený průměr čocky	Pozn. ke svar. čocke	Střední hodnota průměru čocky	Střední hodnota průměru čocky ROSTEX
(-)	(mm)	(-)	(-)	(-)	(-)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(mm)	(-)	(mm)	(mm)
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	1	Tvrdý	$F_s = 2000 \text{ N}$	$F_s = 2500 \text{ N}$	Smyková	5050	5025	25	-	-	4,5	-	4,2	-
			$I_s = 8,300 \text{ kA}$	$I_s = 9 \text{ kA}$		5000					4,2			
			$(I_s = 50\%)$			5050					4,2			
			$t_s = 6 \text{ Per}$	$t_s = 6 \text{ Per}$		5000					3,8			
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	1	Tvrdý	$F_s = 2000 \text{ N}$	$F_s = 2500 \text{ N}$	Odlupovací	1000	1000	0	-	-	4,5	-	4,6	-
			$I_s = 8,964 \text{ kA}$	$I_s = 9 \text{ kA}$		1000					4,7			
			$(I_s = 54\%)$			1000					4,6			
			$t_s = 6 \text{ Per}$	$t_s = 6 \text{ Per}$		1000					4,6			
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	1	Tvrdý	$F_s = 2000 \text{ N}$	$F_s = 2500 \text{ N}$	Smyková	5200	5238	65	-	-	5,0	-	5,0	-
			$I_s = 8,964 \text{ kA}$	$I_s = 9 \text{ kA}$		5150					5,0			
			$(I_s = 54\%)$			5300					5,0			
			$t_s = 6 \text{ Per}$	$t_s = 6 \text{ Per}$		5300					5,0			
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	1	Tvrdý	$F_s = 2000 \text{ N}$	$F_s = 2500 \text{ N}$	Odlupovací	1150	1150	61	-	-	5,4	-	5,5	-
			$I_s = 8,964 \text{ kA}$	$I_s = 9 \text{ kA}$		1100					5,6			
			$(I_s = 58\%)$			1100					5,5			
			$t_s = 6 \text{ Per}$	$t_s = 6 \text{ Per}$		1250					5,6			
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	1	Tvrdý	$F_s = 2000 \text{ N}$	$F_s = 2500 \text{ N}$	Smyková	5550	5488	96	-	-	5,2	-	5,5	-
			$I_s = 8,628 \text{ kA}$	$I_s = 9 \text{ kA}$		5600					5,5			
			$(I_s = 58\%)$			5350					6,2			
			$t_s = 6 \text{ Per}$	$t_s = 6 \text{ Per}$		5450					5,0			
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	1	Tvrdý	$F_s = 2000 \text{ N}$	$F_s = 2500 \text{ N}$	Odlupovací	1100	1263	96	-	-	5,9	-	5,9	-
			$I_s = 8,628 \text{ kA}$	$I_s = 9 \text{ kA}$		1350					5,8			
			$(I_s = 58\%)$			1300					5,9			
			$t_s = 6 \text{ Per}$	$t_s = 6 \text{ Per}$		1300					5,9			



Obr. 72 Únosnosti svarů Smyk/Odloupenutí - Tvrdý režim, 1/1, 1.0330

- **Srovnání režimů (T×M)** - vyšší hodnoty pevnosti smykové byly dosaženy při svařování tvrdým režimem o cca 10%, vyšší pevnosti odlupovací bylo dosaženo měkkým režimem o cca 0,4%. Svarové čocky byly vytvořeny větší při svařování tvrdým režimem o cca 17%, viz tabulka 22, 23 a obrázek 72, 73.
 - o **Srovnání pevnosti smykové (DP×ROSTEX)** - ROSTEX nesvařuje – nejsou data
 - o **Srovnání pevnosti odlupovací (DP×ROSTEX)** - ROSTEX nesvařuje – nejsou data
 - o **Srovnání svarových čockek (DP×ROSTEX)** - ROSTEX nesvařuje – nejsou data
 - o **Srovnání směrodatných odchylek (DP×ROSTEX)** - ROSTEX nesvařuje – nejsou data
 - **Srovnání pevnosti smykové (s tab.17)** - ROSTEX nesvařuje – nejsou data
- První varianta dosahuje vyšší smykové pevnosti o cca 200 N. Druhá a třetí varianta dosahuje vyšší pevnosti o cca 400 N.

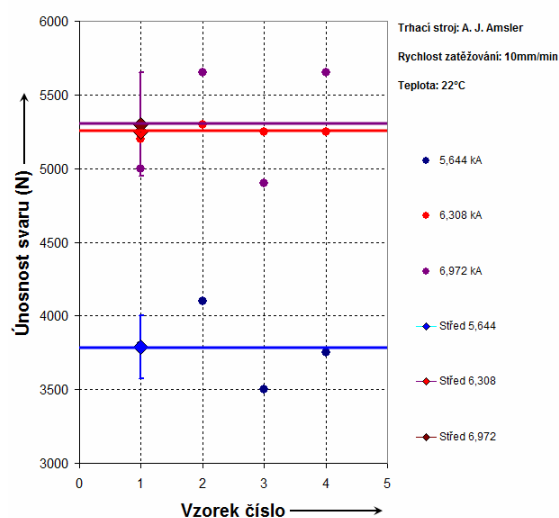
Dílčí závěr:

Třetí varianta - výstřik materiálu. Vhodnější jsou použité parametry tvrdého režimu (vyšší pevnosti, menší směrodatné odchylky, větší průměry svarů). (Možná by šlo úpravou parametrů dosáhnout stejných pevností jako v případě tvrdého režimu.)

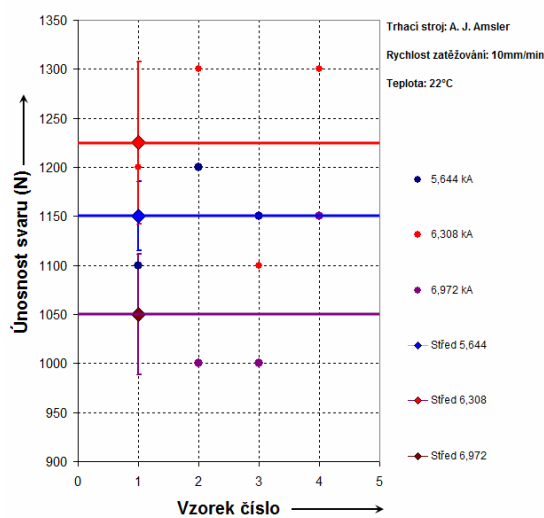
Tab. 23 Tabulka hodnot – 1.0330, měkký režim, 1/1

Materiál	Tloušťka materiálu	Svařovací režim	Svařovací parametry	Tabulkové svařovací parametry (tab.4)	Zkouška	Naměřená max. síla	Střední hodnota max. síly	Směrodatná odchylka	Střední hodnota max. síly ROSTEX	Směrodatná odchylka ROSTEX	Naměřený průměr čocky	Pozn. ke svar. čocke	Střední hodnota průměru čocky	Střední hodnota průměru čocky ROSTEX
(-)	(mm)	(-)	(-)	(-)	(-)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(mm)	(-)	(mm)	(mm)
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$	$F_s = 1000 \text{ N}$	Smyková	3800	3788	213	-	-	3,5	-	3,3	-
			$I_s = 5,644 \text{ kA}$	$I_s = 5 \text{ kA}$		4100					3,3	-		
			$(I_s = 34\%)$			3500					3,1	-		
			$t_s = 20 \text{ Per}$	$t_s = 20 \text{ Per}$		3750					3,1	-		
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$	$F_s = 1000 \text{ N}$	Odlupovací	1100	1150	35	-	-	4,1	-	4,0	-
			$I_s = 6,308 \text{ kA}$	$I_s = 5 \text{ kA}$		1200					4,0	-		
			$(I_s = 38\%)$			1150					4,0	-		
			$t_s = 20 \text{ Per}$	$t_s = 20 \text{ Per}$		1150					3,7	-		
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$	$F_s = 1000 \text{ N}$	Smyková	5200	5250	35	-	-	4,6	-	4,6	-
			$I_s = 6,308 \text{ kA}$	$I_s = 5 \text{ kA}$		5300					4,7	-		
			$(I_s = 38\%)$			5250					4,6	-		
			$t_s = 20 \text{ Per}$	$t_s = 20 \text{ Per}$		1200					4,8	-		
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$	$F_s = 1000 \text{ N}$	Odlupovací	1300	1225	83	-	-	4,3	-	4,5	-
			$I_s = 6,972 \text{ kA}$	$I_s = 5 \text{ kA}$		1100					4,7	-		
			$(I_s = 42\%)$			1300					4,3	-		
			$t_s = 20 \text{ Per}$	$t_s = 20 \text{ Per}$		1150					4,3	-		
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$	$F_s = 1000 \text{ N}$	Smyková	5000	5300	352	-	-	4,3	R	4,6	-
			$I_s = 6,972 \text{ kA}$	$I_s = 5 \text{ kA}$		5650					5,0	-		
			$(I_s = 42\%)$			4900					4,0	R		
			$t_s = 20 \text{ Per}$	$t_s = 20 \text{ Per}$		5650					5,0	-		
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$	$F_s = 1000 \text{ N}$	Odlupovací	1050	1050	61	-	-	4,3	R	4,5	-
			$I_s = 6,972 \text{ kA}$	$I_s = 5 \text{ kA}$		1000					4,4	R		
			$(I_s = 42\%)$			1000					5,0	-		
			$t_s = 20 \text{ Per}$	$t_s = 20 \text{ Per}$		1150					4,3	R		

Smyk. zkouška, měkký režim, 1.0330, 1/1



Odlup. zkouška, měkký režim, 1.0330, 1/1



Obr. 73 Únosnosti svarů Smyk/Odloupení - Měkký režim, 1/1, 1.0330

- **Srovnání režimů ($T \times M$)** - vyšší hodnoty pevnosti smykové byly dosaženy při svařování měkkým režimem o cca 14%, vyšší pevnosti odlupovací bylo dosaženo měkkým režimem cca o 7%. Svarové čochy byly vytvořeny větší při svařování měkkým režimem cca o 12%, viz tabulka 24,25 a obrázek 74,75.
 - o **Srovnání pevnosti smykové ($DP \times ROSTEX$)** - ROSTEX nesvařuje – nejsou data
 - o **Srovnání pevnosti odlupovací ($DP \times ROSTEX$)** - ROSTEX nesvařuje – nejsou data
 - o **Srovnání svarových čoch ($DP \times ROSTEX$)** - ROSTEX nesvařuje – nejsou data
 - o **Srovnání směrodatných odchylek ($DP \times ROSTEX$)** - ROSTEX nesvařuje – nejsou data
 - **Srovnání pevnosti smykové (s tab.17)** - ROSTEX nesvařuje – nejsou data
- První i druhá varianta se pohybují kolem středu smykové pevnosti, varianta třetí mezi středem a horní hranicí smykové pevnosti.

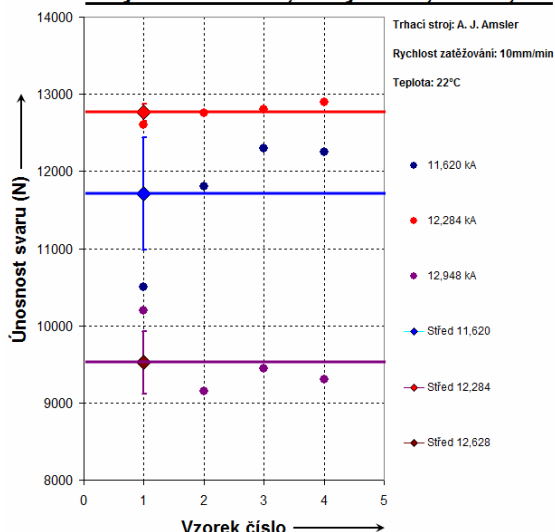
Dílčí závěr:

Nedošlo k rozstříku ani vytvoření nerovnoměrné čochy, ale při posledním navýšení proudu došlo k poklesu pevnosti a vytvořila se menší svarová čochka.

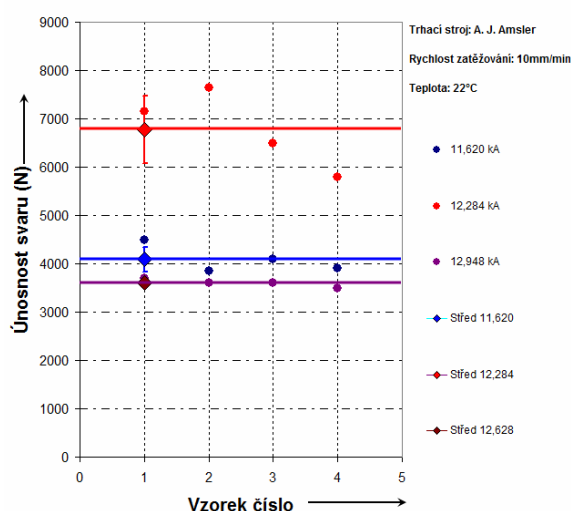
Tab. 24 Tabulka hodnot – 1.0330, tvrdý režim, 2/2

Materiál	Tloušťka materiálu	Svařovací režim	Svařovací parametry	Tabulkové svařovací parametry (tab.4)	Zkouška	Naměřená max. síla	Střední hodnota max. síly	Směrodatná odchylka	Střední hodnota max. síly ROSTEX	Směrodatná odchylka ROSTEX	Naměřený průměr čochy	Pozn. ke svar. čochce	Střední hodnota průměru čochy	Střední hodnota průměru čochy ROSTEX
(-)	(mm)	(-)	(-)	(-)	(-)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(mm)	(-)	(mm)	(mm)
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	2	Tvrdý	$F_s = 3000\text{ N}$	$F_s = 5000\text{ N}$	Smyková	10500	11713	727	-	-	5,5	-	6,3	-
			$I_s = 11,620\text{ kA}$	$I_s = 14\text{ kA}$		11800					5,7			
			$(I_s = 70\%)$			12300					7,3			
			$t_s = 10\text{ Per}$	$t_s = 15\text{ Per}$		12250					6,7			
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	2	Tvrdý	$F_s = 3000\text{ N}$	$F_s = 5000\text{ N}$	Odlupovací	4500	4088	256	-	-	5,8	-	6,4	-
			$I_s = 12,284\text{ kA}$	$I_s = 14\text{ kA}$		3850					6,9			
			$(I_s = 74\%)$			4100					6,5			
			$t_s = 10\text{ Per}$	$t_s = 15\text{ Per}$		3900					6,5			
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	2	Tvrdý	$F_s = 3000\text{ N}$	$F_s = 5000\text{ N}$	Smyková	12600	12763	108	-	-	7,7	-	7,7	-
			$I_s = 12,284\text{ kA}$	$I_s = 14\text{ kA}$		12750					7,8			
			$(I_s = 74\%)$			12800					7,6			
			$t_s = 10\text{ Per}$	$t_s = 15\text{ Per}$		12900					7,8			
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	2	Tvrdý	$F_s = 3000\text{ N}$	$F_s = 5000\text{ N}$	Odlupovací	7150	6775	695	-	-	7,1	-	6,9	-
			$I_s = 12,948\text{ kA}$	$I_s = 14\text{ kA}$		7650					6,8			
			$(I_s = 78\%)$			6500					6,5			
			$t_s = 10\text{ Per}$	$t_s = 15\text{ Per}$		5800					7,1			
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	2	Tvrdý	$F_s = 3000\text{ N}$	$F_s = 5000\text{ N}$	Smyková	10200	9525	404	-	-	4,9	-	4,9	-
			$I_s = 12,948\text{ kA}$	$I_s = 14\text{ kA}$		9150					5,1			
			$(I_s = 78\%)$			9450					4,8			
			$t_s = 10\text{ Per}$	$t_s = 15\text{ Per}$		9300					4,8			
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	2	Tvrdý	$F_s = 3000\text{ N}$	$F_s = 5000\text{ N}$	Odlupovací	3700	3600	71	-	-	6,0	-	5,6	-
			$I_s = 12,948\text{ kA}$	$I_s = 14\text{ kA}$		3800					5,2			
			$(I_s = 78\%)$			3600					5,3			
			$t_s = 10\text{ Per}$	$t_s = 15\text{ Per}$		3500					6,0			

Smyková zkouška, tvrdý režim, 1.0330, 2/2



Odlup. zkouška, tvrdý režim, 1.0330, 2/2



Obr. 74 Únosnosti svarů Smyk/Odloupenutí - Tvrdý režim, 2/2, 1.0330

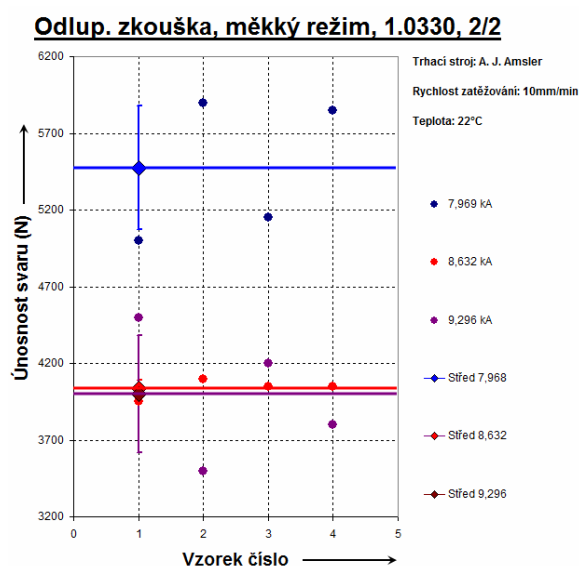
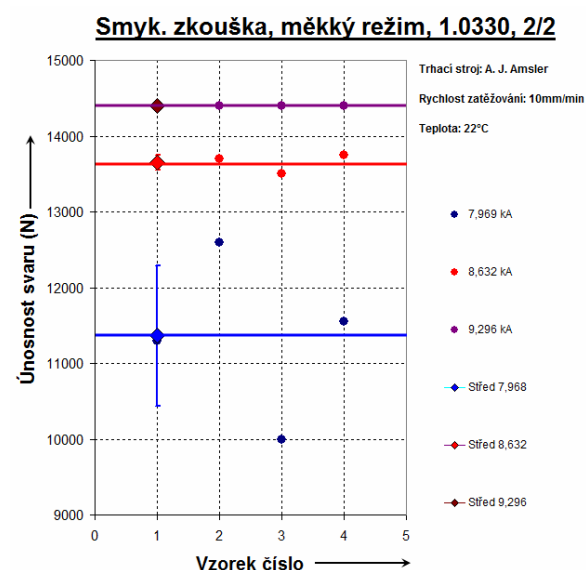
- **Srovnání režimů (T×M)** - vyšší hodnoty pevnosti smykové byly dosaženy při svařování měkkým režimem cca o 14%, vyšší pevnosti odlupovací bylo dosaženo měkkým režimem o cca 7%. Svarové čochy byly vytvořeny větší při svařování měkkým režimem cca o 12%, viz tabulka 24,25 a obrázek 74,75.
 - o **Srovnání pevnosti smykové (DP×ROSTEX)** - ROSTEX nesvařuje – nejsou data
 - o **Srovnání pevnosti odlupovací (DP×ROSTEX)** - ROSTEX nesvařuje – nejsou data
 - o **Srovnání svarových čoch (DP×ROSTEX)** - ROSTEX nesvařuje – nejsou data
 - o **Srovnání směrodatných odchylek (DP×ROSTEX)** - ROSTEX nesvařuje – nejsou data
 - **Srovnání pevnosti smykové (s tab.17)** - ROSTEX nesvařuje – nejsou data
- První a třetí varianta se pohybuje kolem středu smykové pevnosti. Druhá varianta se pohybuje mezi střední a horní hodnotou smykové pevnosti.

