



Kód modulu:

STROJÍRENSKÁ TECHNOLOGIE

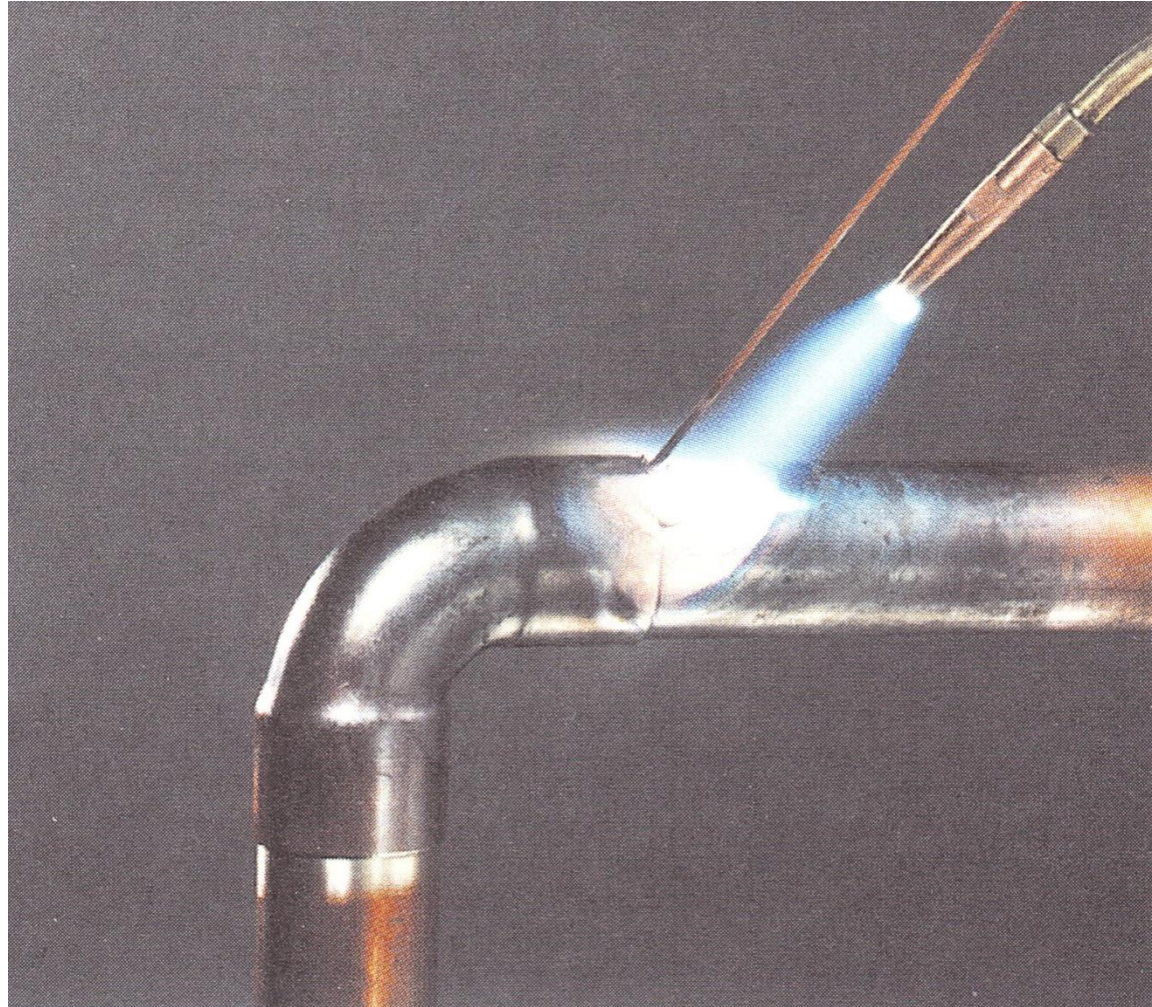
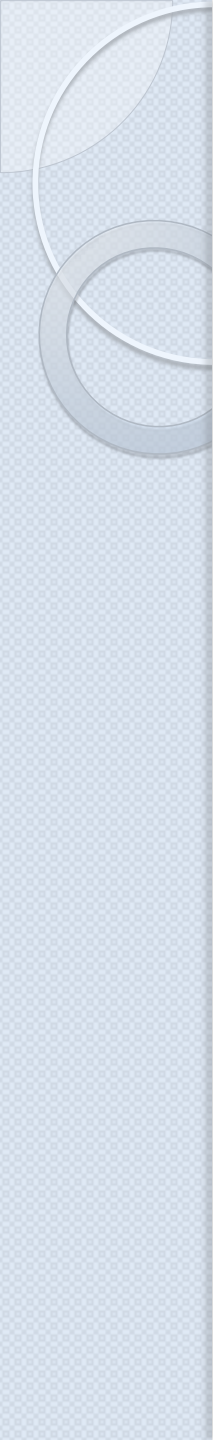
PŘEDNÁŠKA 4, 5, 6

Způsoby spojování

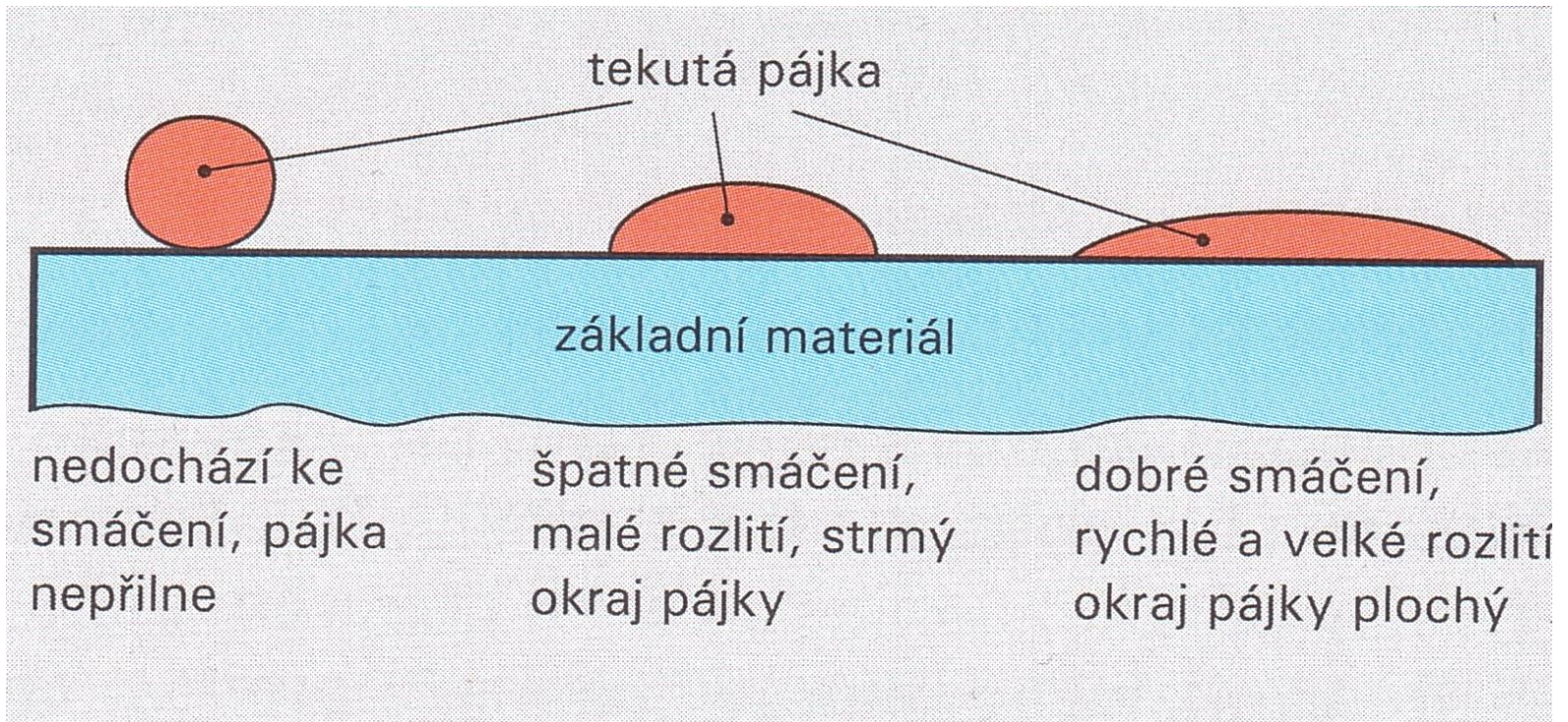
- Mechanické způsoby – nýtování, sešroubování (rozebíratelná spojení; bodovým přenosem síly vznikají nepříznivé „hroty“ pnutí;)
- **Pájení a svařování** – nerozebíratelná spojení (dochází k nepravidelnému rozdělení pnutí ve spoji);
- **Lepení** – stejnoměrné rozdělení pnutí u vrstveného lepeného spoje;

Pájení

- Spojování materiálovým stykem nanášením vrstvy roztaveného přídavného materiálu. Tavicí teplota pájky je nižší než tavicí teplota spojovaných základních látek. Základní materiál se pokryje pájkou, ale neroztaví se. Pájení se často provádí s použitím tavicích přísad, ochranných plynů nebo ve vakuu. Spojované základní materiály mohou mít velmi rozdílné vlastnosti a složení, pokud se pájka spojuje s oběma látkami. Lze tedy pájet např. břitové destičky ze slinutých karbidů na tělesa soustružnických nožů z konstrukční oceli.
- Pájením lze pevně, těsně a vodivě spojovat stejné nebo rozdílné kovové materiály.

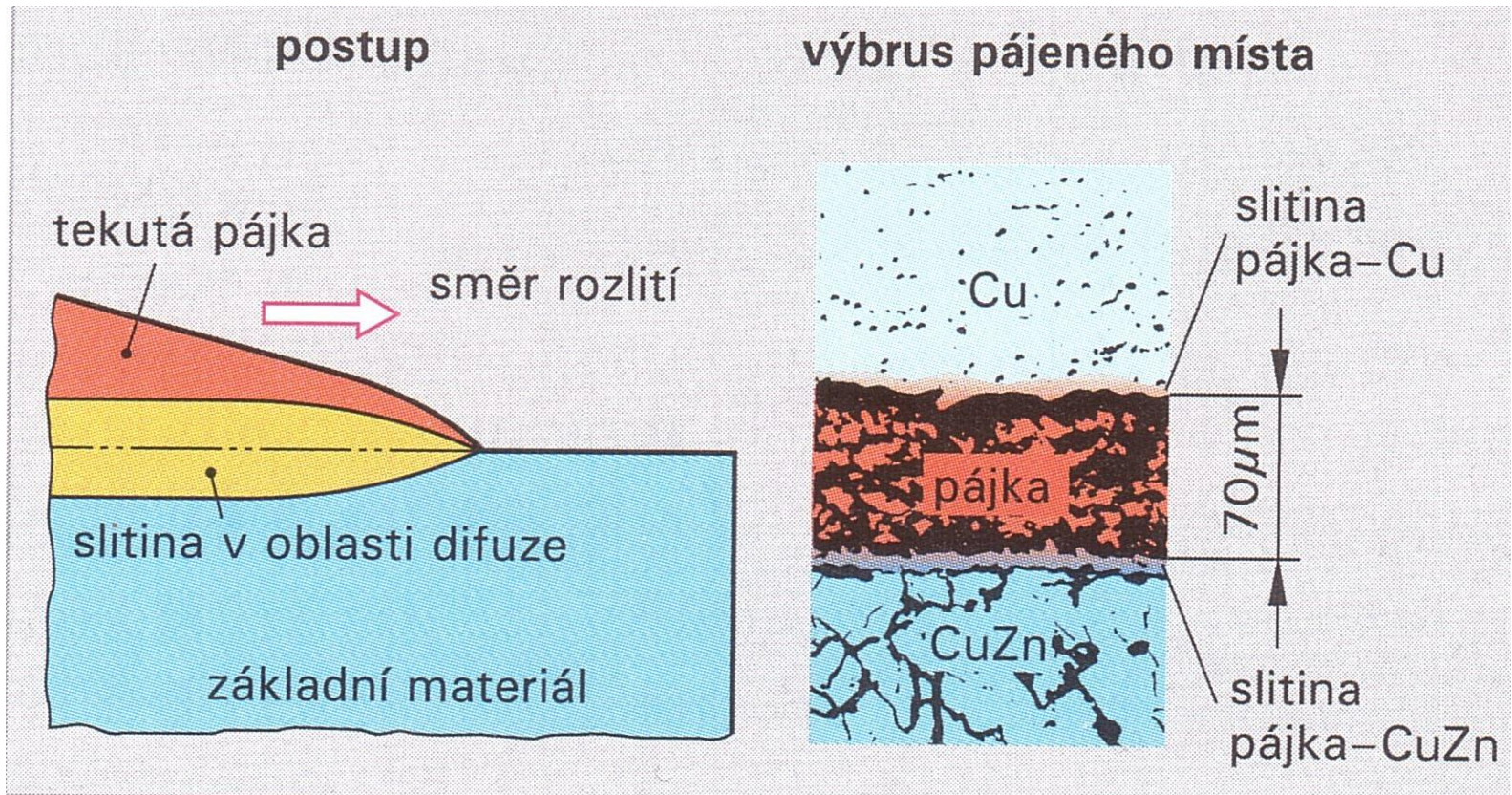


Formy smáčení při pájení

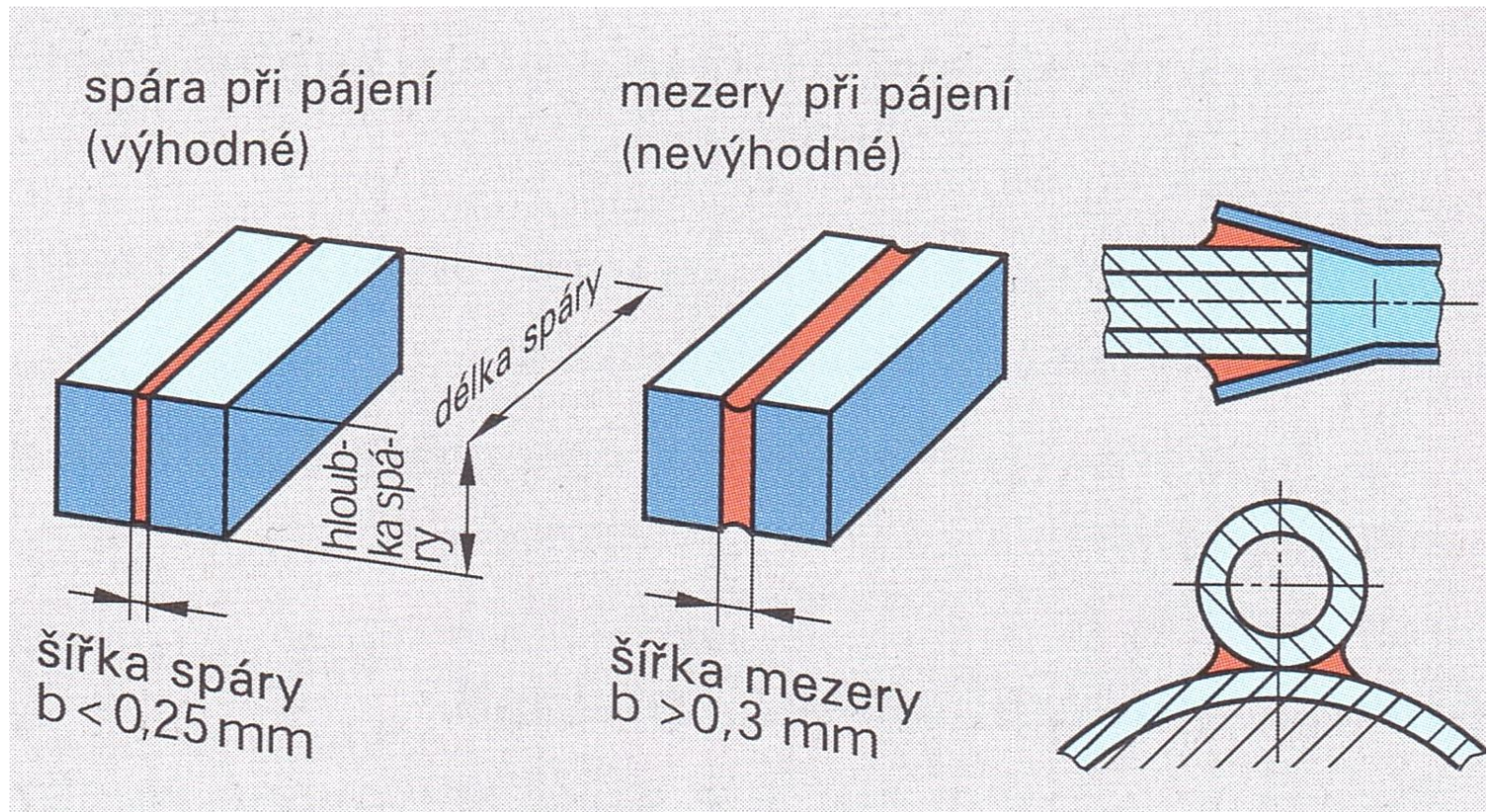


- Předpokladem pájeného spoje je, že kapalná pájka **smáčí** základní materiál. Přitom dochází k rychlému rozlití kapalné pájky po povrchu součásti. Pájka pronikne do struktury základního materiálu a vytvoří slitinu – tento proces vzájemného pronikání se nazývá difuze.
- Dobré smáčení se dosáhne:
 - základní materiál může vytvářet s pájkou slitinu,
 - pájený spoj je kovově čistý,
 - součásti a pájka se dostatečně zahřívají.
- Vzdálenost spojovaných ploch má na pájení velký vliv. Vzdálenost menší než 0,25 mm se označuje jako **spára**. Pokud je vzdálenost větší, tak se označuje jako **mezera**. Délka a hloubka spáry se řídí podle pevnosti použité pájky a podle požadavků, které jsou kladeny na pájený spoj. Hloubky spár při pájení by neměly přesáhnout 15 mm, protože pak jsou nedostatečně plněny.