Dílčí závěr:

Nedošlo k rozstříku ani vytvoření nerovnoměrné čochy - možnost dalšího navýšení proudu - dosažení vyšší pevnosti. Relativně velké průměry svarů - deformované elektrody.

Tab. 25 Tabulka hodnot – 1.0330, měkký režim, 2/2

Materiál	Tloušťka materiálu	Svařovací režim	Svařovací parametry	Tabulkové svařovací parametry (tab.4)	Zkouška	Naměřená max. síla	Střední hodnota max. síly	Směrodatná odchylka	Střední hodnota max. síly ROSTEX	Směrodatná odchylka ROSTEX	Naměřený průměr čochy	Pozn. ke svar. čochce	Střední hodnota průměru čochy	Střední hodnota průměru čochy ROSTEX
(-)	(mm)	(-)	(-)	(-)	(-)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(mm)	(-)	(mm)	(mm)
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	2	Měkký	$F_s = 2000 \text{ N}$	$F_s = 2000 \text{ N}$	Smyková	11300	11363	926	-	-	5,7	-	6,2	-
			$I_s = 7,968 \text{ kA}$	$I_s = 7 \text{ kA}$		12600					6,6			
			$(I_s = 48\%)$		Odlupovací	10000					5,6			
			$t_s = 40 \text{ Per}$	$t_s = 50 \text{ Per}$		11550					6,8			
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	2	Měkký	$F_s = 2000 \text{ N}$	$F_s = 2000 \text{ N}$	Smyková	5000	4038	54	-	-	6,3	-	7,2	-
			$I_s = 8,632 \text{ kA}$	$I_s = 7 \text{ kA}$		5900					6,3			
			$(I_s = 52\%)$		Odlupovací	5150					6,3			
			$t_s = 40 \text{ Per}$	$t_s = 50 \text{ Per}$		5850					6,3			
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	2	Měkký	$F_s = 2000 \text{ N}$	$F_s = 2000 \text{ N}$	Smyková	13650	14400	0	-	-	7,2	-	8,2	-
			$I_s = 9,296 \text{ kA}$	$I_s = 7 \text{ kA}$		13700					6,6			
			$(I_s = 56\%)$		Odlupovací	13500					6,5			
			$t_s = 40 \text{ Per}$	$t_s = 50 \text{ Per}$		13750					6,8			
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	2	Měkký	$F_s = 2000 \text{ N}$	$F_s = 2000 \text{ N}$	Smyková	3950	4000	381	-	-	7,2	-	7,7	-
			$I_s = 8,632 \text{ kA}$	$I_s = 7 \text{ kA}$		4100					7,2			
			$(I_s = 56\%)$		Odlupovací	4050					7,1			
			$t_s = 40 \text{ Per}$	$t_s = 50 \text{ Per}$		4050					7,1			



Obr. 75 Únosnosti svarů Smyk/Odloupení - Měkký režim, 2/2, 1.0330

11 TECHNICKO-EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ [10, 20, 21]

Optimalizace bodového svařování je zadáno podnikem, přesto hodnoty použité ve výpočtech „ekonomického porovnání“ jsou pouze orientační – informace o cenách nejsou dodány firmou ROSTEX. Finální cena svařence (výrobku) je ovlivněna mnoha činiteli – svařovacím materiálem, konstrukcí, technologií svařování, životností (v našem případě elektrod), sérií, dalším zpracováním. I v případě svařování je důležitá komunikace konstruktéra a technologa, případně ekonoma – za účelem dosažení účelného, estetického a rentabilního výrobku.

Bodový svar je možno vytvořit obrovským množstvím kombinací svařovacích parametrů. Pro práci byly zvoleny změny parametru svařovacího proudu pro měkký a tvrdý režim svařování pro dva různé materiály. Technologie vytvoření bodového svaru je tedy stejná v případech měkkého i tvrdého režimu. Ekonomické porovnání je řešeno pro tyto dva režimy a změny nastavovaných parametrů proudu. Porovnání je na základě ceny vytvořeného svaru v každém z režimů.

Tabulka s výpočty (tab. 27) je sestavena pouze pro nejlépe vycházející varianty nastavení – varianty, kde bylo dosaženo největší pevnosti svaru s ohledem na výstřik materiálu a nerovnoměrnost čochy. Vstupní parametry do výpočtů jsou uvedeny v tabulce 26.

Tab. 26 Vstupní parametry [10]

Jmenovité vstupní napětí stroje	400V/50Hz
Jednotlivé svařovací proudy	viz tabulka 16
Jednotlivé svařovací časy	viz tabulka 16
Cena elektrické energie ke dni 16.5. 2015	4,75 Kč
Cena elektrody CuCrZr [(16×80) mm, 0,08kg]	63,45 Kč
Cena stlačeného vzduchu	0,5 Kč/m ³
Spotřeba vzduchu	85 l/min

Do výpočtů by mohly být zahrnuty i další položky jako odpisy bodové svářečky, mzda operátora, servis stroje a jiné. Zahrnutí těchto dalších položek by cenu za vytvoření svaru dále nezvýšilo, avšak procentuální rozdíl mezi svary vytvořenými v měkkém a tvrdém režimu by cenu ovlivnily jen v malé míře. Vypočtená cena svaru/ů vychází ze spotřeby elektrické energie, spotřeby vzduchu a zvolené – teoretické životnosti elektrod. Výpočet spotřeby elektrické energie (elektrické práce) v tabulce 27 na následující straně jsou dle vzorce:

$$W = \frac{U \cdot I_s \cdot t_s}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (11.1)$$

kde:

U	[V]	- Jmenovité vstupní napětí stroje
I _s	[A]	- Svařovací proud
t _s	[h]	- Svařovací čas

Počet svarů vytvořených dvojicí elektrodou pro tvrdý režim (1000 svarů) je ZVOLEN bez jakýchkoliv podkladů, počet svarů vytvořených dvojicí elektrod pro měkký režim (500 svarů) je ZVOLEN bez jakýchkoliv podkladů jen na základě pozorování během svařování – životnost elektrod z materiálu CuCoNiBe je mnohem menší při svařování měkkým režimem.

Spotřeba vzduchu na 1 svar vychází z technických dat stroje (85 l/min) – přepočítáno vzhledem ke svařovacímu času.

Cena elektrod/y (tab. 27) byla vypočtena na základě elektrody (příloha č. 18) z materiálu CuCrZr (63,46 Kč) a informace, že elektrody z materiálu CuCoNiBe jsou nejen odolnější vůči opalu a má lepší elektrické vlastnosti, ale je i o 40 % dražší → cena cca 90 Kč.

Tab. 27 Výpočet cen svarů

Materiál	tl. mat.	Svař. režim	Svař. parametry	Napětí	Spotřeba el. energie / 1 svar	Aktuální cena el. energie	Cena elektrody	Svarů vytvořených dvojicí elektrod	Spotřeba vzduchu / 1 svar	Cena vzduchu	1 svar	10 svarů	10 ² svarů	10 ³ svarů
(-)	(mm)	(-)	(-)	[V]	[kWh]	[Kč/kWh]	[Kč]	[svarů]	[m ³]	[Kč/m ³]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
Ocel 1.4307	1	Tvrký	F _s = 4000 N I _s = 10,292 kA (I _s = 62%) t _s = 7 Per	400	0,16	4,75	88,8	1000	0,00020	0,5	0,9	9,4	93,8	938,2
Ocel 1.4307	1	Měkký	F _s = 1000 N I _s = 5,810 kA (I _s = 35%) t _s = 20 Per	400	0,26	4,75	88,8	500	0,00057	0,5	1,6	15,8	158,2	1582,2
Ocel 1.4307	2	Tvrký	F _s = 5500 N I _s = 8,964 kA (I _s = 54%) t _s = 10 Per	400	0,20	4,75	88,8	1000	0,00028	0,5	1,1	11,2	112,4	1124,0
Ocel 1.4307	2	Měkký	F _s = 2000 N I _s = 5,976 kA (I _s = 36%) t _s = 40 Per	400	0,53	4,75	88,8	500	0,00113	0,5	2,9	28,8	287,9	2879,1
Materiál	tl. mat.	Svař. režim	Svař. parametry	Napětí	Spotřeba el. energie / 1 svar	Aktuální cena elektrické energie	Cena elektrody	Svarů vytvořených dvojicí elektrod	Spotřeba vzduchu / 1 svar	Cena vzduchu	1 svar	10 svarů	10 ² svarů	10 ³ svarů
(-)	(mm)	(-)	(-)	[V]	[kWh]	[Kč/kWh]	[Kč]	[svarů]	[m ³]	[Kč/m ³]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
Ocel 1.0330 (11321)	1	Tvrký	F _s = 2000 N I _s = 9,628 kA (I _s = 58%) t _s = 6 Per	400	0,13	4,75	88,8	1000	0,00017	0,5	0,8	7,9	78,8	787,5
Ocel 1.0330 (11321)	1	Měkký	F _s = 1000 N I _s = 6,308 kA (I _s = 38%) t _s = 20 Per	400	0,28	4,75	88,8	500	0,00057	0,5	1,7	16,9	168,7	1687,3
Ocel 1.0330 (11321)	2	Tvrký	F _s = 3000 N I _s = 12,284 kA (I _s = 74%) t _s = 10 Per	400	0,27	4,75	88,8	1000	0,00028	0,5	1,5	14,7	147,4	1474,4
Ocel 1.0330 (11321)	2	Měkký	F _s = 2000 N I _s = 9,296 kA (I _s = 56%) t _s = 40 Per	400	0,83	4,75	88,8	500	0,00113	0,5	4,3	42,8	428,1	4280,9

Díleční závěry:

- **1.4307 - 1/1:** Tvrký režim je o cca 41% levnější.
- **1.4307 - 2/2:** Tvrký režim je o cca 61% levnější.
- o **1.0330 - 1/1:** Tvrký režim je o cca 54% levnější.
- o **1.0330 - 2/2:** Tvrký režim je o cca 66% levnější.

Z vypočtených hodnot je patrné, že tvrdý režim je z hlediska ekonomického výhodnější.

ZÁVĚRY

1. *Elektrody* mají určitou životnost, kterou ovlivňují svařovací parametry. Při svařování měkkým režimem (z pozorování) je životnost elektrod nižší. Dochází k rychlejšímu opalu a rychleji se deformují – což znamená častější úpravy dosedacích ploch a větší spotřebu elektrod – vyšší náklady.
2. *Seřízení* je velice důležité, zvláště souosost elektrod a správná vzdálenost dosedacích ploch elektrod (správný přítlak materiálu). Nesouosost způsobuje nerovnoměrné opotřebení elektrod, vytvoření nerovnoměrného svaru, výstřik materiálu ze svarové čočky.
3. *Tlak* v kombinaci s velkým nerovnoměrným opotřebením během svařování měkkým režimem může způsobit vyosení ramen bodové svářečky, což dále také ovlivňuje čas dalšího seřízení – vyšší náklady.
4. *Materiál 1.4307 – 1/1 – Tvrdý:* Nejvyšší smykové a odlupovací pevnosti bylo dosaženo svařovacími parametry: $F_s = 4000\text{N}$, $I_s = 10,292\text{ kA}$, $t_s = 7\text{ Per}$. Ve dvou z 8 svarů došlo k výstřiku svarové čočky. Průměrná velikost svarové čočky těchto 8 svarů je 5,4 mm. ROSTEX při menší průměrné velikosti čočky dosahuje svarů o stejné pevnosti, ale hlavně s menším rozptylem hodnot pevností svarů, svařovací parametry mají lépe odladěné.
5. *Materiál 1.4307 – 1/1 – Měkký:* Nejvyšší smykové a odlupovací pevnosti bylo dosaženo svařovacími parametry: $F_s = 1000\text{N}$, $I_s = 6,474\text{ kA}$, $t_s = 20\text{ Per}$. Ve všech svarech došlo k výstřiku materiálu svarové čočky. Svarů bez výstřiku bylo dosaženo ve druhé variantě se svařovacími parametry: $F_s = 1000\text{N}$, $I_s = 5,810\text{ kA}$, $t_s = 20\text{ Per}$. Dosažené pevnosti byly naměřeny výrazně nižší než dosahuje ROSTEX. Z výsledků vyplývá, že měkký režim při zvolených parametrech není vhodný.
6. *Materiál 1.4307 – 2/2 – Tvrdý:* Nejvyšší smykové a odlupovací pevnosti bylo dosaženo svařovacími parametry: $F_s = 5500\text{N}$, $I_s = 8,964\text{ kA}$, $t_s = 10\text{ Per}$. Dva z 8 svarů byly vytvořeny s nerovnoměrnou svarovou čočkou – nutno hlídat opotřebení elektrody. Průměrná velikost svarové čočky těchto 8 svarů je 4,8 mm. Průměr ROSTEX u tloušťek materiálů 2+2 mm zaznamenává pouze, jestli byla dosažena hranice pevnosti 10kN při smykové zkoušce (omezení trhacím strojem), tato hranice byla překonána o 2375 N. Rozptyl hodnot pevností je nižší než vypočtený z hodnot „ROSTEX“. Ze zkoušky odlupovací, kterou bylo dosaženo vyšší pevnosti než průměrné pevnosti dosahované firmou vyplývá, že parametry svařování jsou vhodné pro svařování materiálu 1.4307 o tloušťkách 2+2 mm.
7. *Materiál 1.4307 – 2/2 – Měkký:* Nejvyšší smykové a odlupovací pevnosti bylo dosaženo svařovacími parametry: $F_s = 2000\text{N}$, $I_s = 6,640\text{ kA}$, $t_s = 40\text{ Per}$. Hodnota 10kN smykové pevnosti byla překonána o 2788 N, ale hodnota smykové pevnosti byla menší než střední hodnota „ROSTEX“, z důvodu, že v 5 svarech z 8 došlo k rozstříku materiálu. Ve variantě, kde nedošlo k rozstříku materiálu nebylo dosaženo smykových pevností, které dosahuje ROSTEX. Z těchto výsledků vyplývá, že měkký režim při zvolených parametrech není vhodný.
8. *Materiál 1.4307 – 1/1 – Tvrdý:* Nejvyšší smykové a odlupovací pevnosti bylo dosaženo svařovacími parametry: $F_s = 2000\text{N}$, $I_s = 9,628\text{ kA}$, $t_s = 6\text{ Per}$. Velikosti svarů přesahují hodnotu 5 mm, a to bez rozstříku nebo nerovnoměrného svaru. Jelikož nebylo dosaženo hranice možného použitelného proudu, je možno dosáhnout svarů s ještě vyšší pevností při dalších nastaveních proudu.
9. *Materiál 1.4307 – 1/1 – Měkký:* Nejvyšší smykové a odlupovací pevnosti bylo dosaženo svařovacími parametry: $F_s = 1000\text{N}$, $I_s = 6,308\text{ kA}$, $t_s = 20\text{ Per}$. Velikost svarů v průměru 4,6 mm bez rozstříku. V porovnání s tvrdým režimem bylo dosaženo menších pevností, měkký režim při použitých parametrech je méně vhodný.
10. *Materiál 1.4307 – 2/2 – Tvrdý:* Nejvyšší smykové a odlupovací pevnosti bylo dosaženo svařovacími parametry: $F_s = 3000\text{N}$, $I_s = 12,284\text{ kA}$ (74% max. svař. proudu stroje), $t_s = 10\text{ Per}$. Velikost svarů v průměru 7,3 mm bez rozstříku. Z nastavovaných parametrů jsou výše uvedené nejvhodnější pro svařování, protože při následném navýšení proudu došlo k poklesu pevností a vytvoření menší svarové čočky. Protože byl zvolen krok mezi svařovacími proudy 4%, je možnost dosažení vyšší pevnosti v 75%, 76% a 77% max. svařovacího proudu stroje.

11. *Materiál 1.4307 – 2/2 – Měkký:* Nejvyšší smykové a odlupovací pevnosti bylo dosaženo svařovacími parametry: $F_s = 2000\text{N}$, $I_s = 9,296\text{ kA}$, $t_s = 40\text{ Per}$. Velikost svarů v průměru 7,8 mm bez rozstřiku svarové čočky. Možné je další navýšení svařovacího proudu za účelem dosažení vyšší pevnosti. Velikosti svarů jsou relativně velké, což je způsobeno svařováním měkkým režimem, respektive dlouhými svařovacími časy, respektive ohřátím a deformací elektrod.
12. *Technicko-ekonomické porovnání prokázalo, že tvrdý režim je výhodnější. Vypočtené hodnoty naznačují, že se zvětšující tloušťkou se rozdíl mezi tvrdým a měkkým režimem zvětšuje:*
- **1.4307 - 1/1:** Tvrdý režim je o cca 41% levnější.
 - **1.4307 - 2/2:** Tvrdý režim je o cca 61% levnější.
 - **1.0330 - 1/1:** Tvrdý režim je o cca 54% levnější.
 - **1.0330 - 2/2:** Tvrdý režim je o cca 66% levnější.