Tvoření slitiny difuzí



Spára při pájení a mezera při pájení




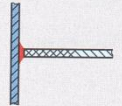
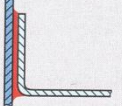
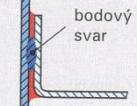
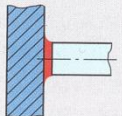
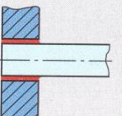
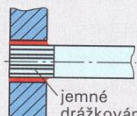

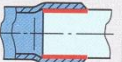



Teploty při pájení

- Součást a pájka by se měly zahřát rychle a rovnoměrně.
- Pracovní teplota a maximální pájecí teplota omezují oblast pájecí teploty.
- Oblast účinné teploty tavidla musí být větší než oblast pájecí teploty.

Např. čistý cín se taví při 232 °C, čisté olovo při 327 °C, slitina 63 % cínu a 37 % olova při 183 °C.

Druhy a způsoby pájení

	měkké pájení	tvrdé pájení	vysokoteplotní pájení
	pod 450 °C s tavidlem	nad 450 °C s tavidlem, v ochranné atmosféře nebo ve vakuu	nad 900 °C v ochranné atmosféře nebo ve vakuu
druh spoje	malá hloubka spáry	zvětšená hloubka spáry	další zvýšení pevnosti
přímé spojení plechů			
spojení plechů ve tvaru T			 bodový svar
kruhová součást s rovnou součástí			 jemné drážkování nalisováno
spojení trubek			 lemováno rozšířeno
vhodnost k měkkému pájení	nehodné	vhodné	velmi vhodné
vhodnost k tvrdému pájení	možné	velmi vhodné	zbytečně nákladné

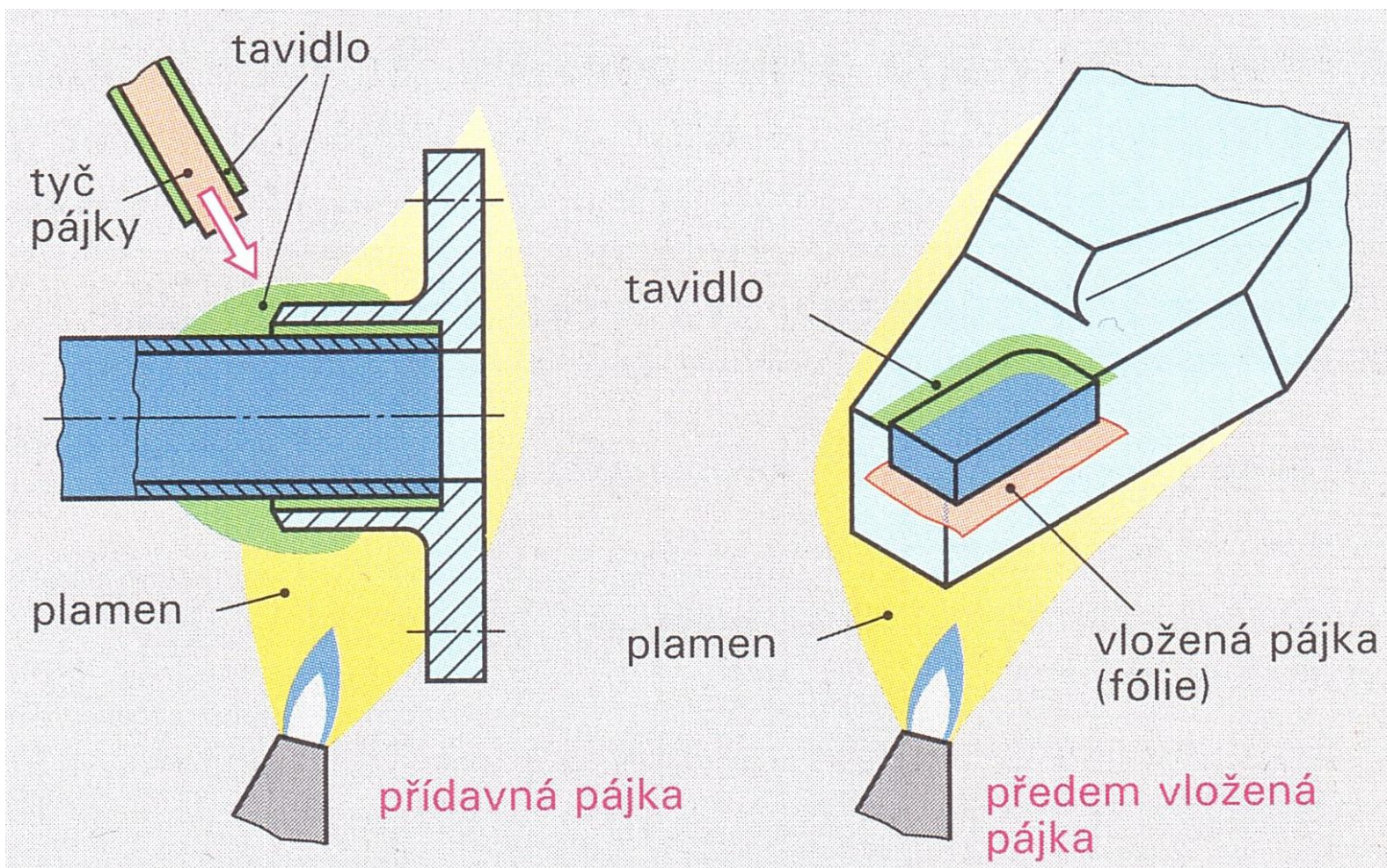
- Podle pracovní teploty:

- Měkké pájení – pracovní teplota pod 450 °C. Používá se tehdy, jsou-li potřeba těsná a vodivá spojení a na zatížitelnost nejsou kladeny vysoké nároky nebo pokud jsou pájené součásti citlivé na teplo.
- Tvrdé pájení – pracovní teplota nad 450 °C. Spoje tvrdým pájením lze provádět jako tupé svary, pevnost zvyšuje zvětšení hloubky spáry.
- Vysokoteplotní pájení – je pájení v ochranné atmosféře nebo ve vakuu pájkami, jejichž pracovní teplota je vyšší než 900 °C.

- Podle způsobu přivádění pájky:

- Nánosové – součásti se na místě pájení zahřejí na pájecí teplotu. Poté se pájka dotykem se součástí roztaví.
- Pájení s vloženou pájkou – součásti se zahřívají na pájecí teplotu spolu s předem vloženou, vhodně tvarovanou pájkou.
- Pájení ponorem – součásti se zahřívají na pájecí teplotu v lázni pájky, spáru přitom vyplní roztavená pájka.

- Podle nosiče energie k zahřátí:
 - Pájení plynem (pájení plamenem, pájení v peci);
 - Pájení pevnými tělesy (pájení pájedly);
 - Pájení kapalinami (pájení v pájecí lázni, pájení ponorem);
 - Pájení paprsky (pájení laserovým paprskem);
 - Pájení elektrickým ohřevem (odporové pájení, indukční pájení);
 - Pájení horkovzdušnou pistolí.



Pájky a tavidla

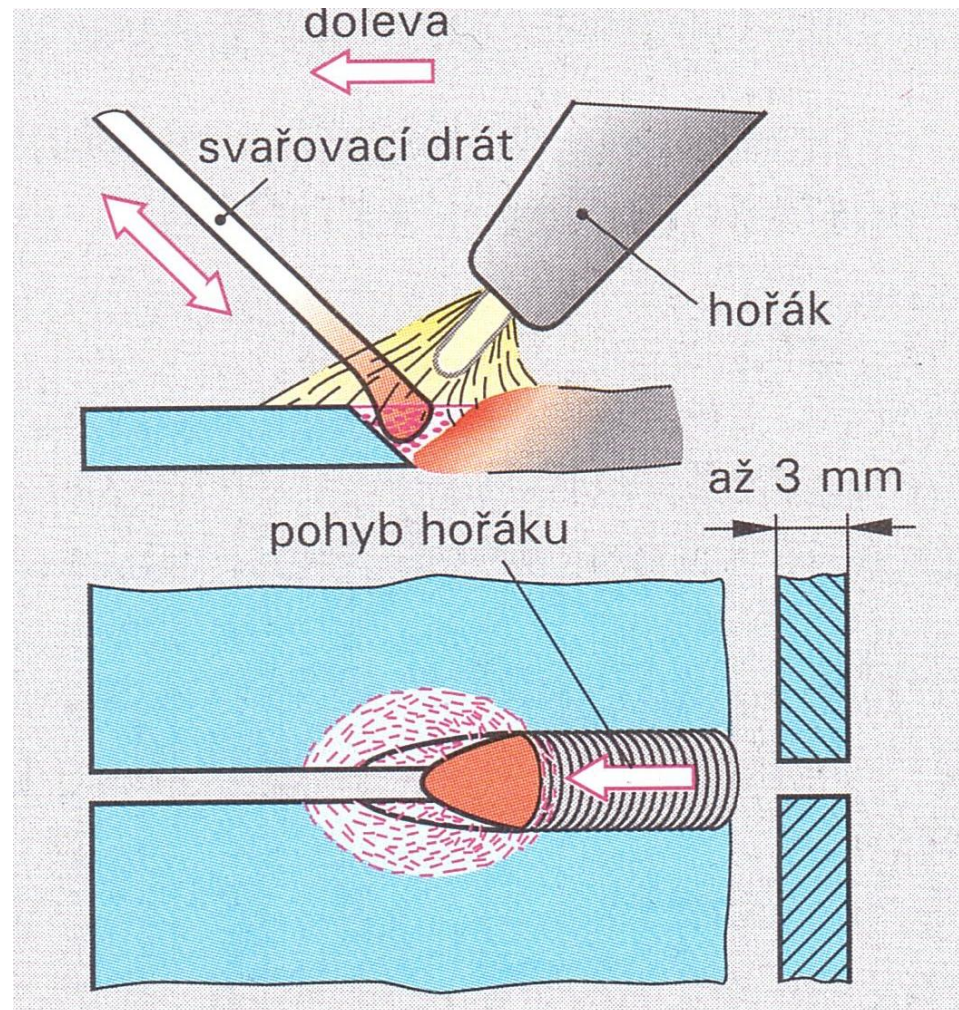
- Jako pájky se používají slitiny, méně často čisté kovy, jejichž bod tavení leží pod bodem tavení spojovaných kovů. Pájky se dělí na měkké (slitiny mědi a zinku, niklu a stříbra) a tvrdé (slitiny niklu a chromu nebo slitiny stříbra, zlata a palladia). Pájky se dodávají jako bochníky, pruhy, fólie, tyče, dráty, jako tvarové díly i ve tvaru zrn.
- Tavidla rozrušují oxidy a zabraňují další oxidaci. Výběr tavidla se řídí podle pájeného základního materiálu a způsobu pájení, především ale podle pracovní teploty používané pájky. Abychom při pájení dosáhli spoje v celé ploše spáry, nanáší se kapalná nebo pastovitá tavidla na oblast pájení většinou krátce před sestavením dílů. Po pájení se musejí z pájených míst odstranit jejich zbytky, jinak by mohlo dojít ke korozi.
- Tavidla by se neměla dostat do styku s pokožkou. Pracoviště je třeba dostatečně větrat.