Ačkoliv by se mohlo zdát, že při optimalizaci parametrů je vhodné manipulovat pouze s jedním parametrem, opak je pravdou. Pro dosažení optimálního procesu svařování a tím dosažení nejvyšší možné pevnosti svaru (velikosti svarové čočky, vhodné struktury svarové čočky, vhodného vtisku elektrod), je nutné zabývat se všemi svařovacími parametry. Dokonce nejen svařovací proud, svařovací čas a síla přtlaku (vzájemná kombinace), ale také parametry jako kvalita zpracování elektrod – zejména stykových ploch a hloubka vrtání pro chlazení, vyložení ramen, správné seřízení stroje, teplota chladicí vody jsou důležité pro vytvoření kvalitního svaru.

Měkký režim není vhodné používat, jak z důvodů dosahovaných pevností svarů, tak z důvodů ekonomických. Životnost elektrod při svařování měkkým režimem je podstatně nižší, materiály elektrod jsou vhodné zejména pro svařování tvrdým režimem. Měkký režim byl vhodný v minulosti, kdy se nedalo dosáhnout vysokých proudů pro svařování.

Co se týče tvrdého režimu, je ve firmě ROSTEX odladěn pro svařování materiálu 1.4307 tloušťek 1+1 mm, odladění nejvyšší pevnosti bodového svaru při svařování tloušťek 2+2 mm je omezeno trhavým strojem. Z porovnání pevností svaru při odlupovací zkoušce svarů vytvořených v tvrdém režimu (2+2 mm) vyplývá, že parametry pro svařování těchto tloušťek jsou vhodnější než doposud používané firmou ROSTEX.

Z porovnání dosažených hodnot smykových pevností s tabulkou smykových pevností svarů (tab. 17) vyplývá, že je možno dosáhnout pevností vyšších, viz první odstavec, při manipulaci jak se svařovacím proudem, tak svařovacím časem, tak přtlakem elektrod.

Jelikož pevnost bodového spoje závisí na druhu svařovaného materiálu, není překvapením, že svary materiálu 1.0330 dosahují menší smykové i odlupovací pevnosti.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. 9. PRAKTICKÉ POROVNÁNÍ TECHNOLOGIÍ SPOJOVÁNÍ: ODPOR. BOD. SVAR (Použití laseru při spojování autokaroserií) [online]. 2007. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://dp.bajaja.net/09c.html>
2. ASM. 1993. *ASM handbook: WELDING BRAZING AND SOLDERING*. 10th editon. UNITED STATES OF AMERICA: ASM International, volumes. VOL.6. ISBN 0-87170-377-7.
3. LIPA, Milan. 1966. *Bodové a švové zvárane*. Bratislava: SVTL, 341 s.
4. M-SERVIS KŘÍŽ, S.R.O. 2013. *Bodové odporové sváření* [online]. [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: <http://www.m-servis-kriz.cz/bodove-odporove-svareni>
5. *Fabricating and MetalworkingResistance Spot Welding of Aluminum Moves to Production Line: Fabricating and Metalworking* [online]. 2012. [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: <http://www.fabricatingandmetalworking.com/2012/05/resistance-spot-welding-of-aluminium-moves-to-production-line/>
6. FRONIUS INTERNATIONAL GMBH. 2014. *Fronius International GmbH - Keeping up-to-date - Press photos* [online]. [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-366B960B-447C4435/fronius_international/hs.xml/79_21676_ENG_HTML.htm#.VJ_6zsA20
7. Inovativní metoda odporového bodového svařování DeltaSpot. 2014. *Inovativní metoda odporového bodového svařování DeltaSpot: Technika a trh* [online]. [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.technikaatrh.cz/obrabeni/inovativni-metoda-odporoveho-bodoveho-svarovani-deltaspot>
8. JESVA S.R.O. 2006. *JESVA* [online]. [cit. 2015-01-28]. Dostupné z: <http://www.jesva.eu/>
9. FOLDYNA, Václav. 1999. *Materiály a jejich svařitelnost: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. 1. vyd. Ostrava: ZEROSS, 296 s. Svařování. ISBN 80-857-7163-2.
10. *Měd Povrly eShop: Produkty z mědi a mosazi* [online]. 2015 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://clientzone.medpovrly.cz/shop/>
11. O společnosti. 2014. *Rostex: Český výrobce bezpečnostního kování* [online]. [cit. 2014-12-26]. Dostupné z: <http://www.rostex.cz/o-nas.html>
12. O společnosti: Rostex - Zpracování plechu [online]. 2014. [cit. 2014-12-26]. Dostupné z: <http://zpracovaniplechu.rostex.cz/o-nas.html>
13. ČSN EN ISO 14373. *Odporové svařování: Postup pro bodové svařování nepovlakovaných a povlakovaných nízkouhlíkových ocelí*. 2007. Praha: Český normalizační institut.
14. PLÍVA, Ladislav. 1975. *Odporové svařování*. 1. vyd. Praha: SNTL, 265 s.
15. GIROUX, Denise (ed.), M. Bruce VIETH a . 1989. *Resistance welding manual*. 4th ed. Philadelphia, PA: Resistance Welder Manufacturers' Association. ISBN 09-624-3820-0.
16. *Rostex: Zpracování plechu* [online]. 2014. [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: <http://zpracovaniplechu.rostex.cz/>
17. WSA. 1999. *Spot Welding: Weld Supplies* [online]. [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: http://www.weldsuppliers.com.au/index.php?p=1_1
18. KANDUS, Bohumil, Jaroslav KUBÍČEK a Oldřich AMBROŽ. 2001. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. 1. vyd. Ostrava: Zeross, 395 s. Svařování. ISBN 80-857-7181-0.
19. TSI System: Nová možnost zkoušení bodových svarů. 2011. *TSI System: Nová možnost zkoušení bodových svarů* [online]. Brno [cit. 2015-04-23]. Dostupné z: <http://www.tsisystem.cz/publikace-inzerce/110630/-nova-moznost-zkouseni-bodovych-svaru->
20. JESVA S.R.O. 2002. *WBP 40: Návod k obsluze*. Hořice v Podkrkonoší, 21 s.
21. BARTONÍČEK, Tomáš. *Zvyšování stability výrobních procesů při svařování* [online]. 2007 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/zvysovani-stability-vyrobnich-procesu-pri-svarovani.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
A	[mm]	Maximální vzdálenost elektrod
B _{1,2}	[mm]	Šířka styčných ploch švových svařovacích elektrod
B _{odtav.}	[mm]	Odtavení
B _{vtisk.}	[mm]	Nejmenší průměr vtisku výstupku
C	[mm]	Minimální vzdálenost elektrod
D, D _{1,2}	[mm]	Průměry švových svařovacích elektrod
D _{el.} , d _{el.}	[mm]	Průměry elektrod
D _{styk.} , d _{styk}	[mm, cm]	Průměr stykové plochy
D _{výstup.}	[mm]	Průměr výstupku
Dz	[%]	Zatěžovatel
F	[N]	Síla
F _k	[N]	Kovací síla
F _p	[N]	Pěchovací síla
F _s	[N]	Svařovací síla
G	[mm]	Největší průměr vtisku kuželového výstupku
H	[mm]	Spěchování
H _{výstup.}	[mm]	Výška výstupku
I	[A]	Protékající proud
I _s	[A]	Svařovací proud
K _{min.} , K _{max}	[mm]	Minimální šířky švových svařovacích elektrod
L	[mm]	Minimální délka přeplátování
L _{výstup.}	[mm]	Minimální vzdálenosti rozestupů výstupků
M	[mm]	Minimální odstupy výstupků od okraje
P _{jm.}	[kVA]	Jmenovitý výkon
P _{max.}	[kVA]	Maximální výkon
P _s	[N]	Smyková pevnost
Q	[J]	Celkové generované teplo
R, R _{1,2}	[mm]	Poloměry styčných ploch švových svařovacích elektrod
R _{el.}	[mm]	Poloměr špičky elektrody
R _m	[MPa]	Mez pevnosti v tahu
S	[mm ²]	Průřez svařovaných materiálů
T _{1,2}	[°C]	Teploty v místě svaru

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
T_{voda}	[°C]	Teplota chladicí vody
U	[V]	Jmenovité vstupní napětí stroje
$U_{\text{odtav.}}$	[V]	Odtavovací napětí
W	[kWh]	Spotřeba elektrické energie
$d_{\text{č}}$	[mm]	Průměr svarové čočky
dt	[-]	Diferenciál času
e, e'	[mm]	Rozestupy svarů
f	[Hz]	Frekvence elektrické sítě
k	[-]	Součinitel styku materiálu
$l_{1,2}$	[mm]	Délka vyložení dílců
p	[mm]	Přídavek materiálu
r	[mm]	Poloměr
$s, s_{1,2}$	[mm]	Tloušťka materiálu
t	[s, per]	Doba průchodu proudu
t_B	[s]	Odtavovací čas
t_c	[s, per]	Celkový čas jednoho pulzu
t_p	[s, per]	Čas přerušení svařování
t_s	[s, per]	Svařovací čas
v_s	[mm/min]	Svařovací rychlost
χ	[-]	Součinitel zmenšení odporu proti odporu válce
δ_c	[Ω .cm]	Střední hodnota měrných odporů styku kovů při dané teplotě
δ_k	[Ω .cm]	Celkový měrný odpor bodového svaru
$d_{\text{č}}$	[cm]	Průměr svaru (čočky)
α, β	[°]	Úhly špičky elektrody a úprav dílců
ρ	[Ω]	Měrný odpor
ρ_d	[Ω]	Odpor styku dvou čistých kovových ploch
ρ_k	[Ω]	Celkový odpor bodového svaru
ρ_o	[Ω]	Odpor svařovaného materiálu
ρ_p	[Ω]	Pracovní odpor (ΣR)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek číslo	Název obrázku	Zdroj	Strana číslo
1	Příklad aplikace bodového svaru a DeltaSpot	[4,5,7]	9
2	Logo firmy	[11]	10
3	Příklady výrobků pro kolejová vozidla	[11,12]	10
4	Základní druhy odporového svařování	[15]	11
5	Závislost měrného objemu na teplotě	[14]	12
6	Součinitel zmenšení odporu proti odporu válce	[14]	13
7	Složky odporu při bodovém svařování	[14]	14
8	Průběh teplot bodového svařování	[15]	14
9	Závislost kontaktního odporu na síle elektrody	[15]	15
10	„Odbočovací“ efekt	[15]	16
11	Vhodné pásmo pro tvorbu svaru při vzájemném vlivu proudu a času	[2]	16
12	Hranice výstřiku svarového kovu v závislosti na změně tlaku a proudu	[3]	17
13	Závislost proudu a času na tloušťce materiálu	[3]	18
14	Vliv síly na mechanické vlastnosti spoje	[3]	18
15	Únosnost bodového svaru při různých parametrech	[14,3]	19
16	Svařovací program s konstantní silou	[3]	20
17	Svařovací program s kovací silou	[3]	20
18	Svařovací program s vícenásobnou změnou tlaku	[3]	20
19	Svařování s dvojnásobnou změnou proudu	[3]	20
20	Svařování s přerušením a změnou proudu	[3]	21
21	Svařování s předehřívacím proudem	[3]	21
22	Řešení rovnováhy	[18]	21
23	Deformace svařenců	[3]	22
24	Okamžité hodnoty teploty po ukončení svařování	[15]	23
25	Základní a zvláštní druhy bodového svařování	[13]	23
26	Odstranění tepelné nerovnováhy bodového svaru	[14,18]	24
27	Základní typy a alternativy bodových svarů	[2,14]	24
28	Vliv vzdálenosti svarů, doporučené rozměry pro bodové svařování	[3,14]	25
29	Vliv konstrukce	[3]	26
30	Vliv čistoty povrchu na únosnost svaru	[3]	26
31	Švový nepřerušovaný a přerušovaný svar	[14]	27
32	Švové svary	[14]	27
33	Dosažení tepelné rovnováhy při švovém svařování víčka	[14]	28
34	Metody dosažení tepelné rovnováhy při svařování různých materiálů	[14]	28
35	Odbočování proudu při švovém svařování	[14]	29
36	Modulace svařovacího proudu	[3,14]	30
37	Vliv rychlosti a modulace proudu na tvorbu švového svaru	[14]	30
38	Základní typy a tvary švových spojů	[14]	31
39	Alternativy základních švových svarů	[14]	32
40	Příklady výstupkových svarů	[14]	33
41	Řešení tepelné rovnováhy výstupkových svarů	[14]	34
42	Příklady nejrozšířenějších tvarů výstupků	[14]	34
43	Příklady součástí vhodných pro stykové odtavovací svařování	[14]	37
44	Znázornění postupu odbavovacího svařování	[14]	37
45	Délky vyložení a úprava dílce	[14]	38

Obrázek číslo	Název obrázku	Zdroj	Strana číslo
46	Parametry stykového svařování	[14]	38
47	Přehled úprav svařovaných dílů	[14]	39
48	Následky výskytu okují nebo rzi na svařovaném dílu	[14]	39
49	Přídavky materiálu	[14]	40
50	Tahová zkouška tělesa tvaru „U“ a křížová zkouška	[3]	41
51	Smyková zkouška a vzhled tělesa po smykové zkoušce	[3]	42
52	Sekáčová zkouška	[3]	42
53	Zkouška hloubením dle Erichsena	[3]	43
54	Pohled na odporový bodový svar	[1]	43
55	Mini scanner – ruční ultrazvukový systém	[19]	44
56	Tepelné zatížení elektrody	[13]	45
57	Typy elektrod a špiček, druhy držáků elektrod	[3,15]	46
58	Pneumatická odporová svářečka WBP 40.06	[8]	47
59	Závěsná bodová svářečka	[8]	47
60	Mikrobodová svářečka WMP 2,5S	[8]	47
61	Jednouúčelová zařízení	[8]	48
62	Robotizované pracoviště	[8]	48
63	Postup experimentu	[-]	49
64	Bodová svářečka WBP 40	[-]	49
65	Elektrodové špičky po svařování	[-]	50
66	Rozměry vzorků	[-]	51
67	Trhací stroj, kleštiny, vzorky	[-]	53
68	Únosnosti svarů Smyk/Odloupenutí - Tvrdý režim, 1/1, 1.4307	[-]	55
69	Únosnosti svarů Smyk/Odloupenutí - Měkký režim, 1/1, 1.4307	[-]	56
70	Únosnosti svarů Smyk/Odloupenutí - Tvrdý režim, 2/2, 1.4307	[-]	57
71	Únosnosti svarů Smyk/Odloupenutí - Měkký režim, 2/2, 1.4307	[-]	58
72	Únosnosti svarů Smyk/Odloupenutí - Tvrdý režim, 1/1, 1.0330	[-]	59
73	Únosnosti svarů Smyk/Odloupenutí - Měkký režim, 1/1, 1.0330	[-]	60
74	Únosnosti svarů Smyk/Odloupenutí - Tvrdý režim, 2/2, 1.0330	[-]	61
75	Únosnosti svarů Smyk/Odloupenutí - Měkký režim, 2/2, 1.0330	[-]	62

SEZNAM TABULEK

Tabulka číslo	Název tabulky	Zdroj	Strana číslo
1	Součinitel styku materiálů	[14]	13
2	Svařovací čas, proud a napětí mezi elektrodami pro svařování nízkouhlíkových ocelí	[3]	17
3	Parametry svařování – měkký a tvrdý režim – bodové a švové	[18]	19
4	Parametry bodového svařování na jednofázových strojích	[3]	25
5	Vliv stavu povrchu na velikost odporu	[3]	26
6	Parametry švového svařování	[14]	29
7	Tvary kladky a hodnoty přeplátování	[3]	31
8	Minimální vzdálenosti rozestupů výstupků a výstupků od okraje	[14]	35
9	Rozměry a parametry výstupkového svařování	[14]	35
10	Parametry pro nízkouhlíkovou a nerezovou ocel	[14]	36
11	Parametry svařování při více výstupcích	[14]	36
12	Pěchovací tlak	[14]	40

Tabulka číslo	Název tabulky	Zdroj	Strana číslo
13	Parametry stykového svařování	[14]	40
14	Technická data a pracovní prostředí stroje	[20]	50
15	Svařitelnost materiálů	[14]	51
16	Nastavované svařovací parametry pro experiment	[-]	52
17	Smyková pevnost svaru	[-]	54
18	Tabulka hodnot – 1.4307, tvrdý režim, 1+1	[-]	55
19	Tabulka hodnot – 1.4307, měkký režim, 1/1	[-]	56
20	Tabulka hodnot – 1.4307, tvrdý režim, 2/2	[-]	57
21	Tabulka hodnot – 1.4307, měkký režim, 2/2	[-]	58
22	Tabulka hodnot – 1.0330, tvrdý režim, 1/1	[-]	59
23	Tabulka hodnot – 1.0330, měkký režim, 1/1	[-]	60
24	Tabulka hodnot – 1.0330, tvrdý režim, 2/2	[-]	61
25	Tabulka hodnot – 1.0330, měkký režim, 2/2	[-]	62
26	Vstupní parametry	[10]	63
27	Výpočet cen svarů	[-]	64

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha číslo	Název přílohy	Zdroj	Poznámka
1	Materiálový list – 1.4307	[-]	
2	Materiálový list – 1.0330	[-]	
3	Tabulka – Záznam hodnot svařování	[-]	
4	Tabulka – Záznam hodnot zkoušek	[-]	
5	Tabulka – Komplettní údaje pro vyhodnocení	[-]	
6	WPS ROSTEX	[-]	
7	Nové možnosti zkoušení bodových svarů	[18]	Článek
8	Kalibrační list trhačského stroje	[-]	Č. 3470-1-14
9	Foto – Svařování	[-]	
10	Foto – Ruční odlupovací zkouška	[-]	
11	Foto – Sekáčková zkouška	[-]	
12	Foto – Úprava svařenců pro smykovou zkoušku	[-]	
13	Foto – Zkoušky na trhačském stroji	[-]	
14	Foto – Elektrody, vady svarů	[-]	
15	Foto – Měření svarů (Příklady)	[-]	
16	Kompletní tabulka „Svařitelnost materiálů“	[13]	Tab.15
17	Tabulka smykových pevností – bez vyznačených tl.	[-]	Tab. 17
18	Elektroda typ 021 - CuCrZr	[10]	
19	Seznam norem k odporovému svařování	[-]	Seznam norem

SEZNAM VÝKRESŮ

Název výkresu	Číslo výkresu
Výkres vzorku – Smyková zkouška 1/1	DP2015.1/1/S
Výkres vzorku – Odlupovací zkouška 1/1	DP2015.1/1/O
Výkres vzorku – Smyková zkouška 2/2	DP2015.2/2/S
Výkres vzorku – Odlupovací zkouška 2/2	DP2015.2/2/O
Výkres vzorku – Odlupovací zkouška 1/1 - Ohyb	DP2015.1/1/O/Ohyb
Výkres vzorku – Odlupovací zkouška 2/2 - Ohyb	DP2015.2/2/O/Ohyb

Příloha č. 1

WNr.
(číslo materiálu)
1.4307

Cr-Ni
austenitická korozivzdorná ocel

OCEL
Kurzname (značka)
X2CrNi18-9

Chemické složení [hm. %]

C	Si	Mn	P	S ¹⁾	Cr	Ni	N
max 0,030	max 1,00	max 2,00	max 0,045	max 0,015	17,5–19,5	8,00–10,00	max 0,11

Normy DIN

DIN EN 10088 /1-3-95 korozivzdorné oceli

DIN EN 10028/7-97 ploché výrobky z ocelí na tlakové nádoby; korozivzdorné oceli

DIN EN 10222/5-00 výkovky z ocelí na tlakové nádoby; martenzitické, austenitické a austeniticko-feritické korozivzdorné oceli

DIN EN 10250/4-00 volné výkovky z ocelí pro všeobecné použití; korozivzdorné oceli

DIN EN 10269-99 oceli a niklové slitiny na upevňovací části pro zvýšené a/nebo snížené teploty

Mechanické vlastnosti

Rozměr t, d [mm]		≤ 6 ²⁾	≤ 12 ³⁾	≤ 75 ⁴⁾	≤ 160 ⁵⁾ ^{a)}	161–250 ⁵⁾
Stav		po rozpouštěcím žhání				
Mez kluzu R _p 0,2 [MPa] min		220 ⁶⁾	200 ⁶⁾		175 ⁷⁾	
Mez kluzu R _p 1,0 [MPa]		250 ⁶⁾	240 ⁶⁾		210 ⁷⁾	
Mez pevnosti R _m [MPa]		520–670		500–650	450–680	
Tažnost A [%] min		45 ⁶⁾			45 ⁷⁾	35 ⁶⁾ ⁷⁾
Kontrakce Z [%]						
Nárazová práce KV [J]	podél min	–	90		100 ⁷⁾	–
	napříč min	–	60		–	60 ⁷⁾
Tvrdost HB max					215 ⁵⁾	
Modul pružnosti E [GPa]		200				
Rozměr t, d [mm]		≤ 35 ⁹⁾			≤ 25 ⁹⁾	
Stav		zpevněný C700			zpevněný C800	
Mez kluzu R _p 0,2 [MPa] min		350			500	
Mez pevnosti R _m [MPa]		700–850			800–1000	
Tažnost A [%] napříč min		20			12	
Kontrakce Z [%]						
Nárazová práce	KV [J]	podél min	80		80	
	KV ⁻¹⁹⁶	podél min	50		–	

Min. hodnoty meze kluzu R_p0,2 a R_p1,0 a meze pevnosti R_m při zvýšených teplotách (stav po rozpouštěcím žhání)

Teplota [°C]	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	
Mezi kluzu [MPa]	R _p 0,2	145	130	118	108	100	94	89	85	81	80
	R _p 1,0	180	160	145	135	127	121	116	112	109	108
Mez pevnosti R _m [MPa]		410	380	360	350	340	340				

Příloha č. 1 - Pokračování

Porovnání se zahraničními materiály						Hodnoty modulu pružnosti E při zvýšených teplotách							
ISO		EURO		Česká republika		Teplota [°C]		100	200	300	400	500	
X2CrNi18-10	ISO 9329/4-97	X2CrNi18-9	EN 10088/1-3-95	X2CrNi18-9	ČSN EN 10088/1-3-97	Modul pružnosti E [GPa]		194	186	179	172	165	
X2CrNi18-10	ISO 9330/6-97	X2CrNi18-9	EN 10028/7-97	X2CrNi18-9	ČSN EN 10028/7-99								
X2CrNi18-9	ISO TR 15510-97	X2CrNi18-9	EN 10269-99			Fyzikální vlastnosti							
		X2CrNi18-9	EN 10222/5-00			Hustota	Měrná tepelná kapacita	Teplotní součinitel roztažnosti	Tepelná vodivost	Rezistivita			
		X2CrNi18-9	EN 10250/4-00			ρ [kg . m ³]	c_p [J . kg ⁻¹ . K ⁻¹]	α [K ⁻¹]	λ [W . m ⁻¹ K ⁻¹]	[Ω . mm ² . m ⁻¹]			
		X2CrNi18-9	EN 10269-99			7 900	500	16.10 ⁻⁶	15	0,73			
Francie						Velká Británie						Rusko	
X2CrNi18-9	NF EN 10088/1-3-95	X2CrNi18-9	BS EN 10088/1-3-95			Odolnost proti deformačním procesům							
X2CrNi18-9	NF EN 10028/7-97	X2CrNi18-9	BS EN 10028/7-97										
X2CrNi18-9	NF EN 10222/5-00	X2CrNi18-9	BS EN 10222/5-00										
X2CrNi18-9	NF EN 10250/4-00	X2CrNi18-9	BS EN 10250/4-00										
X2CrNi18-9	NF EN 10269-99	X2CrNi18-9	BS EN 10269-99										
USA		Japonsko		Kanada									
–	–	–	–	–	–								
Itálie		Rakousko		Švédsko									
X2CrNi18-9	UNI EN 10088/1-3-95	X2CrNi18-9	ÖNORM EN 10088/1-3-95	X2CrNi18-9	SS EN 10088/1-3-95	TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ rozpuštěcí žhánání 1000–1100 °C ochlazovat ve vodě nebo na vzduchu ¹⁰⁾							
X2CrNi18-9	UNI EN 10028/7-97	X2CrNi18-9	ÖNORM EN 10028/7-97	X2CrNi18-9	SS EN 10028/7-97								
Polsko		Maďarsko		Norsko		TVAŘITELNOST teploty tváření 1200–900 °C ochlazovat na vzduchu							
–	–	X2CrNi18-9	MSZ EN 10088/1-3-95	X2CrNi18-9	NS EN 10088/1-3-95								
		X2CrNi18-9	EN 10028/7-99	X2CrNi18-9	NS EN 10028/7-99	SVAŘITELNOST svaritelná všemi obvyklými postupy							
Finsko		Švýcarsko		Španělsko									
X2CrNi18-9	SFS EN 10088/1-3-95	X2CrNi18-9	EN 10088/1-3-95	X2CrNi18-9	UNE EN 10088/1-3-95	Použití Tlakové nádoby z koroziivzdorné oceli.							
X2CrNi18-9	SFS EN 10028/7-99	X2CrNi18-9	EN 10028/7-97	X2CrNi18-9	UNE EN 10028/7-97								
Rumunsko		Belgie		Bulharsko		Ostatní vlastnosti magnetovatelnost: ne							
X2CrNi18-9	STAS EN 10088/1-3-95	X2CrNi18-9	NBN EN 10088/1-3-95	X2CrNi18-9	BDS EN 10088/1-3-95								
		X2CrNi18-9	NBN EN 10028/7-97										

Poznámky

Poznámky

- 1) pro výrobky určené k obrábění je doporučen a povolen obsah S = 0,015–0,030 %
- 2) pás válcovaný za studena
- 3) pás válcovaný za tepla
- 4) plech válcovaný za tepla
- 5) tyče a válcované dráty
- 6) napříč
- 7) pro válcované dráty platí pouze hodnota meze pevnosti
- 8) pro profily a tyče s $t \leq 35$ mm tvářené za studena platí: HB = max 315, R_m = 450–880 MPa, A = min 36%
- 9) upevňovací části
- 10) nad 2 mm tloušťky pouze ve vodě

Příloha č. 2

WNr.
(číslo materiálu)
1.0330

Jakostní ocel

OCEL
Kurzname (značka)
FeP01/DC01/St2/St12

Chemické složení [hm. %] ¹⁾

C	Mn	P	S
max 0,12	max 0,60	max 0,045	max 0,045

Normy DIN

DIN EN 10130-91 – ploché výrobky válcované za studena z hlubokotažných ocelí k tváření za studena
DIN EN 10152-93 – elektrolyticky pozinkované ploché výrobky z ocelí válcovaných za studena
DIN 1624-87 – ploché výrobky z oceli; pásy válcované za studena v šířkách do 650 mm z měkkých nelegovaných ocelí
DIN 5512/2-97 – materiály pro kolejová vozidla; ploché výrobky o tloušťce pod 3 mm

Mechanické vlastnosti ⁴⁾

Rozměr t, d [mm]	–
Stav	převálcovaný za studena
Mez kluzu R _e nebo R _p 0,2 [MPa] max ²⁾ ⁶⁾	280 ⁵⁾
Mez pevnosti R _m [MPa]	270–410
Tažnost A ₈₀ [%] min ³⁾	28
Kontrakce Z [%]	–
Nárazová práce [J]	–
Tvrdost HB	–

Fyzikální vlastnosti

Hustota ρ [kg . m⁻³]7 850

Technologické údaje

SVAŘITELNOST
vhodná ke svařování běžnými postupy; při objednávání je vhodné uvádět postup svařování, při předpokládaném svařování plamenem je tento údaj nutný.

Použití

Pro tváření za studena, vhodná k nanášení povlaků žárovým pokovováním, elektrolyticky a k nanášení organických a jiných povlaků.

Ostatní vlastnosti

Způsob deoxidace - podle volby výrobce:
Jakost povrchu
A - vady, jako póry, malé rýhy, malé výstupky, drobná poškrábání a slabá zabarvení, jsou dovoleny, pokud neomezují vhodnost ke tváření a přilnavost povrchových povlaků.
B - lepší strana musí být pokud možno bez vad, aby nebyl zhoršen jednotný vzhled kvality lakování nebo elektrolyticky naneseného povlaku, druhá strana musí odpovídat minimálně požadavkům pro jakost povrchu A.

Příloha č. 2 - Pokračování

Porovnání se zahraničními materiály					
ISO		EURO		Česká republika	
–	–	FeP 01	EN 10130-91	11 331 FeP 01	ČSN 41 1331 ČSN EN 10130-91
Francie		Velká Británie		Rusko	
TC FeP 01	NF NF EN 10130-91	4CR 4CS FeP 01	BS 1449/1-91 BS 1449/1-91 BS EN 10130-91	–	–
USA		Japonsko		Kanada	
1008 Gr. 1008 Gr. 1008 Gr. 1008 Gr. 1008	SAE J403 ASTM A29 ASTM A108 ASTM A519 ASTM A635	SPCC CR 1	JIS G3141-96 JIS G3141-96	–	–
Itálie		Rakousko		Švédsko	
FeP 01	UNI EN 10130-91	St 02 F St 02 FK 32 St 02 FK 40 St 02 FK 50 FeP 01	ÖNORM M3124/1-73 ÖNORM M3124/2-73 ÖNORM M3124/2-73 ÖNORM M3124/2-73 ÖNORM EN 10130-91	1142 FeP 01	SS 141142 SS EN 10130-91
Polsko		Maďarsko		Norsko	
–	–	M	MSZ 23-83	FeP 01	NS EN 10130-91
Finsko		Švýcarsko		Španělsko	
CR 2 FeP 01	SFS 600 SFS EN 10130-91	FeP 01	EN 10130-91	AP 04 F.6702 FeP 01	UNE 36086/1-79 UNE 36086/1-79 UNE EN 10130-91
Austrálie		Belgie		–	
CX 1 Hd 1	AS 1595-81 AS 1594-89	FeP 01	NBN EN 10130-91	–	–
–		–		Jugoslávie	
–	–	–	–	Č.0146	JUS C.B4.016-78
Rumunsko		–		–	
A 1n	STAS 9485-80	–	–	–	–

Poznámky

- ¹⁾ může být dodávána jako legovaná (např. B nebo Ti), pokud při objednávání nebylo dohodnuto jinak
- ²⁾ pro konstrukční účely se může počítat s min hodnotou meze kluzu 140 MPa
- ³⁾ u tloušťek do 0,5 mm se dovoluje min hodnota tažnosti o 4% nižší, u tloušťek nad 0,5 mm do 0,7 mm se dovoluje min hodnota tažnosti o 2% nižší
- ⁴⁾ doba bez vzniku deformačních čar u jakosti povrchu B 3 měsíce
- ⁵⁾ maximální hodnota meze kluzu 280 MPa platí jen 8 dnů od odeslání výrobků výrobcem
- ⁶⁾ u tloušťek nad 0,5 do 0,7 mm se dovoluje překročení max hodnoty meze kluzu o 20 MPa, u tloušťek do 0,5 mm o 40 MPa

Tabulkové hodnoty: Měkký režim se nepoužívá pro nerezové oceli = tabulkové hodnoty neexistují => základ hodnot z uhlíkových ocelí: Fs = 1000N, Is = 5kA = 30%, ts = 20Per												
Materiál 1.4307												
Zkouška smykovým namáháním												
Změny proudů - měkký režim												
	7	Svařovací síla (N) = 1000 Svařovací čas (per) = 20 1. Svařovací proud (kA) = 31% = 4,98		9	Svařovací síla (N) = 1000 Svařovací čas (per) = 20 2. Svařovací proud (kA) = 35% = 5,81		11	Svařovací síla (N) = 1000 Svařovací čas (per) = 20 3. Svařovací proud (kA) = 39% = 6,47				
Tl. Materiálu	Max. síla zatížení (N)				Max. síla zatížení (N)				Max. síla zatížení (N)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.0	3950	4000	3750	3750	6600	6900	6900	6850	7700	7550	7600	7400
Čočka	3		2,7	2,8	3,7	3,7	4,3	3,7	4,3+R	4,2+R	4,6+R	4,1+R
Materiál 1.4307												
Zkouška odlupovací												
Změny proudů - měkký režim												
	8	Svařovací síla (N) = 1000 Svařovací čas (per) = 20 1. Svařovací proud (kA) = 31% = 4,98		10	Svařovací síla (N) = 1000 Svařovací čas (per) = 20 2. Svařovací proud (kA) = 35% = 5,81		12	Svařovací síla (N) = 1000 Svařovací čas (per) = 20 3. Svařovací proud (kA) = 39% = 6,47				
Tl. Materiálu	Max. síla zatížení (N)				Max. síla zatížení (N)				Max. síla zatížení (N)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.0	2200	2000	2400	2350	2650	2700	2350	2550	3650	2900	3300	2600
Čočka	2,8	2,8	2,9	2,8	4,3	4,4	4,3	4,3	5+R	4,2+R	4,3+R	4,5+R
Tabulkové hodnoty: Fs = 1000N, Is = 5kA = 30%, ts = 20Per												
Materiál 1.0330												
Zkouška smykovým namáháním												
Změny proudů - měkký režim												
	1	Svařovací síla (N) = 1000 Svařovací čas (per) = 20 1. Svařovací proud (kA) = 42% = 6,972		3	Svařovací síla (N) = 1000 Svařovací čas (per) = 20 2. Svařovací proud (kA) = 38% = 6,308		5	Svařovací síla (N) = 1000 Svařovací čas (per) = 20 3. Svařovací proud (kA) = 34% = 5,644				
Tl. Materiálu	Max. síla zatížení (N)				Max. síla zatížení (N)				Max. síla zatížení (N)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.0	5000	5850	4900	5650	5200	5300	5250	5250	3800	4100	3500	3750
Čočka	4,3+R	5	4+R	5	4,6	4,7	4,6	4,6	3,5	3,3	3,1	3,1
Materiál 1.0330												
Zkouška odlupovací												
Změny proudů - měkký režim												
	2	Svařovací síla (N) = 1000 Svařovací čas (per) = 20 1. Svařovací proud (kA) = 42% = 6,972		4	Svařovací síla (N) = 1000 Svařovací čas (per) = 20 2. Svařovací proud (kA) = 38% = 6,308		6	Svařovací síla (N) = 1000 Svařovací čas (per) = 20 3. Svařovací proud (kA) = 34% = 5,644				