Svařování

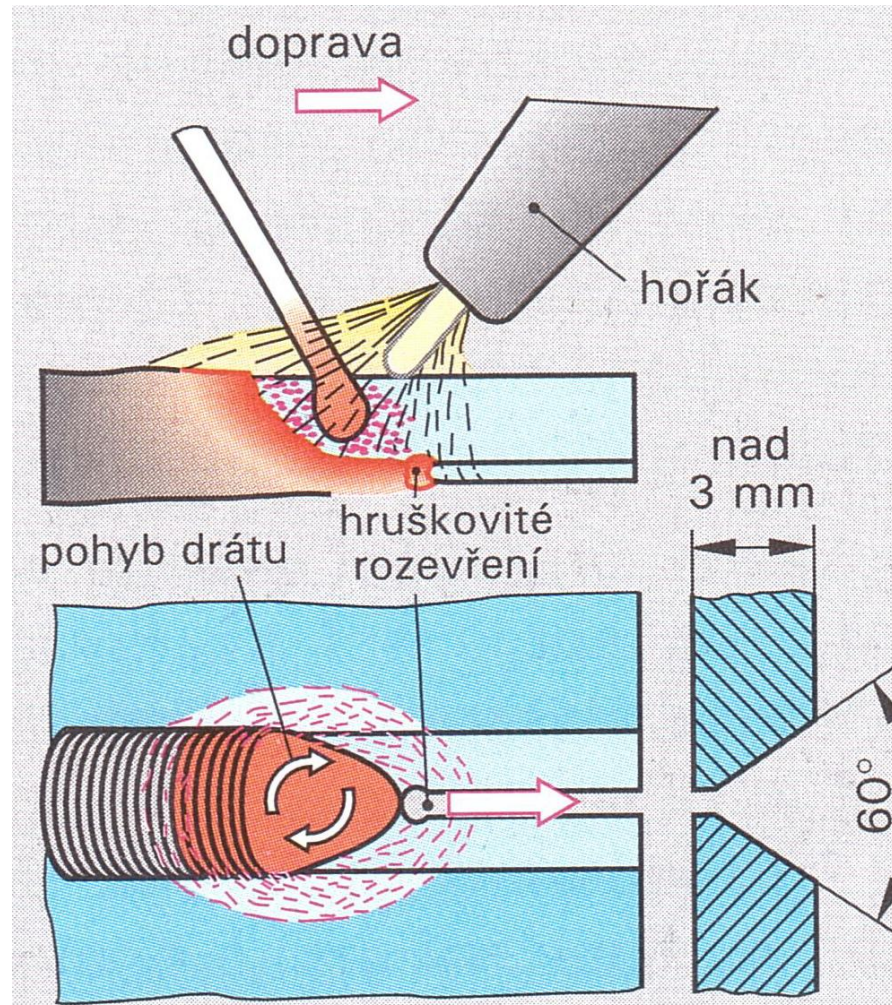
- Svařování – je spojování nebo nanášení materiálu v kapalném nebo plastickém stavu za použití tepla anebo síly, bez nebo s přídavným materiálem. Svarové spoje jsou jako spoje materiálovým stykem díky pevnému a těsnému spojení základních materiálů nejčastěji používaná nerozebíratelná spojení.
- **Svařování plamenem** – stykové plochy spojovaných součástí se natavují působením tepelné energie, která se uvolňuje při spalování hořlavého plynu ve směsi s plynem podporujícím okysličování. Plamenem se svařuje všechny možné používané kovy a jejich slitiny. Kvalita svařování plamenem závisí na vedení hořáku a svařovacího drátu svářečem.

- Svařování vpřed – používá se u plechů o tloušťce do 3 mm. Směr plamene odpovídá směru svařování. Tavná lázeň je tedy mimo zónu nejvyšších teplot a může být malá. Umožňuje předchozí zahřátí místa svaru vyšší rychlost svařování. Zamezí se tak deformaci tenkých plechů. Svařovací drát se lehkými dotyky odtavuje do tavné lázně.
- Svařování vzad – používá se u plechů o tloušťce větší než 3 mm. Plamen směřuje na již hotový svar. Tím se dosahuje pomalého ochlazování a zlepšení svarového spoje. Při svařování se hořák vede klidně a drží se tak, aby světelný kužel směřoval do tavné lázně. Touto koncentrací tepla lze svařovat silné plechy. Svařovací drát se před světelným kuželem krouživými pohyby utavuje do tavné lázně.
- Svařovací dráty – které se odtavují jako přídavný materiál k vyplnění styčných spár, mají různé složení, odpovídající svařovaným materiálům.