Příloha č. 3 – Pokračování

Tabulkové hodnoty: $F_s = 4000\text{ N}$, $I_s = 7,6\text{ kA} = 45,8\%$, $t_s = 7\text{ Per}$												
Materiál 1.4307												
Zkouška smykovým namáháním												
Změny proudů - tvrdý režim												
	①	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 1. Svařovací proud (kA) : $\pm 58\% = 9,628$		③	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 2. Svařovací proud (kA) : $\pm 54\% = 8,964$		⑤	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 3. Svařovací proud (kA) : $\pm 52\% = 10,282$				
Tl. Materiálu (mm)	Max. síla zatížení (N)				Max. síla zatížení (N)				Max. síla zatížení (N)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1,0	7450	7500	7200	7500	6400	6100	5600	5950	9800	10300	7700	8200
Čočka	4,5	4,8	4,7	4,5	3,9	3,6	3,4	3,5	6	6	5,3+R	5,4+R
Materiál 1.4307												
Zkouška odlupovací												
Změny proudů - tvrdý režim												
	②	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 1. Svařovací proud (kA) : $\pm 58\% = 9,628$		④	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 2. Svařovací proud (kA) : $\pm 54\% = 8,964$		⑥	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 3. Svařovací proud (kA) : $\pm 52\% = 10,282$				
Tl. Materiálu (mm)	Max. síla zatížení (N)				Max. síla zatížení (N)				Max. síla zatížení (N)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1,0	2500	2700	2950	2650	2650	1900	2100	2000	3750	3200	3400	3550
Čočka	4,4	4,7	4,7	4,6	3,9	3,3	3,2	3,2	5,6	5,2	4,8	4,9
Tabulkové hodnoty: $F_s = 2500\text{ N}$, $I_s = 9\text{ kA} = 30\%$, $t_s = 6\text{ Per}$												
Materiál 1.0330												
Zkouška smykovým namáháním												
Změny proudů - tvrdý režim												
	⑦	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 1. Svařovací proud (kA) : $\pm 50\% = 8,3$		⑨	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 2. Svařovací proud (kA) : $\pm 54\% = 8,964$		⑪	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 3. Svařovací proud (kA) : $\pm 58\% = 9,628$				
Tl. Materiálu (mm)	Max. síla zatížení (N)				Max. síla zatížení (N)				Max. síla zatížení (N)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1,0	5050	5000	5050	5050	5200	5150	5300	5300	5550	5600	5350	5450
Čočka	4,5	4,2	4,2	3,8	5	5	5	5	5,2	5,5	6,2	5+R
Materiál 1.0330												
Zkouška odlupovací												
Změny proudů - tvrdý režim												
	⑧	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 1. Svařovací proud (kA) : $\pm 50\% = 8,3$		⑩	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 2. Svařovací proud (kA) : $\pm 54\% = 8,964$		⑫	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 3. Svařovací proud (kA) : $\pm 58\% = 9,628$				
Tl. Materiálu (mm)	Max. síla zatížení (N)				Max. síla zatížení (N)				Max. síla zatížení (N)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1,0	1000	1000	1000	1000	1150	1100	1100	1250	1100	1350	1300	1300
Čočka	4,5	4,7	4,6	4,6	5,4	5,6	5,5	5,6	5,9	5,9	5,9	5,9
Tabulkové hodnoty: $F_s = 3000\text{ N}$, $I_s = 14\text{ kA} = 84,3\%$, $t_s = 13\text{ Per}$												
Materiál 1.4307												
Zkouška smykovým namáháním												
Změny proudů - tvrdý režim												
	①	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 1. Svařovací proud (kA) : $\pm 46\% = 7,47$		③	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 2. Svařovací proud (kA) : $\pm 50\% = 8,3$		⑤	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 3. Svařovací proud (kA) : $\pm 54\% = 8,964$				
Tl. Materiálu (mm)	Max. síla zatížení (N)				Max. síla zatížení (N)				Max. síla zatížení (N)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
2,0	7950	7800	8050	7800	10100	10000	9950	10050	12300	12600	12200	12400
Čočka	3,5+N	3,7+N	4,1+N	3,8+N	4,9+N	4,6+N	4,7+N	4,8+N	4,6	5,3	5,3+N	5,1+N
Materiál 1.4307												
Zkouška odlupovací												
Změny proudů - tvrdý režim												
	②	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 1. Svařovací proud (kA) : $\pm 46\% = 7,47$		④	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 2. Svařovací proud (kA) : $\pm 50\% = 8,3$		⑥	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 3. Svařovací proud (kA) : $\pm 54\% = 8,964$				
Tl. Materiálu (mm)	Max. síla zatížení (N)				Max. síla zatížení (N)				Max. síla zatížení (N)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
2,0	6100	5600	4900	4800	7700	7800	7300	6600	10100	9550	8500	7300
Čočka	3,9	3,9	3,6	3,9	4,4	3,9	4,4	4,2	4,4	4,6	4,6	4,9
Tabulkové hodnoty: $F_s = 5000\text{ N}$, $I_s = 14\text{ kA} = 84,3\%$, $t_s = 15\text{ Per}$ / Změna kvůli deformaci elektrody, pro zachování parametrů												
Materiál 1.0330												
Zkouška smykovým namáháním												
Změny proudů - tvrdý režim												
	⑦	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 1. Svařovací proud (kA) : $\pm 70\% = 11,62$		⑨	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 2. Svařovací proud (kA) : $\pm 74\% = 12,284$		⑪	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 3. Svařovací proud (kA) : $\pm 78\% = 12,948$				
Tl. Materiálu (mm)	Max. síla zatížení (N)				Max. síla zatížení (N)				Max. síla zatížení (N)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
2,0	10500	11800	12300	12250	12600	12750	12800	12900	10200	9150	9450	9300
Čočka	5,5	5,7	7,3	6,7	7,7	7,8	7,6	7,8	4,9	5,1	4,8	4,8
Materiál 1.0330												
Zkouška odlupovací												
Změny proudů - tvrdý režim												
	⑧	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 1. Svařovací proud (kA) : $\pm 70\% = 11,62$		⑩	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 2. Svařovací proud (kA) : $\pm 74\% = 12,284$		⑫	Svařovací síla (N) = Svařovací čas (per) = 3. Svařovací proud (kA) : $\pm 78\% = 12,948$... změna na $\pm 60\% =$				
Tl. Materiálu (mm)	Max. síla zatížení (N)				Max. síla zatížení (N)				Max. síla zatížení (N)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
2,0	4500	3850	4100	3900	7150	7650	6500	5800	3700	3600	3600	3500
Čočka	5,8	6,9	6,5	6,5	7,1	6,8	6,5	7,1	6	6,2	5,3	6

Příloha č. 4

Poznámky k velikosti čocky								Berevně spojené vzorky (pokud nejdou seřazeny pod sebou)
R = rozstřik / výstřik materiálu ze svarové čocky				N = nerovnoměrná čocka				
Pořadí v trhačce (1-192)	Číslo v kolečku (1-12)	Tl. materiálu (mm)	Materiál N/U = (Nerez/Uhliková)	Svařovací režim T/M = (Tvrdý/Měkký)	Zkouška S/O = (Smyková/Odlupovací)	Max. Síla (N)	Velikost čocky (mm)	
1	1	1	N	T	S	7450	4,5	
2	1	1	N	T	S	7500	4,5	
3	1	1	N	T	S	7200	4,7	
4	1	1	N	T	S	7500	4,5	
5	3	1	N	T	S	5400	3,9	
6	3	1	N	T	S	6100	3,5	
7	3	1	N	T	S	5600	3,4	
8	3	1	N	T	S	5950	3,5	
9	7	1	N	M	S	3950	3	
10	11	1	N	M	S	7700	4,3+R	
11	11	1	N	M	S	7550	4,2+R	
12	11	1	N	M	S	7600	4,6+R	
13	11	1	N	M	S	7400	4,1+R	
14	9	1	N	M	S	6600	3,9	
15	9	1	N	M	S	6900	3,7	
16	9	1	N	M	S	6900	4	
17	7	1	N	M	S	4000	3	
18	7	1	N	M	S	3750	2,7	
19	9	1	N	M	S	6850	3,7	
20	7	1	N	M	S	3750	2,8	
21	5	1	N	T	S	9800	6	
22	5	1	N	T	S	10300	6	
23	5	1	N	T	S	7700	5,3+R	
24	5	1	N	T	S	8200	5,4+R	
25	9	1	U	T	S	5200	5	
26	3	1	U	M	S	5200	4,6	
27	3	1	U	M	S	5300	4,7	
28	9	1	U	T	S	5150	5	
29	9	1	U	T	S	5300	5	
30	9	1	U	T	S	5300	5	
31	5	1	U	M	S	3800	3,5	
32	5	1	U	M	S	4100	3,3	
33	5	1	U	M	S	3500	3,1	
34	7	1	U	T	S	5050	4,5	
35	7	1	U	T	S	5000	4,2	
36	7	1	U	T	S	5050	4,2	
37	3	1	U	M	S	5250	4,6	
38	7	1	U	T	S	5050	3,8	
39	3	1	U	M	S	5250	4,6	
40	11	1	U	T	S	5550	5,2	
41	5	1	U	M	S	3750	3,1	
42	11	1	U	T	S	5600	5,5	
43	1	1	U	M	S	5000	4,3+R	
44	11	1	U	T	S	5350	6,2	
45	1	1	U	M	S	5650	5	
46	1	1	U	M	S	4900	4+R	
47	1	1	U	M	S	5650	5	
48	11	1	U	T	S	5450	5+R	
49	3	2	N	T	S	10100	4,9+N	
50	3	2	N	T	S	10000	4,6+N	
51	9	2	N	M	S	8500	4,3	
52	3	2	N	T	S	9950	4,7+N	
53	9	2	N	M	S	8700	4,4	
54	7	2	N	M	S	14250	6,9	
55	3	2	N	T	S	10050	4,8+N	
56	1	2	N	T	S	7950	3,5+N	
57	7	2	N	M	S	11700	6,4+R	
58	5	2	N	T	S	12300	4,6	
59	5	2	N	T	S	12600	5,3+N	
60	5	2	N	T	S	12200	5,3+N	
61	9	2	N	M	S	8400	4,3	
62	1	2	N	T	S	7800	3,7+N	
63	1	2	N	T	S	8050	4,1+N	
64	1	2	N	T	S	7800	3,8+N	
65	5	2	N	T	S	12400	5,1+N	
66	9	2	N	M	S	8500	4,3	
67	11	2	N	M	S	5750	2,4+N	
68	11	2	N	M	S	5450	2,3	
69	11	2	N	M	S	5800	2,4	
70	11	2	N	M	S	5650	2,4	
71	7	2	N	M	S	13800	7	
72	7	2	N	M	S	11400	5,9+R	
73	1	2	U	M	S	11300	5,7+R	
74	3	2	U	M	S	13350	7,2	
75	1	2	U	M	S	12600	6,6	
76	1	2	U	M	S	10000	5,6	
77	3	2	U	M	S	13650	7,4	
78	3	2	U	M	S	13700	6,9	
79	7	2	U	T	S	12300	7,3	
80	7	2	U	T	S	12250	6,7	

Příloha č. 4 – Pokračování

81	1	2	U	M	S	11550	6,8	
82	5	2	U	M	S	14400	8,1	
83	5	2	U	M	S	14400	8,2	
84	11	2	U	T	S	10200	4,9	
85	7	2	U	T	S	10500	5,5	
86	7	2	U	T	S	11800	5,7	
87	5	2	U	M	S	14400	8,2	
88	5	2	U	M	S	14400	8,1	
89	9	2	U	T	S	12600	7,7	
90	9	2	U	T	S	12750	7,8	
91	9	2	U	T	S	12800	7,6	
92	3	2	U	M	S	13750	7,5	
93	11	2	U	T	S	9150	5,1	
94	9	2	U	T	S	12900	7,8	
95	11	2	U	T	S	9450	4,8	
96	11	2	U	T	S	9300	4,8	
97	12	1	N	M	O	3650	5+R	
98	12	1	N	M	O	2900	4,2+R	
99	12	1	N	M	O	3300	4,3+R	
100	12	1	N	M	O	2600	4,5+R	
101	6	1	N	T	O	3750	5,6	
102	6	1	N	T	O	3200	5,2	
103	6	1	N	T	O	3400	4,8	
104	6	1	N	T	O	3550	4,9	
105	2	1	N	T	O	2500	4,4	
106	2	1	N	T	O	2700	4,7	
107	2	1	N	T	O	2950	4,7	
108	2	1	N	T	O	2650	4,6	
109	6	2	N	T	O	10100	4,4	
110	6	2	N	T	O	9550	4,6	
111	6	2	N	T	O	8500	4,6	
112	6	2	N	T	O	7300	4,9	
113	10	2	N	M	O	3950	3,8	
114	10	2	N	M	O	3900	3,8	
115	10	2	N	M	O	4200	3,8	
116	10	2	N	M	O	4500	3,8	
117	4	2	N	T	O	7700	4,4	
118	4	2	N	T	O	7800	3,9	
119	4	2	N	T	O	7300	4,4	
120	4	2	N	T	O	6600	4,2	
121	12	2	N	M	O	2100	2,3	
122	12	2	N	M	O	2000	2,3	
123	12	2	N	M	O	2000	2,3	
124	12	2	N	M	O	2100	2,3	
125	2	2	N	T	O	6100	3,9	
126	2	2	N	T	O	5500	3,9	
127	2	2	N	T	O	4900	3,6	
128	2	2	N	T	O	4800	3,9	
129	4	1	N	T	O	2650	3,9	
130	4	1	N	T	O	1900	3,3	
131	4	1	N	T	O	2100	3,2	
132	4	1	N	T	O	2000	3,2	
133	10	1	N	M	O	2650	4,3	
134	10	1	N	M	O	2700	4,4	
135	10	1	N	M	O	2350	4,3	
136	10	1	N	M	O	2550	4,3	
137	8	1	N	M	O	2200	2,8	
138	8	1	N	M	O	2000	2,8	
139	8	1	N	M	O	2400	2,9	
140	8	1	N	M	O	2350	2,8	
141	8	2	N	M	O	5800	5,9	
142	8	2	N	M	O	6500	5,9+R	
143	8	2	N	M	O	5700	5,7+R	
144	8	2	N	M	O	6700	6,6+R	
145	12	1	U	T	O	1100	5,9	
146	12	1	U	T	O	1350	5,8	
147	12	1	U	T	O	1300	5,9	
148	12	1	U	T	O	1300	5,9	
149	4	1	U	M	O	1200	4,8	
150	4	1	U	M	O	1300	4,3	
151	4	1	U	M	O	1100	4,7	
152	4	1	U	M	O	1300	4,3	
153	10	1	U	T	O	1150	5,4	
154	10	1	U	T	O	1100	5,6	
155	10	1	U	T	O	1100	5,5	
156	10	1	U	T	O	1250	5,6	
157	2	1	U	M	O	1050	4,3+R	
158	2	1	U	M	O	1000	4,4+R	
159	2	1	U	M	O	1000	5	
160	2	1	U	M	O	1150	4,3+R	
161	8	1	U	T	O	1000	4,5	
162	8	1	U	T	O	1000	4,7	
163	8	1	U	T	O	1000	4,6	
164	8	1	U	T	O	1000	4,6	

Příloha č. 4 – Pokračování

165	6	1	U	M	O	1100	4,1	
166	6	1	U	M	O	1200	4	
167	6	1	U	M	O	1150	4	
168	6	1	U	M	O	1150	3,7	
169	2	2	U	M	O	5000	6,3	
170	2	2	U	M	O	5900	6,3	
171	2	2	U	M	O	5150	6,3	
172	2	2	U	M	O	5850	6,3	
173	6	2	U	M	O	4500	7,7	
174	6	2	U	M	O	3500	7,6	
175	6	2	U	M	O	4200	7,8	
176	6	2	U	M	O	3800	7,8	
177	10	2	U	T	O	7150	7,1	
178	10	2	U	T	O	7650	6,8	
179	10	2	U	T	O	6500	6,5	
180	10	2	U	T	O	5800	7,1	
181	8	2	U	T	O	4500	5,8	
182	8	2	U	T	O	3850	6,9	
183	8	2	U	T	O	4100	6,5	
184	8	2	U	T	O	3900	6,5	
185	4	2	U	M	O	3950	7,2	
186	4	2	U	M	O	4100	7,2	
187	4	2	U	M	O	4050	7,1	
188	4	2	U	M	O	4050	7,1	
189	12	2	U	T	O	3700	6	
190	12	2	U	T	O	3600	5,2	
191	12	2	U	T	O	3600	5,3	
192	12	2	U	T	O	3500	6	

Příloha č. 5

[illegible]

Příloha č. 5 - Pokračování

Materiál	Spodní mez pevnosti materiálu (MPa)	Horní mez pevnosti materiálu (MPa)	Tloušťka materiálu (mm)	Svařovací režim	Svařovací parametry	Tabulkové svařovací parametry (tab.4)	Zkouška	Naměřená max. Síla (N)	Střední hodnota max. síly (N)	Směrodatná odchylka	Vypočtená síla pro spodní mez pevnosti materiálu (N)	Vypočtená síla pro horní mez pevnosti materiálu (N)	Střední hodnota max. síly ROSTEX (N)	Směrodatná odchylka ROSTEX (N)	Naměřený průměr čochy (mm)	Poznámka ke svarové čochě	Střední hodnota průměru čochy (mm)	Střední hodnota průměru čochy ROSTEX (mm)
Nerezová ocel 1.4307	500	700	2	Tvrdý	$F_s = 5500 \text{ N}$	$F_s = 9000 \text{ N}$ $I_s = 14 \text{ kA}$ $t_s = 13 \text{ Per}$	Smyková	7950	7900	106	9815	13741	10000	0	3,5	Nerovnoměrná	3,8	4,4
					$I_s = 7,470 \text{ kA}$			7800							3,7			
					$(I_s = 48\%)$ $t_s = 10 \text{ Per}$			8050							4,1			
Nerezová ocel 1.4307	500	700	2	Tvrdý	$(I_s = 48\%)$ $t_s = 10 \text{ Per}$	$F_s = 9000 \text{ N}$ $I_s = 14 \text{ kA}$ $t_s = 13 \text{ Per}$	Odlupovací	6100	5325	521	-	-	7916	1333	3,9	Nerovnoměrná	3,8	4,4
								5500							3,9			
								4900							3,6			
Nerezová ocel 1.4307	500	700	2	Tvrdý	$F_s = 5500 \text{ N}$	$F_s = 9000 \text{ N}$ $I_s = 14 \text{ kA}$ $t_s = 13 \text{ Per}$	Smyková	10100	10025	56	12350	17290	10000	0	4,9	Nerovnoměrná	4,8	4,4
					$I_s = 8,300 \text{ kA}$			10000							4,6			
					$(I_s = 50\%)$ $t_s = 10 \text{ Per}$			9950							4,7			
Nerezová ocel 1.4307	500	700	2	Tvrdý	$(I_s = 50\%)$ $t_s = 10 \text{ Per}$	$F_s = 9000 \text{ N}$ $I_s = 14 \text{ kA}$ $t_s = 13 \text{ Per}$	Odlupovací	10050	7350	472	-	-	7916	1333	4,4	Nerovnoměrná	4,2	4,4
								7700							3,9			
								7800							4,4			
Nerezová ocel 1.4307	500	700	2	Tvrdý	$(I_s = 54\%)$ $t_s = 10 \text{ Per}$	$F_s = 9000 \text{ N}$ $I_s = 14 \text{ kA}$ $t_s = 13 \text{ Per}$	Smyková	12300	12375	148	13195	18473	10000	0	4,6	Nerovnoměrná	5,1	4,4
					$I_s = 8,964 \text{ kA}$			12600							5,3			
					$(I_s = 54\%)$ $t_s = 10 \text{ Per}$			12200							5,3			
Nerezová ocel 1.4307	500	700	2	Tvrdý	$(I_s = 54\%)$ $t_s = 10 \text{ Per}$	$F_s = 9000 \text{ N}$ $I_s = 14 \text{ kA}$ $t_s = 13 \text{ Per}$	Odlupovací	12400	8863	1070	-	-	7916	1333	4,4	Nerovnoměrná	4,6	4,4
								10100							4,6			
								9550							4,6			
Nerezová ocel 1.4307	500	700	2	Tvrdý	$(I_s = 54\%)$ $t_s = 10 \text{ Per}$	$F_s = 9000 \text{ N}$ $I_s = 14 \text{ kA}$ $t_s = 13 \text{ Per}$	Odlupovací	8500	8863	1070	-	-	7916	1333	4,6	Nerovnoměrná	4,6	4,4
								7300							4,9			
								6800							4,2			

Příloha č. 5 - Pokračování

Materiál	Spodní mez pevnosti materiálu (MPa)	Horní mez pevnosti materiálu (MPa)	Tloušťka materiálu (mm)	Svařovací režim	Svařovací parametry	Tabulkové svařovací parametry (tab.4)	Zkouška	Naměřená max. Síla	Střední hodnota max. síly	Směrodatná odchylka	Vypočtená síla pro spodní mez pevnosti materiálu	Vypočtená síla pro horní mez pevnosti materiálu	Střední hodnota max. síly ROSTEX	Směrodatná odchylka ROSTEX	Naměřený průměr čochy (mm)	Poznámka ke svarové čochě	Střední hodnota průměru čochy (mm)	Střední hodnota průměru čochy ROSTEX (mm)
Nerezová ocel 1.4307	500	700	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$	$F_s = -N$ $I_s = -kA$ $t_s = 20 \text{ Per}$	Smyková	3950		114	3738	5233	8946	776	3,0		2,9	4,9
					$I_s = 4,980 \text{ kA}$			4000							3,0			
					$(I_s = 31\%)$			3750							2,7			
Nerezová ocel 1.4307	500	700	1	Měkký	$t_s = 20 \text{ Per}$	$t_s = -\text{Per}$	Odlupovací	2200	2238	156	-	-	3603	873	2,8		2,8	4,9
								2000							2,8			
								2400							2,9			
								2350							2,8			
Nerezová ocel 1.4307	500	700	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$	$F_s = -N$ $I_s = -kA$ $t_s = 20 \text{ Per}$	Smyková	6500	6813	124	5005	7007	8946	776	3,7		3,9	4,9
					$I_s = 5,810 \text{ kA}$			6900							3,7			
					$(I_s = 35\%)$			6900							4,3			
Nerezová ocel 1.4307	500	700	1	Měkký	$t_s = 20 \text{ Per}$	$t_s = -\text{Per}$	Odlupovací	2650	2563	134	-	-	3603	873	4,3		4,3	4,9
								2700							4,4			
								2350							4,3			
								2550							4,3			
Nerezová ocel 1.4307	500	700	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$	$F_s = -N$ $I_s = -kA$ $t_s = 20 \text{ Per}$	Smyková	7700	7563	108	5590	7826	8946	776	4,3	Rozstřík	4,3	4,9
					$I_s = 6,474 \text{ kA}$			7550							4,2			
					$(I_s = 39\%)$			7600							4,6			
Nerezová ocel 1.4307	500	700	1	Měkký	$t_s = 20 \text{ Per}$	$t_s = -\text{Per}$	Odlupovací	3850	3113	397	-	-	3603	873	5	Rozstřík	4,5	4,9
								2900							4,2			
								3300							4,3			
								2600							4,5			

Příloha č. 5 - Pokračování

Materiál	Spodní mez pevnosti materiálu	Horní mez pevnosti materiálu	Tloušťka materiálu	Svařovací režim	Svařovací parametry	Tabulkové svařovací parametry (tab.4)	Zkouška	Naměřená max. Síla	Střední hodnota max. síly	Směrodatná odchylka	Vypočtená síla pro spodní mez pevnosti materiálu	Vypočtená síla pro horní mez pevnosti materiálu	Střední hodnota max. síly ROSTEX	Směrodatná odchylka ROSTEX	Naměřený průměr čochy	Poznámka ke svarové čochě	Střední hodnota průměru čochy	Střední hodnota průměru čochy ROSTEX
(-)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(-)	(-)	(-)	(-)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(mm)	(-)	(mm)	(mm)
Nerezová ocel 1.4307	500	700	2	Měkký	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_t = 5,312 \text{ kA}$ ($I_t = 32\%$)	$F_s = - \text{ N}$ $I_t = - \text{ kA}$	Smyková	5750 5450 5800 5650 2100	5663	134	6175	8645	10000	0	2,4 2,3 2,4 2,4 2,3	Nerovnoměrná	2,4	4,4
					$t_s = 40 \text{ Per}$	$t_s = - \text{ Per}$	Odlupovací	2000 2000 2100	2050	50	-	-	7916	1333	2,3 2,3 2,3 2,3 2,3	-	2,3	4,4
Materiál	Spodní mez pevnosti materiálu	Horní mez pevnosti materiálu	Tloušťka materiálu	Svařovací režim	Svařovací parametry	Tabulkové svařovací parametry (tab.4)	Zkouška	Naměřená max. Síla	Střední hodnota max. síly	Směrodatná odchylka	Vypočtená síla pro spodní mez pevnosti materiálu	Vypočtená síla pro horní mez pevnosti materiálu	Střední hodnota max. síly ROSTEX	Směrodatná odchylka ROSTEX	Naměřený průměr čochy	Poznámka ke svarové čochě	Střední hodnota průměru čochy	Střední hodnota průměru čochy ROSTEX
(-)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(-)	(-)	(-)	(-)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(mm)	(-)	(mm)	(mm)
Nerezová ocel 1.4307	500	700	2	Měkký	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_t = 5,976 \text{ kA}$ ($I_t = 36\%$)	$F_s = - \text{ N}$ $I_t = - \text{ kA}$	Smyková	8500 8700 8400 8500 3950	8525	109	11245	15743	10000	0	4,3 4,4 4,3 4,3 3,8	-	4,3	4,4
					$t_s = 40 \text{ Per}$	$t_s = - \text{ Per}$	Odlupovací	3900 3900 4200 4500	4138	238	-	-	7916	1333	3,8 3,8 3,8 3,8 3,8	-	3,8	4,4
Materiál	Spodní mez pevnosti materiálu	Horní mez pevnosti materiálu	Tloušťka materiálu	Svařovací režim	Svařovací parametry	Tabulkové svařovací parametry (tab.4)	Zkouška	Naměřená max. Síla	Střední hodnota max. síly	Směrodatná odchylka	Vypočtená síla pro spodní mez pevnosti materiálu	Vypočtená síla pro horní mez pevnosti materiálu	Střední hodnota max. síly ROSTEX	Směrodatná odchylka ROSTEX	Naměřený průměr čochy	Poznámka ke svarové čochě	Střední hodnota průměru čochy	Střední hodnota průměru čochy ROSTEX
(-)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(-)	(-)	(-)	(-)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(mm)	(-)	(mm)	(mm)
Nerezová ocel 1.4307	500	700	2	Měkký	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_t = 6,640 \text{ kA}$ ($I_t = 40\%$)	$F_s = - \text{ N}$ $I_t = - \text{ kA}$	Smyková	14250 14700 13800 11400 5800	12788	1252	17030	23842	10000	0	6,9 6,4 7,0 5,9 5,9	- Rozstřík Rozstřík - Rozstřík	6,6	4,4
					$t_s = 40 \text{ Per}$	$t_s = - \text{ Per}$	Odlupovací	6500 5700 6700	6175	432	-	-	7916	1333	6,6 5,7 6,6	Rozstřík	6,0	4,4

Příloha č. 5 - Pokračování

Materiál	Spodní mez pevnosti materiálu (MPa)	Horní mez pevnosti materiálu (MPa)	Tloušťka materiálu (mm)	Svařovací režim	Svařovací parametry	Tabulkové svařovací parametry (tab.4)	Zkouška	Naměřená max. síla (N)	Střední hodnota max. síly (N)	Směrodatná odchylka (N)	Vypočtená síla pro spodní mez pevnosti materiálu (N)	Vypočtená síla pro horní mez pevnosti materiálu (N)	Střední hodnota max. síly ROSTEX (N)	Směrodatná odchylka ROSTEX (N)	Naměřený průměr čochy (mm)	Poznámka ke svařové čochě	Střední hodnota průměru čochy (mm)	Střední hodnota průměru čochy ROSTEX (mm)
Uhliková ocel 1.0330 (11321)	270	410	1	Tvrký	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_s = 8,300 \text{ kA}$ ($I_s = 50\%$) $t_s = 6 \text{ Per}$	$F_s = 2500 \text{ N}$ $I_s = 9 \text{ kA}$ $t_s = 6 \text{ Per}$	Smyková	5050 5000 5050 1000 1000 1000 1000	5025	25	2931	4451	-	-	4,5 4,2 4,2 3,8 4,5 4,7 4,6 4,6	-	4,2	-
Uhliková ocel 1.0330 (11321)	270	410	1	Tvrký	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_s = 8,364 \text{ kA}$ ($I_s = 54\%$) $t_s = 6 \text{ Per}$	$F_s = 2500 \text{ N}$ $I_s = 9 \text{ kA}$ $t_s = 6 \text{ Per}$	Smyková	5200 5150 5300 5300 1150 1100 1100 1250	5238	65	3510	5330	-	-	5,0 5,0 5,0 5,0 5,4 5,6 5,5 5,6	-	5,0	-
Uhliková ocel 1.0330 (11321)	270	410	1	Tvrký	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_s = 9,628 \text{ kA}$ ($I_s = 58\%$) $t_s = 6 \text{ Per}$	$F_s = 2500 \text{ N}$ $I_s = 9 \text{ kA}$ $t_s = 6 \text{ Per}$	Smyková	5550 5600 5350 5450 1100 1350 1300 1300	5488	96	3843	5836	-	-	5,2 5,5 6,2 5,0 5,9 5,8 5,9 5,9	-	5,5	-

Příloha č. 5 - Pokračování

Materiál	Spodní mez pevnosti materiálu (MPa)	Horní mez pevnosti materiálu (MPa)	Tloušťka materiálu (mm)	Svařovací režim	Svařovací parametry	Tabulkové svařovací parametry (tab.4)	Zkouška	Naměřená max. síla (N)	Střední hodnota max. síly (N)	Směrodatná odchylka (N)	Vypočtená síla pro spodní mez pevnosti materiálu (N)	Vypočtená síla pro horní mez pevnosti materiálu (N)	Střední hodnota max. síly ROSTEX (N)	Směrodatná odchylka ROSTEX (N)	Naměřený průměr čochy (mm)	Poznámka ke svařové čochě	Střední hodnota průměru čochy (mm)	Střední hodnota průměru čochy ROSTEX (mm)
Uhliková ocel 1.0330 (11321)	270	410	2	Tvrký	$F_s = 3000 \text{ N}$ $I_s = 11,620 \text{ kA}$ ($I_s = 70\%$) $t_s = 10 \text{ Per}$	$F_s = 5000 \text{ N}$ $I_s = 14 \text{ kA}$ $t_s = 15 \text{ Per}$	Smyková	10500 11800 12300 12250 4500 3850 4100 3900	11713	727	8846	13432	-	-	5,5 5,7 7,3 6,7 5,8 6,9 6,5 6,5	-	6,3	-
Uhliková ocel 1.0330 (11321)	270	410	2	Tvrký	$F_s = 3000 \text{ N}$ $I_s = 12,284 \text{ kA}$ ($I_s = 74\%$) $t_s = 10 \text{ Per}$	$F_s = 5000 \text{ N}$ $I_s = 14 \text{ kA}$ $t_s = 15 \text{ Per}$	Smyková	12500 12750 12800 12900 7150 7650 6500 5900	12763	108	10846	16470	-	-	7,7 7,8 7,6 7,8 7,1 6,8 6,5 7,1	-	7,7	-
Uhliková ocel 1.0330 (11321)	270	410	2	Tvrký	$F_s = 3000 \text{ N}$ $I_s = 12,848 \text{ kA}$ ($I_s = 78\%$) $t_s = 10 \text{ Per}$	$F_s = 5000 \text{ N}$ $I_s = 14 \text{ kA}$ $t_s = 15 \text{ Per}$	Smyková	10200 9150 9450 9300 3700 3600 3600 3500	9525	404	6880	10447	-	-	4,9 5,1 4,8 4,8 6,0 5,2 5,3 6,0	-	4,9	-
Uhliková ocel 1.0330 (11321)	270	410	2	Tvrký	$F_s = 3000 \text{ N}$ $I_s = 12,848 \text{ kA}$ ($I_s = 78\%$) $t_s = 10 \text{ Per}$	$F_s = 5000 \text{ N}$ $I_s = 14 \text{ kA}$ $t_s = 15 \text{ Per}$	Smyková	10200 9150 9450 9300 3700 3600 3600 3500	9525	71	71	-	-	-	-	5,6	-	-

Příloha č. 5 - Pokračování

Materiál	Spodní mez pevnosti materiálu (MPa)	Horní mez pevnosti materiálu (MPa)	Tloušťka materiálu (mm)	Svařovací režim	Svařovací parametry	Tabulkové svařovací parametry (tab.4)	Zkouška	Naměřená max. Síla (N)	Sřední hodnota max. síly (N)	Směrodatná odchylka (N)	Vypočtená síla pro spodní mez pevnosti materiálu (N)	Vypočtená síla pro horní mez pevnosti materiálu (N)	Sřední hodnota max. sily ROSTEX (N)	Směrodatná odchylka ROSTEX (N)	Naměřený průměr čočky (mm)	Poznámka ke svarové čočce	Sřední hodnota průměru čočky (mm)	Sřední hodnota průměru čočky ROSTEX (mm)
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	270	410	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 5,644 \text{ kA}$ ($I_s = 34\%$) $t_s = 20 \text{ Per}$	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 5 \text{ kA}$ $t_s = 20 \text{ Per}$	Smyková	3800 4100 3500 3750 1100 1200 1150 1150	3788	213	2282	3465	-	-	3,5 3,3 3,1 3,1 4,1 4,0 4,0 3,7	-	3,3	-
					$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 6,308 \text{ kA}$ ($I_s = 38\%$) $t_s = 20 \text{ Per}$	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 5 \text{ kA}$ $t_s = 20 \text{ Per}$	Smyková	5200 5300 5250 5250 1200 1300 1100 1300	5250	35	3247	4930	-	-	4,6 4,7 4,6 4,6 4,8 4,3 4,7 4,3	-	4,6	-
					$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 6,972 \text{ kA}$ ($I_s = 42\%$) $t_s = 20 \text{ Per}$	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 5 \text{ kA}$ $t_s = 20 \text{ Per}$	Odlupovací	1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1150	1050	61	-	-	-	-	4,3 5,0 4,0 5,0 4,3 4,4 5,0 4,3	Rozstřík - Rozstřík - Rozstřík Rozstřík Rozstřík Rozstřík	4,5	-
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	270	410	1	Měkký	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 5,644 \text{ kA}$ ($I_s = 34\%$) $t_s = 20 \text{ Per}$	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 5 \text{ kA}$ $t_s = 20 \text{ Per}$	Smyková	3800 4100 3500 3750 1100 1200 1150 1150	3788	213	2282	3465	-	-	3,5 3,3 3,1 3,1 4,1 4,0 4,0 3,7	-	3,3	-
					$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 6,308 \text{ kA}$ ($I_s = 38\%$) $t_s = 20 \text{ Per}$	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 5 \text{ kA}$ $t_s = 20 \text{ Per}$	Smyková	5200 5300 5250 5250 1200 1300 1100 1300	5250	35	3247	4930	-	-	4,6 4,7 4,6 4,6 4,8 4,3 4,7 4,3	-	4,6	-
					$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 6,972 \text{ kA}$ ($I_s = 42\%$) $t_s = 20 \text{ Per}$	$F_s = 1000 \text{ N}$ $I_s = 5 \text{ kA}$ $t_s = 20 \text{ Per}$	Odlupovací	1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1150	1050	61	-	-	-	-	4,3 5,0 4,0 5,0 4,3 4,4 5,0 4,3	Rozstřík - Rozstřík - Rozstřík Rozstřík Rozstřík Rozstřík	4,5	-