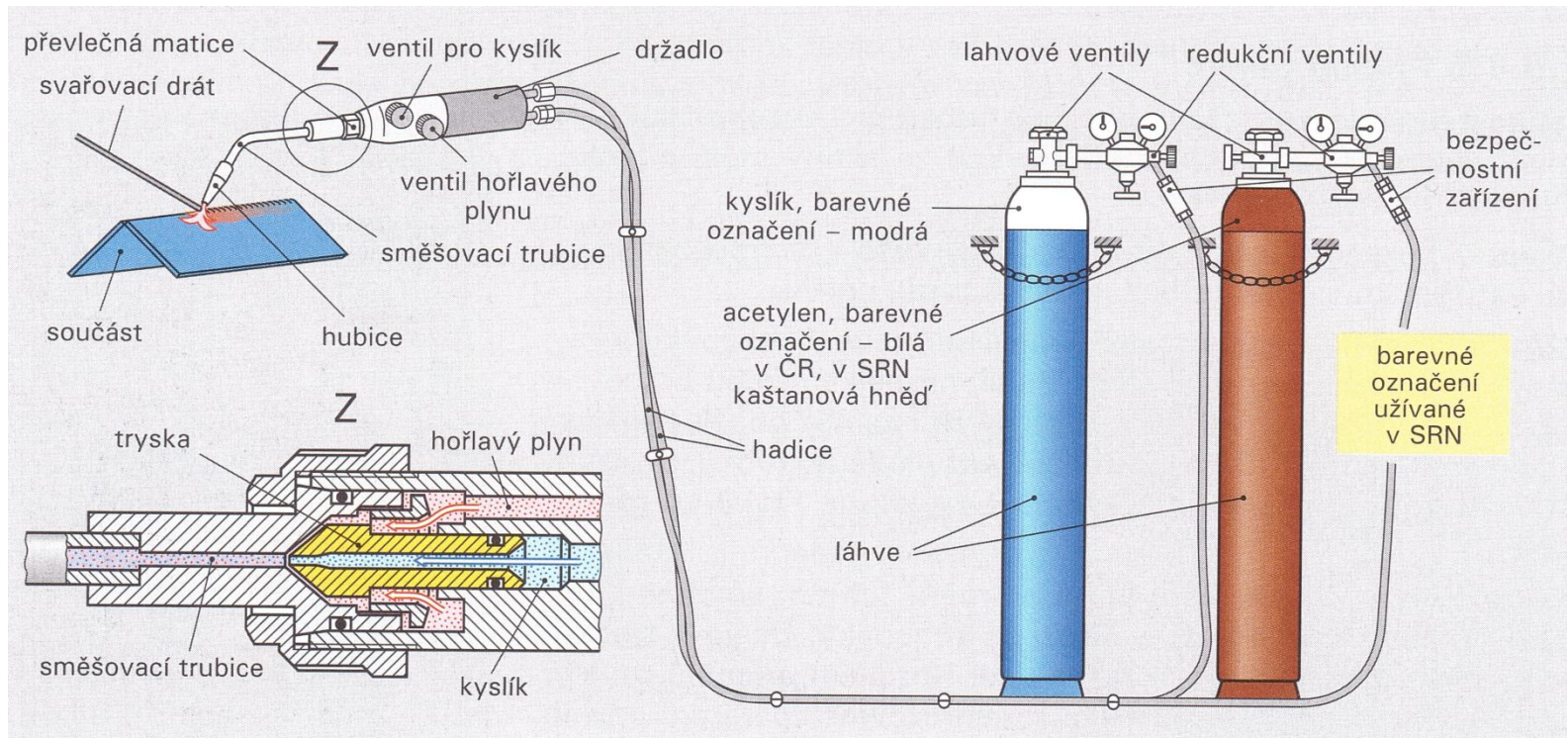
Svařování vpřed - plamenem



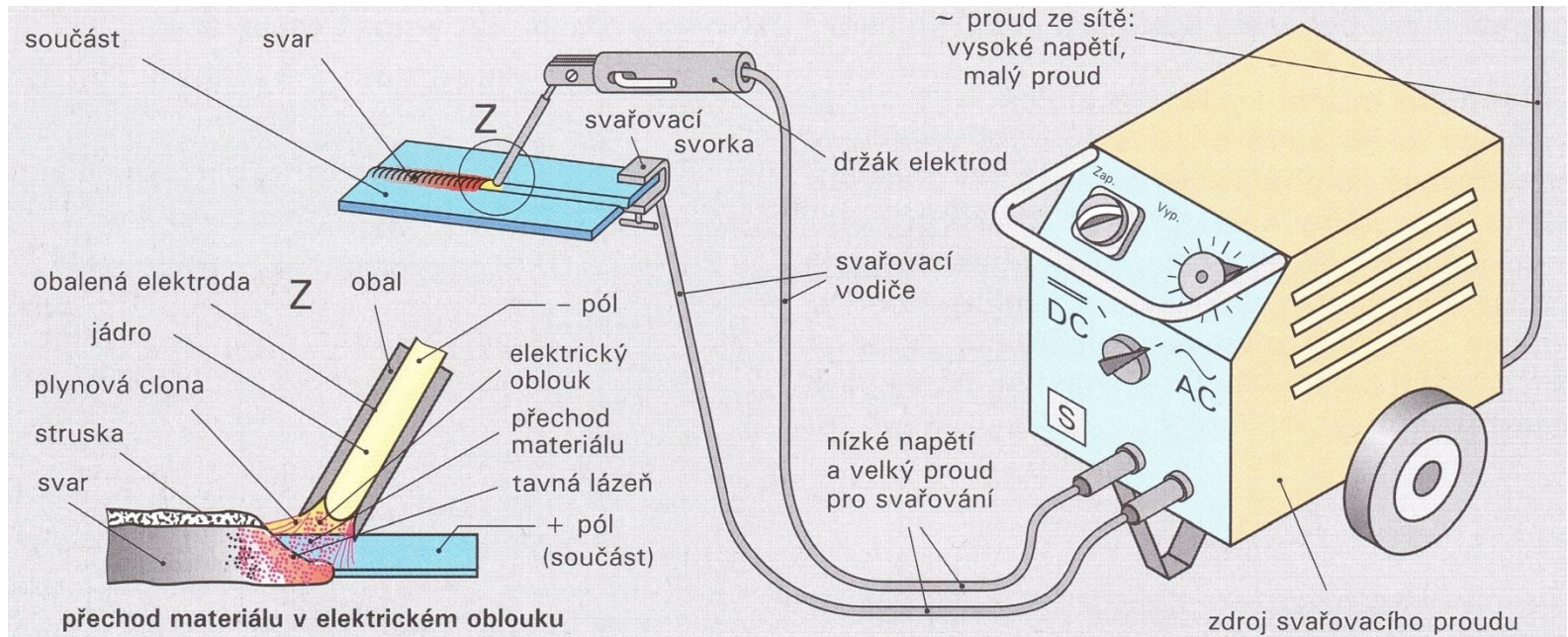
Svařování vzad - plamenem



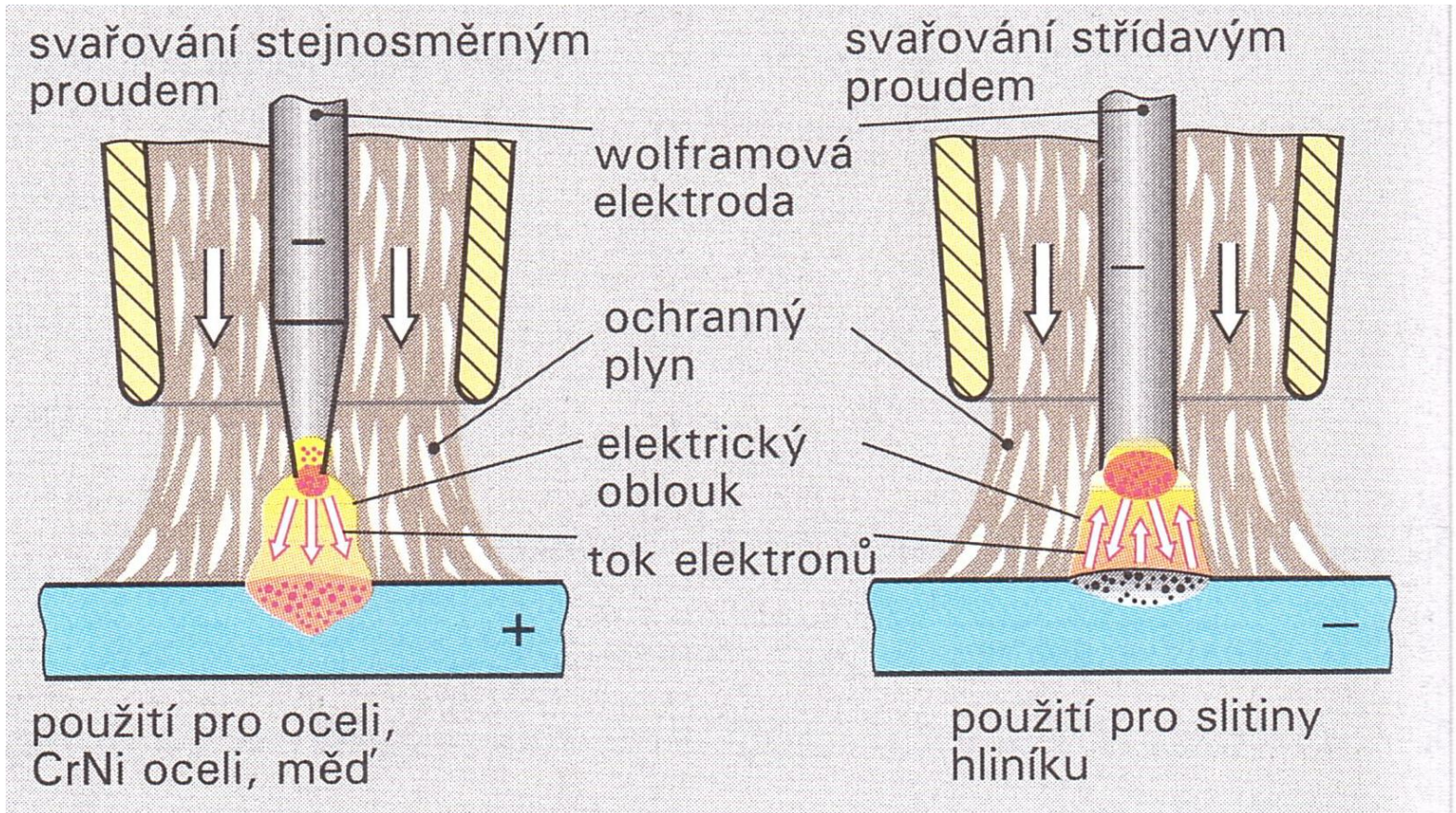
Zařízení pro svařování plamenem



Svařování kovů elektrickým obloukem

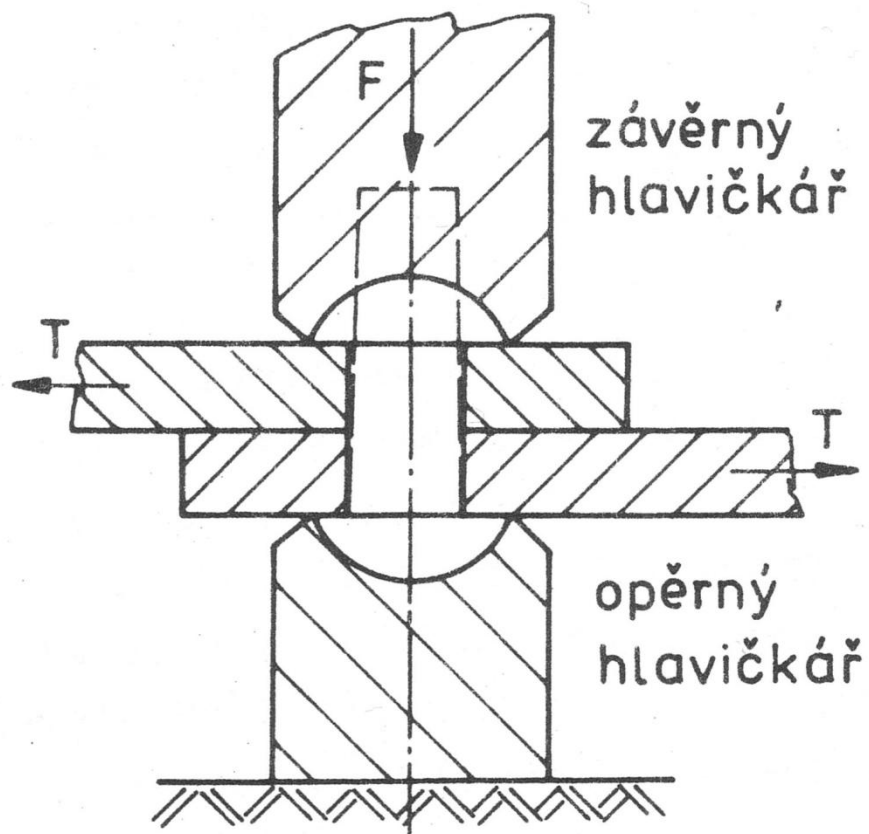


Svařování v ochranných atmosférách

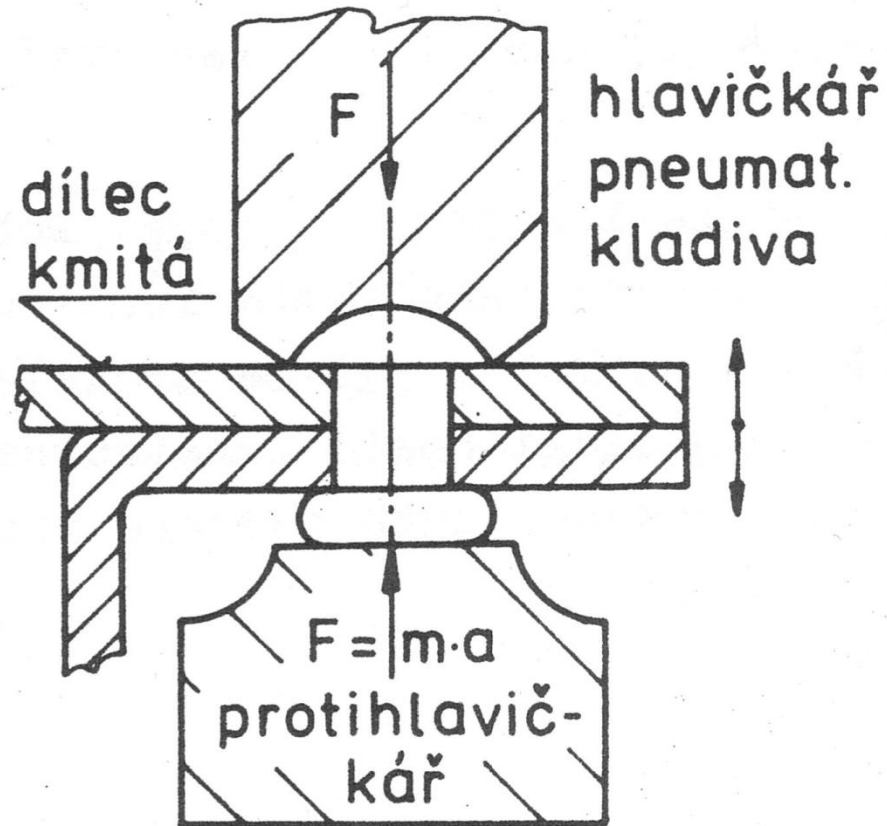


Nýtování

PŘÍMÉ NÝTOVÁNÍ

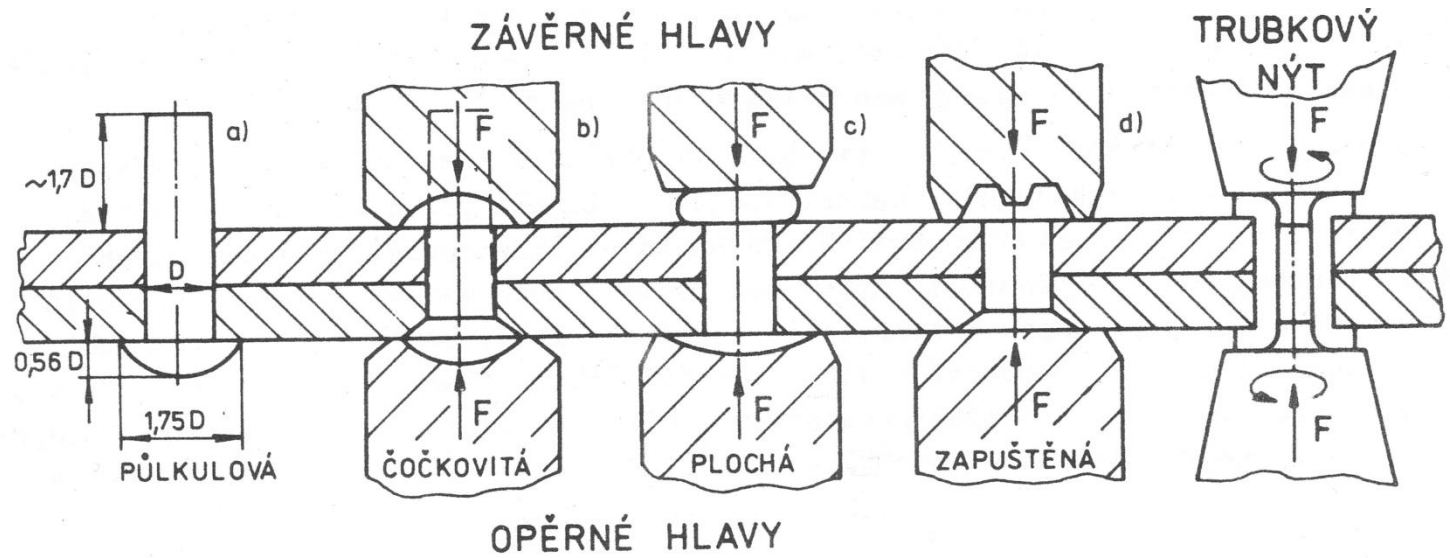


NEPŘÍMÉ NÝTOVÁNÍ



- Přímé nýtování – vhodné pro tlustší plechy, se opěrná hlava nýtu podepře hlavičkářem, který musí být pevně uchycen na vhodné podpěře, např. panence. Údery kladiva se nejprve napěchuje dřík nýtu tak, že řádně vyplní otvor. Poté se začne vytvářet závěrná hlava, jejíž tvar je totožný s tvarem dutiny v hlavičkáři. Přímé nýtování je spojeno s nebezpečím, že hlavičkář sklouzne a poškodí dílec a kromě toho upevnění podpěrného hlavičkáře je pracné a zpomaluje práci.
- Nepřímé nýtování se používá u tenkostěnných dílců. Dostatečně hmotnou podpěrkou (protihlavičkářem) se podloží volný konec dříku. Pneumatickým nebo elektrickým kladivem o malém zdvihu a vyšším počtem rázů za minutu (600 až 3000) se hlavičkářem, přiloženým na opěrnou hlavu nýtu, rozkmitá spojovaný dílec. Závěrná hlava se vytváří reakcí protihlavičkáře.