Příloha č. 5 - Pokračování

Materiál	Spodní mez pevnosti materiálu (MPa)	Horní mez pevnosti materiálu (MPa)	Tloušťka materiálu (mm)	Svařovací režim	Svařovací parametry	Tabulkové svařovací parametry (tab.4)	Zkouška	Naměřená max. Síla	Střední hodnota max. síly	Směrodatná odchylka	Vypočtená síla pro spodní mez pevnosti materiálu (N)	Vypočtená síla pro horní mez pevnosti materiálu (N)	Střední hodnota max. síly ROSTEX (N)	Směrodatná odchylka ROSTEX (N)	Naměřený průměr čochy (mm)	Poznámka ke svařové čochě	Střední hodnota průměru čochy (mm)	Střední hodnota průměru čochy ROSTEX (mm)
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	270	410	2	Měkký	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_s = 7,968 \text{ kA}$ ($I_s = 48\%$) $t_s = 40 \text{ Per}$	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_s = 7 \text{ kA}$ $t_s = 50 \text{ Per}$	Smyková	11300 12800 10000 11550 5000 5900 5150 5550	11363	926	8670	13165	-	-	5,7 6,6 5,6 6,8 6,3 6,3 6,3 6,3	Rozstřík	6,2	-
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	270	410	2	Měkký	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_s = 8,632 \text{ kA}$ ($I_s = 52\%$) $t_s = 40 \text{ Per}$	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_s = 7 \text{ kA}$ $t_s = 50 \text{ Per}$	Smyková	13550 13700 13500 13750 3950 4100 4050 4050	13650	94	9512	14444	-	-	7,2 6,6 6,5 6,8 7,2 7,2 7,4 7,4	-	6,8	-
Uhlíková ocel 1.0330 (11321)	270	410	2	Měkký	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_s = 9,296 \text{ kA}$ ($I_s = 56\%$) $t_s = 40 \text{ Per}$	$F_s = 2000 \text{ N}$ $I_s = 7 \text{ kA}$ $t_s = 50 \text{ Per}$	Smyková	14400 14400 14400 4500 3500 4200 3800	14400	0	11442,6	17375,8	-	-	8,1 8,2 8,2 8,1 7,7 7,6 7,8 7,8	-	8,2	-

Příloha č. 6

Specifikace postupu svařování „WPS“ dle ČSN EN ISO 15609 – 5 (Odporové svařování)				Strana 1 Celkem 1 Revize č. 1
1. Výrobce: ROSTEX VÝŠKOV, s.r.o. Dědická 190/17 682 01 Vyškov		6. Zkušební organizace:		
2. Číslo dokladu (WPS): 197/ROS		7. Základní materiál: Plech – DOCOL 355 D - skupina 1.2		
3. Číslo WPQR: R-006-2015		8. Rozměry ZM: tl. 1,0 mm / 2,0 mm		
4. Příprava spoje: -		9. Stav povrchu ZM: -		
5. Způsob čištění: odmaštění		10. Metoda svařování: 212 dle EN ISO 4063		
11. Výrobek				
12. Popis: -		15. Identifikace výrobku: -		
13. Označení dílu: -		16. Identifikace dílu: -		
14. Místo spoje / výrobní operace / identifikace (výkres č.):				
17. Svarový spoj		Náčrt (výkres č.)		
18. Technika svařování: odporové svařování – přímé bodové svařování				
19. Umístění / sled svarů: dle výkresu				
20. Počet svarů na spoj:	1	24. Vzdál. od okraje:	min. 5 mm	
21. Velikost přeplátování:	-	25. Vzdál. mezi body:	max. 250 mm	
22. Rychlost svařování:	-	26. Rozměry bodu:	4-5 mm	
23. Poznámka:				
27. Svařovací zařízení				
28. Typ: Bodová svářečka WBP 40		41. Identifikace zařízení (výr. č.): 799		
29. Jmenovitý výkon transformátoru: 40 kVA		42. Identifikace transformátoru: -		
30. Odbočka vinutí č.		43. Průřez sekundárních kabelů: -		
31. Rozměry upínacích desek/elektrod: ø 16 mm		44. Typ sekund. kabelů a délka: -		
32. Svařovací řízení / programátor:		45. Nastavení řízení (program) č.: -		
33. Druh pohonu: pneumatický		46. Způsob řízení stroje: mikroprocesorový bezkontaktní modul		
34. Výška zdvihu: 20-40 mm		47. Způsob řízení proudu: -		
35. Údržba příslušenství: -		48. Druh svařov. proudu: střídavý (AC)		
36. Nastavení elektrod: ruční		49. Elektrodová síla [kN]: max. 650 daN		
37. Druh chlazení: vodní		50. Svařovací proud [kA]: max 16,6 kA		
Průtokové množství: 4 l/min.		51. Sekundární napětí [V]: 7,14 V		
38. Rychlost přibližování elektrody: -		52. Zdroj spouštěcího signálu: nožní spínač		
39. Rozměry svařovacího okna: -		53. Signál pro ukončení svařov.: automaticky		
40. Svařovací přípravky: -		54. Rychlost švového svař. při průchodu proudu: -		
		55. Rychlost švového svař. bez proudu: -		
56. Nastavení svařovacích parametrů				
57. Doba 1. přítlaču (periody): 40		65. Přestávka při pulsním svařování (periody): 0		
58. Doba 2. přítlaču (periody): 20		66. Doba dotlaču (periody): 10		
59. Doba svařu nahoru (periody): 0		67. Doba žhání (periody): 9		
60. Počáteční svařovací proud (%): 20		68. Žhací proud (%): 30		
61. Doba svaru (periody): 13		69. Mezioba (periody): 20		
62. Svařovací proud (%): 63		70. Puls (počet): 1		
63. Doba svařu dolů (periody): 0		71. Pokles proudu: -		
64. Konečný svařovací proud (%): 20		72.		
73. Poznámky: elektrodová síla 375 daN (tlak 3 bar)		Před zahájením práce provést pracovní zkoušku, předat svářečskému dozoru k vyhodnocení – popř. dle pokynů upravit parametry svařování.		
4. Výrobce:		75. Svářečský dozor:		



Nová možnost zkoušení bodových svarů

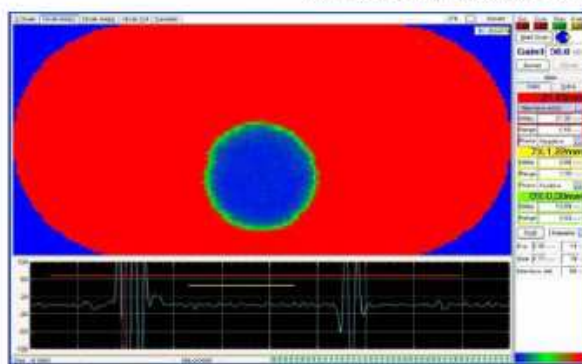
Spojování kovových materiálů odporovým svařováním je velmi rozšířené, zejména ve formě bodových svarů při spojování plechových dílů. Bodové svařování jsou dosud nejrozšířenějším způsobem spojování materiálů při výrobě automobilových karoserií. Parametry bodového svaru jsou velmi sledovány, protože je snahou o ekonomických hľadisek navrhovat konstrukce s minimálním počtem svařových spojů, proto je nezbytné z hlediska bezpečnosti konstrukce zajistit dokonalou kvalitu těchto spojů.



Mini Scanner

Pro zkoušení bodových svarů je k dispozici celá řada zkušebních postupů. Destructivní zkušební metody, ať je to základní sekáčová zkouška nebo odlupovací metoda, představují jednoduché postupy s jednoznačným výsledkem, které však vyžadují obětování času produkce. To může u složitějších výrobků vést k podstatnému zvýšení výrobních nákladů. Detailní destructivní metodou je i laboratorní příprava metalografického vzorku bodového svaru s možností jeho optického vyhodnocení a dokonalé dokumentace stavu svaru. Tato metoda je však použitelná zejména při vývoji výrobku, protože je časově velmi náročná a její uplatnění v sériové výrobě je tak omezené.

Pro vyšší efektivitu zkoušení bodových svarů je možné využít nedestructivní zkušební metody. Z nich má největší uplatnění ultrazvuková zkušební metoda. Postup, kdy se jednoduchá ultrazvuková sonda ručně přiloží na bodový svar a ze zobrazeného echogramu na displeji přístroje se vyhodnotí kvalita svaru, je dobře zpracovaný a standardně užíván. Má však několik nevýhod. Tou zásadní je, že dochází pouze k integrovanému hodnocení bodového svaru a není tedy možné detailně posoudit jeho topografii nebo lokální vlastnosti. Použití ultrazvukové sondy pro ruční zkoušení má totiž rozměry srovnatelné s velikostí bodového svaru. Další nevýhodou je i způsob vyhodnocení ultrazvukových signálů. Není k dispozici jednoznačné kritérium, které by určilo stav svaru, ale z průběhu echo-



Displej jednotky se zobrazením dobrého bodového svaru

fokusem sonda pohybovaná přesným manipulátorem a který tak poskytuje detailní ultrazvukové charakteristiky v libovolném místě bodového svaru. Tento způsob, který je však vhodný zejména pro výzkumné účely, není uplatněn ve výrobní kontrole, protože běžný usterat systém většinou neumožňuje zkoušení celých komplikovaných svařovaných dílů.

Nizozemský výrobce Amsterdam Technology však přišel s myšlenkou ručního ultrazvukového skenovacího systému s vysokým rozlišením. Imerní nádoba je v něm nahrazena vodou předváděnou, která se přes pružnou membránu přikládá na kontrolované místo. Celé zařízení, které má jednoduchý název Mini Scanner, sestává z vlastní ruční skenovací hlavičky a z přenosné řídicí a vyhodnocovací jednotky.

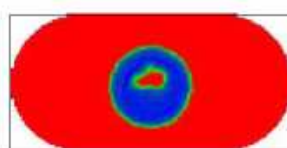
Skenovací hlavička obsahuje vysokofrekvenční fokusovanou ultrazvukovou sondu, která se při skenování pohybuje ve vodní komoře po plošné spirále. Standardní snímaná plocha je 10 x 20 mm, průměr jednoho sejmoutého ultrazvukového bodu je díky vysoké fokusem sondy 0,1 mm. Jeden sken tedy obsahuje 20 000 změřených bodů a jeho provedení trvá méně než 5 sekund. Při zkoušení se pro akustické navázání hlavičky se zkoušeným dílem používá malé množství vazelínu zelažiny. Skenovací hlavička přístroje má výměn-

ně nastave, a tak je možné zajistit kontrolu i komplikovanějších dílů.

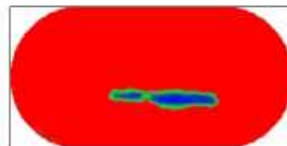
Řídicí a vyhodnocovací jednotka zobrazuje na dotykovém displeji všechny informace o prováděné zkoušce. V centru displeje je kompletní zobrazení skenované plochy s barevným vyhodnocením amplitudy ultrazvukových ech. Jejich časový průběh v libovolném bodě je ve spodní části displeje. V pravé části displeje jsou umístěna nastavení a vyhodnocovací pole. Nastavení se zde rozsahy zobrazení podle rozměrů zkoušených dílů, materiálové konstanty, požadované způsoby zobrazení signálů a požadované vyhodnocovací parametry. Jako výsledek zkoušky může být využita hodnota tloušťky svařového spoje, místo lokální vady ve spoji, velikost bodového svaru nebo zjištěné vady. Vhodným nastavením vyhodnocovacích parametrů je možné při rutinních zkušebních vyhodnocování kvalitu kontrolovaného svaru pouze z plošného zobrazení jednoznačně podle přítomnosti nebo nepřítomnosti vady v oblasti svaru. Kompletní data zkoušky jsou v jednotce přístroje Mini Scanner ukládána pro možnost pozdějšího vyhodnocení a pro archivaci a je možné je předávat pro další zpracování prostřednictvím rozhraní USB nebo Ethernet.

Pokud je v bodovém svaru vada typu nehomogenity, což je nejčastěji plynná bublina, je jednoznačně ve svaru lokalizovatelná co do velikosti a polohy. Řada rozborů pomocí metalografických postupů prokázala, že získané plošné zobrazení ultrazvukových signálů plně odpovídá skutečnému stavu bodového svaru.

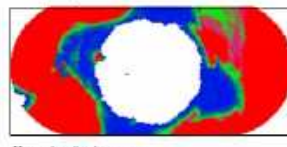
Pomocí měřicí funkce vyhodnocovací jednotky je možné změřit rozměry bodového svaru i zjištěné vady. Je také možné zjišťo-



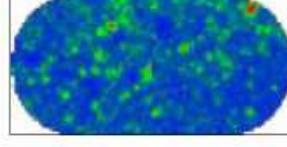
Řada bodového svaru



Skén vyztuženého svaru



Skén přivařené matice



Nehomogenity odlišit

provedených spojů. Jeho využití při kontrole svařového spoje tří, případně čtyř plechů umožňuje snadno lokalizovat hloubku zjištěné vady a tím umožnit správné nastavení svařovacího procesu. Přístroj Mini Scanner tak najde uplatnění ve fyzické přípravě výroby, jako je výroba svařovaných dílů a nastavování svařovacích automatů, i v sériové kontrole výroby.

Další aplikační možnosti přístroje Mini Scanner je využití skenování fokusovanou ultrazvukovou sondou při kontrole nýtovaných spojů, kdy se vyhodnotí dokonalost přilnutí rozsvětovaných materiálů, nebo při kontrole porovrtnosti tenkých tlakových odlišků, kdy je možné zjistit veličnost a rozložení nehomogenit.

Přístroj Mini Scanner představuje pokrokové využití ultrazvukové zkušební metody, která v tomto pojetí umožňuje kvantitativní vyhodnocení stavu svařovaných spojů nebo homogenity materiálů. Na základě sejmoutých a ulože-

vat skutečnou vzdálenost svaru od okraje plechu, což je jedna ze sledovaných parametrů při výrobě svařovaných dílů. Další měřicí funkce umožní zjistit hloubku protlačení bodového svaru.

Přístroj Mini Scanner je použitelný i na jiné druhy odporových svarů, lze jím zkoušet také výstupkové a švové svař. Velkou výhodou přístroje je možnost kontroly odporové přivařené matice nebo šroubů, což konvenčním ultrazvukovým postupem není možné. Dobře je také aplikovatelný na laserové svař, které se v poslední době používají při výrobě karoserií stále častěji.

U všech těchto svarů je stejně jako u bodových svarů možné zjistit vady ve svaru a vyhodnotit jejich rozměry.

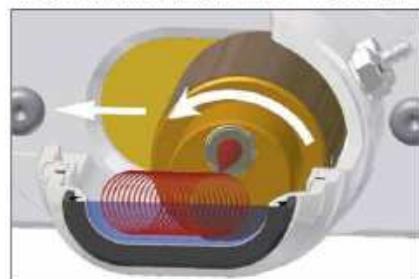
Ultrazvukový přístroj Mini Scanner nachází široké uplatnění zejména v automobilovém průmyslu, kde odporové a laserové svařování představují nejpoužívanější spojovací metodu a kde jsou kladeny vysoké nároky na kvalitu



Bodový svar

ných ultrazvukových dat umožňuje hlubokou analýzu stavu zkušebního díla a současně zajišťuje při vhodném nastavení rutinní hodnocení s minimalizací vlivu subjektivity. ●

TSI System s.r.o.
www.tsisystem.cz



Skenovací hlavička

gramu se vizuálně hodnotí, jak jejich časový průběh a tvar odpovídá podle zkušenosti dobrému nebo vadnému svaru. A tak do hodnocení vstupuje lidský faktor, který vždy představuje zvláštní nejistoty zkoušení.

Existuje však způsob ultrazvukového zkoušení, který umožňuje jednoznačné charakteristiky bodového svaru. Je to standardní měřicí systém, ve kterém je ultrazvuková

TSI System 20 let zkušeností 1991-2011

Příloha č. 8



23a - 60108

Akreditovaná kalibrační laboratoř č.: 2230 - Českým institutem pro akreditaci, o. p. s.
Osvědčení o akreditaci č. 356 / 2014



AKL ZÁLEŠÁK, s.r.o.

Korejská 27, 616 00 Brno, tel.-fax.: 566 666 514, mob.: 603 512 082, e-mail: AKLZalesak@seznam.cz

Kalibrační list č.: 3470-1-14

Název a adresa zákazníka:

Vojenský technický ústav, s.p.
odštěpný závod VTÚPV, Víta Nejedlého 691
682 01 Vyškov

Označení předmětu kalibrace (měřidla):

zkušební trhací stroj

Výrobce:

A. J. Amsler, Švýcarsko

Výrobní číslo:

181/546

Rozsahy stupnic:

0 - 5 - 10 - 25 - 50 kN

Měřicí zařízení síly:

sklonné vahadlo

Inventární číslo:

96012541

Rok výroby:

--

Umístění stroje:

zkušebna

Použitá příslušenství:

vlečný ukazatel

Celková prohlídka zkušebního stroje:

vyhovuje

Datum provedení kalibrace:

14.8.2014

Použitá měřicí zařízení - sekundární etalony síly 3. řádu

Etalonové siloměry + sada zatěžovacích těles:

výrobní číslo:	typ:	číslo kalibračního listu:	dobu platnosti kal. listu:
77992	Vyhodnocovací převodník HBM - AD 101 B	8011 - KL - F0157 - 10	3.11.2015
H 03873	tenzometrický snímač síly; typ Z4	8011 - KL - F0149 - 13	5.12.2016

Počet stran protokolu:

3

Strana číslo:

1

Příloha č. 8 – Pokračování

Akreditovaná kalibrační laboratoř č.: 2230 - Českým institutem pro akreditaci, o. p. s.
Osvědčení o akreditaci č. 356 / 2014



AKL ZÁLEŠÁK, s.r.o.

Korejská 27, 616 00 Brno, tel.-fax.: 566 666 514, mob.: 603 512 082, e-mail: AKLZalesak@seznam.cz

Seznam použitých předpisů, metod a postupů:

ČSN EN ISO 7500-1

Jméno a podpis pracovníka provádějícího kalibraci měřidla a zodpovědného za obsah protokolu:

Petr Zálešák

Zkušební stroj byl kalibrován při teplotě **22,7 °C**. Stroj byl opatřen štítkem s číslem kalibračního listu.

Měřicí rozsahy stupnic, ve kterých jsou zaručeny největší dovolené chyby zkušebního stroje:

Rozsah	Od	Do	třída rozsahu
0 - 50 kN	10 kN	50 kN	1

Prohlášení:

Kalibrační list nesmí být bez písemného schválení kalibrační laboratoře rozmnožován jinak než celý.

Výsledky kalibrace uvedené v protokolu se týkají pouze kalibrovaného zařízení.

Zjištěné výsledky měření jsou uvedeny na dalších stranách tohoto protokolu.

Poznámka: Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k = 2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95 %. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA 4/02. Zatřídění a stanovení pravděpodobnosti pokrytí bylo provedeno dle ILAC G-8.

V Brně, dne 15.8.2014

Počet stran protokolu: 3
Strana číslo: 2



Ing. Borek Zálešák, vedoucí
akreditované kalibrační laboratoře

Příloha č. 8 - Pokračování

Akreditovaná kalibrační laboratoř č.: 2230 - Českým institutem pro akreditaci, o. p. s.
Osvědčení o akreditaci č. 356 / 2014



AKL ZÁLEŠÁK, s.r.o.

Korejská 27, 616 00 Brno, tel.-fax.: 566 666 514, mob.: 603 512 082, e-mail: AKLZalesak@seznam.cz

Kalibrační list č.: 3470-1-14

Zjištěné výsledky měření:

Rozsah: TAH 0 - 50 kN								
Zatížení	(F	± U) [kN]	a[%]	b[%]	f ₀ [%]	q[%]	p[%]	
10	9,964	± 0,015	0,10	0,06	0,03	0,36	95	
20	19,940	± 0,047	0,05	0,10	0,03	0,30	95	
30	29,983	± 0,071	0,03	0,10	0,03	0,06	95	
40	40,047	± 0,072	0,03	0,07	0,03	-0,12	95	
50	50,207	± 0,073	0,02	0,06	0,03	-0,41	95	

Rozsah: TLAK 0 - 50 kN								
Zatížení	(F	± U) [kN]	a[%]	b[%]	f ₀ [%]	q [%]	p[%]	
10	10,047	± 0,070	0,10	0,30	0,03	-0,46	84	
20	20,063	± 0,070	0,05	0,15	0,03	-0,32	95	
30	30,04	± 0,10	0,03	0,13	0,03	-0,12	95	
40	39,960	± 0,093	0,03	0,10	0,03	0,10	95	
50	49,950	± 0,093	0,02	0,08	0,03	0,10	95	

Poznámka: Zkušební stroj je kalibrován pro zkoušky **tahem a tlakem**.

Vysvětlivky:

F - skutečná síla v N resp. v kN

U - rozšíř. nejistota měření síly v N resp. v kN

a - relativní rozlišitelnost indikačního zařízení síly zkušebního stroje v %

b - relativní chyba opakovatelnosti měřicího systému síly zkušebního stroje v %

p - pravděpodobnost pokrytí třídy rozsahu v %

f₀ - relativní chyba nuly měřicího systému síly zkušebního stroje v %

q - relativní chyba přesnosti měřicího systému síly zkušebního stroje v %

Počet stran protokolu:

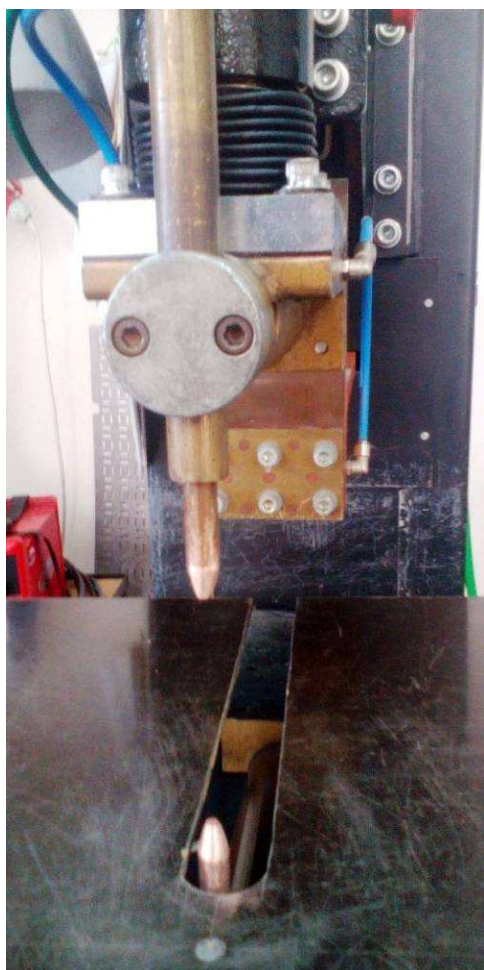
3

Konec kalibračního listu

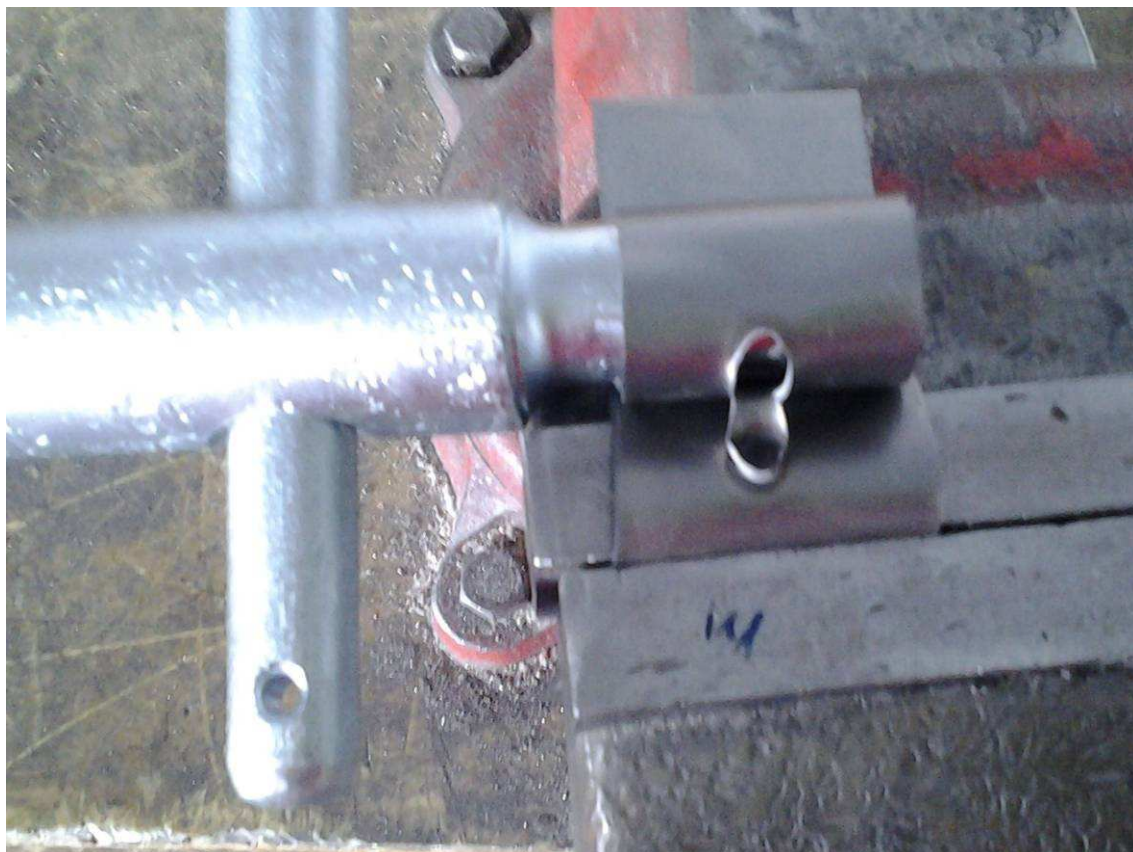
Strana číslo:

3

Příloha č. 9



Příloha č. 10



Příloha č. 11



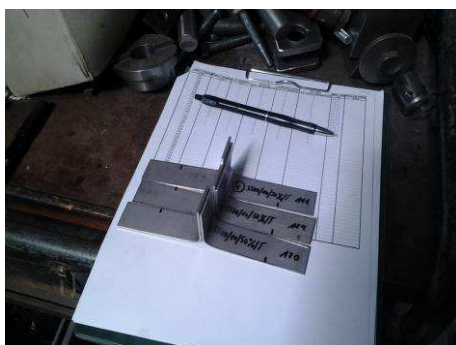
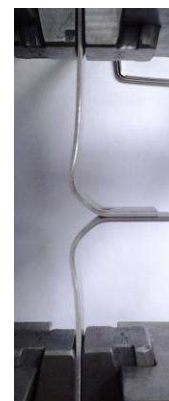
Příloha č. 12



Příloha č. 12 -Pokračování



Příloha č. 13



Příloha č. 13 - Pokračování



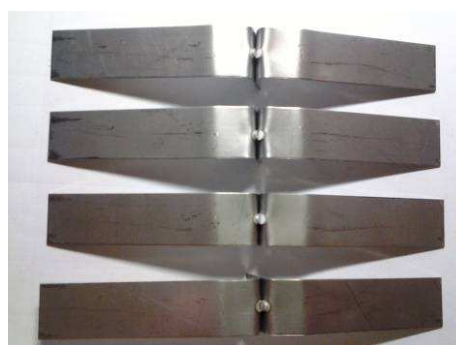
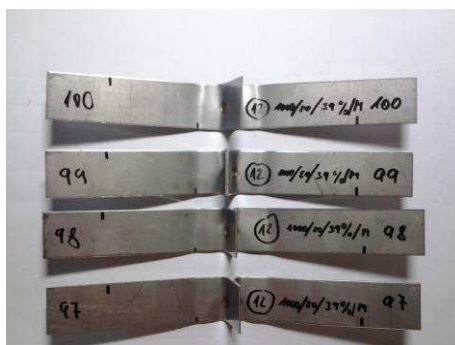
Příloha č. 14



Příloha č. 15



Příloha č.15 – Pokračování



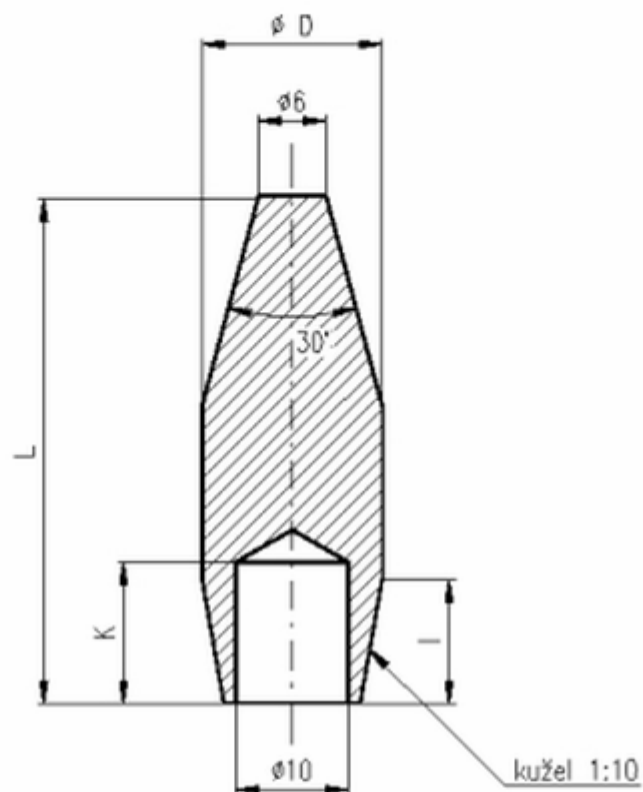
Příloha č. 16

1 - výborně 2 - dobře 3 - dostatečně 4 - špatně 5 - nedostatečně 6 - nemožné														
	Hliník	Nerezavějící ocel	Mosaz	Měď	Pozinkovaná ocel	Ocel	Olovo	Monelův kov	Nikl	Nichróm	Bílí lesklý plech	Zinek	Fosforový bronz	Alpaka
Hliník	2	5	4	5	3	4	5	4	4	4	3	3	3	6
Nerezavějící ocel	5	1	5	5	2	1	6	3	3	3	2	6	4	4
Mosaz	4	5	3	4	4	4	6	3	3	3	4	5	3	3
Měď	5	5	4	6	5	5	5	4	4	4	5	5	3	3
Pozinkovaná ocel	3	2	4	5	2	2	4	3	3	3	2	3	4	5
Ocel	4	1	4	5	2	1	6	3	3	3	2	6	3	4
Olovo	5	6	6	5	4	6	3	5	5	5	6	3	5	5
Monelův kov	4	3	3	4	3	3	5	1	2	2	3	6	3	2
Nikl	4	3	3	4	3	3	5	2	1	2	3	6	3	2
Nichróm	4	3	3	4	3	3	5	2	2	1	3	6	4	2
Bílí lesklý plech	3	2	4	5	2	2	6	3	3	3	3	3	4	4
Zinek	3	6	5	5	3	6	3	6	6	6	3	3	4	6
Fosforový bronz	2	4	3	3	4	3	5	3	3	4	4	4	2	2
Alpaka	6	4	3	3	5	4	5	2	2	2	4	6	2	1

Příloha č. 17

Smyková pevnost svaru pro průměr svarové čochy																				
[mm]																				
Materiál 1.4307																				
Tl.materiálu	Spodní mez pevnosti materiál		Horní mez pevnosti materiál		1		2		3		4		5		6		7		8	
[mm]	[MPa]		[MPa]		Spodní		Horní		Spodní		Horní		Spodní		Horní		Spodní		Horní	
0,6					780		1092		1560		2184		2340		3276		3120		4368	
0,8					1040		1456		2080		2912		3120		4368		4160		5824	
1					1300		1820		2600		3640		3900		5460		5200		7280	
1,2			500		1560		2184		3120		4368		4680		6552		6240		8736	
1,6					2080		2912		4160		5824		6240		8736		8320		11648	
2					2600		3640		5200		7280		7800		10920		10400		14560	
2,5					3250		4550		6500		9100		9750		13650		13000		18200	
3					3900		5460		7800		10920		11700		16380		15600		21840	
Smyková pevnost svaru pro průměr svarové čochy																				
[mm]																				
Materiál 1.0330																				
Tl.materiálu	Spodní mez pevnosti materiál		Horní mez pevnosti materiál		1		2		3		4		5		6		7		8	
[mm]	[MPa]		[MPa]		Spodní		Horní		Spodní		Horní		Spodní		Horní		Spodní		Horní	
0,6					421		640		842		1279		1264		1919		1685		2558	
0,8					562		853		1123		1706		1685		2558		2246		3411	
1					702		1066		1404		2132		2106		3198		2808		4264	
1,2			270		842		1279		1685		2558		2527		3838		3370		5117	
1,6					1123		1706		2246		3411		3370		5117		4493		6822	
2					1404		2132		2808		4264		4212		6396		5616		8528	
2,5					1755		2665		3510		5330		5265		7995		7020		10660	
3					2106		3198		4212		6396		6318		9594		8424		12792	

TYP 021



Náhradní typ : 022

Pořadové číslo	Velikost	Rozměry				Hmotnost gramy
		D	L	I	K	
1.	$\varnothing 16 \times 45$	16	45	22	25	41,4
2.	$\varnothing 16 \times 50$	16	50	22	30	46,9
3.	$\varnothing 16 \times 55$	16	55	22	35	52,4
4.	$\varnothing 16 \times 60$	16	60	22	40	58,8
5.						
6.	$\varnothing 16 \times 70$	16	70	22	50	68,7
7.	$\varnothing 16 \times 80$	16	80	22	55	83,5

ŠPIČKA SE LISUJE A ZAROVNÁVÁ

SKUPINA PRACNOSTI IV.

Příloha č. 19

Název normy	Označení normy
Odporové svařování - Elektrodové čepičky pro bodové odporové svařování	ČSN EN ISO 5821
Odporové svařování - Materiály pro elektrody a pomocné vybavení	ČSN EN ISO 5182
Odporové svařování - Svařitelnost - Část 2: Alternativní způsoby hodnocení ocelových plechů pro odporové bodové svařování	ČSN EN ISO 18278-2
Bodové odporové svařování - Destruktivní zkoušky svarů - Metody zkoušení bodově svařovaných spojů na únavu	ČSN EN ISO 14324
Odporové svařování - Odlupovací a sekáčové zkoušení odporových bodových a výstupkových svarů	ČSN EN ISO 10447
Odporové svařování - Destruktivní zkoušky svarů kovových materiálů - Zkouška krutem odporových bodových svarů	ČSN EN ISO 17653
Odporové svařování - Způsoby určení diagramu oblasti svařování při odporovém bodovém, výstupkovém a švovém svařování	ČSN EN ISO 14327
Odporové svařování - Slovník - Část 1: Bodové, výstupkové a švové svařování	ČSN EN ISO 17677-1
Odporové svařování - Postup pro bodové svařování nepovlakovaných a povlakovaných nízkouhlíkových ocelí	ČSN EN ISO 14373
Odporové svařování - Svařitelnost - Část 1: Hodnocení svařitelnosti kovových materiálů pro odporové bodové, švové a výstupkové	ČSN EN ISO 18278-1
Požadavky na jakost při svařování - Odporové svařování kovových materiálů - Část 2: Základní požadavky na jakost	ČSN EN ISO 14554-2
Požadavky na jakost při svařování - Odporové svařování kovových materiálů - Část 1: Vyšší požadavky na jakost	ČSN EN ISO 14554-1
Přímé elektrody pro odporové bodové svařování	ČSN EN 25184
Odporové svařování - Destruktivní zkoušky svarů - Typy porušení a geometrická měření odporových bodových, švových a výstupkových	ČSN EN ISO 14329
Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů - Stanovení postupu svařování - Část 5: Odporové svařování	ČSN EN ISO 15609-5
Odporové svařování - Zkoušení tvrdosti podle Vickerse (nízká síla a mikrotvrdost) odporových bodových, výstupkových a švových svarů	ČSN EN ISO 14271
Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů - Zkouška postupu svařování - Část 12: Bodové, švové a výstupkové	ČSN EN ISO 15614-12
Svařování a příbuzné procesy - Klasifikace geometrických vad kovových materiálů - Část 2: Tlakové svařování	ČSN EN ISO 6520-2
Rozměry vzorku a postup pro mechanizované odlupovací zkoušení odporových bodových, švových a výstupkových svarů	ČSN EN ISO 14270
Rozměry vzorku a postup pro zkoušení stříhem odporových bodových, švových a výstupkových svarů	ČSN EN ISO 14273