Tvary nýtů



Materiál nýtů

- Ocelové nýty,
- Nýty ze slitin hliníku,
- Měděné a mosazné nýty,
- Nýty z termoplastických hmot.

Princip lepení

Definice: **Lepení** je proces spojování materiálů (adherendů), při kterém se dosahuje (nerozebíratelné) spojení stejných, popřípadě rozdílných materiálů, prostřednictvím lepidel (adheziv).

Tj. spojení dvou různých ploch prostřednictvím lepidla, které má dobrou přilnavost k oběma plochám.

Lepidlo: Látka schopná vytvořit pevné a trvalé spojení mezi dvěma materiály. Každé lepidlo je v okamžiku lepení v kapalném stavu, protože jedině tak může zajistit dokonalé přilnutí k povrchům lepeného materiálu.

Historie lepení

- 1814 – první patent na výrobu lepidla (USA),
- 1845 – 1846 – objev nitrace celulosy,
- 1930 – lepidla na bázi močoviny a fenolických pryskyřic (nejprve lepeny pouze materiály, které byly schopny lepidlo vsáknout – dřevo, papír, kůže atd.).

- Dále byl pro vývoj lepení důležitý objev některých polymerů, kterých bylo k lepení použito až později:
 - 1931 – polychloropren,
 - 1935 – výroba butadienu,
 - 1937 – polyisobutylem a butylkaučuk, polyuretany z disokyanátů a vícemocných alkoholů,
 - 1939 – epoxydy,
 - 1940 – nenasycené polyestery.

Historie lepení

- 1943 – objev fenolfomaldehydové pryskyřice – Velká Británie, Významný mezník v historii lepení.
Sériová **výroba letadel** (lepení duralu s překližkou).

Od té doby se vůdčím oborem lepených spojů stává letectví (a zůstává jím až do současnosti).

Další využití lepených spojů:

- Automobilový průmysl,
- Stavba lodí,
- Strojírenství,
- Stavebnictví,
- Měřicí a regulační technika,
- Elektronika.

Výhody lepení

- Ve srovnání s klasickými spoji – zvýšení celkové pevnosti vhodně konstruovaného spoje.
- Při namáhání spoje je pnutí rozděleno na celou lepenou plochu.
- Lze spojovat rozdílné materiály (bez ohledu na tloušťku).
- není narušena celistvost spojovaných dílů.
- Lepené spoje současně utěsňují spojované díly proti plynům a kapalinám (není nutné dodatečné těsnění).
- Těsnící účinek lepidla chrání spoj i před korozí.
- Tepelná i zvuková izolace.
- Lepený spoj tlumí vibrace v konstrukci a zvyšuje tuhost i pevnost.
- Spoj výrazně nezvýší hmotnost.
- Možnost spojení velkých ploch.
- Vzhled spojovaného místa je lepší (hladké vnější plochy).

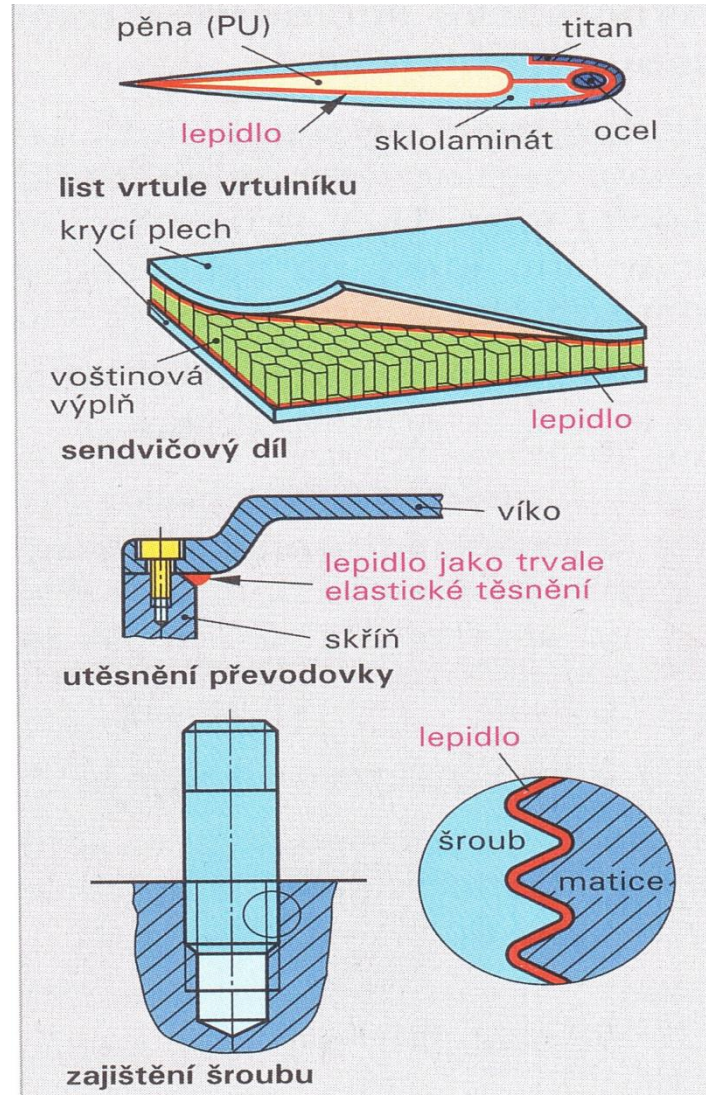
Nevýhody lepení

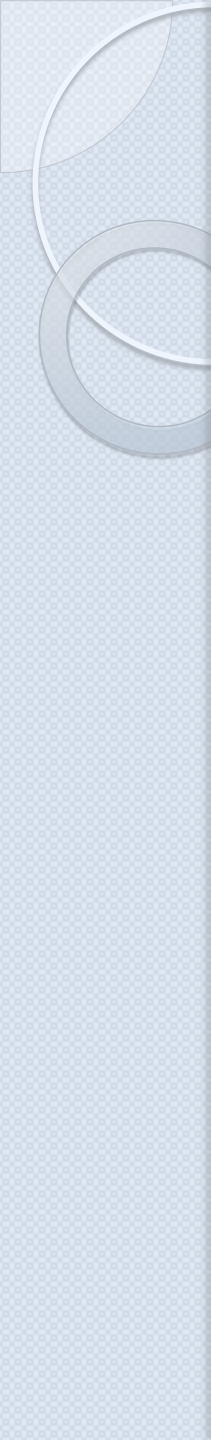
- Vysoké požadavky na rovinost a především čistotu lepených dílců.
- Nutné speciální úpravy povrchu lepených dílců se špatnými adhezními vlastnostmi.
- Citlivost vůči namáhání v odlupování (malá únavová pevnost).
- Náročnější na vybavení pracoviště pro průmyslové lepení.
- Omezené použití lepených spojů při zvýšených pracovních teplotách.
- Někdy dlouhé a komplikované vytvrzování.

Ekonomické přednosti lepení

- Nasazením lepidel dochází k úsporám především díky jednodušším konstrukcím;
- Stačí méně kvalitní povrch a hrubší lícování;
- Jednodušší montáž.

Lepený spoj



- 
- Lepidlo vytváří spojovací můstek mezi povrchy obrobků.
 - Lepené součástky mohou být jak ze stejného, tak z rozdílných materiálů.
 - *Pro úspěšné použití lepicí techniky jsou důležité znalosti o funkci lepených spojů, protože nejčastější příčinou selhání lepeného spoje často není příliš nízká pevnost lepidla, ale spíše nedostatečná příprava lepených povrchů nebo nedostatečná péče při výběru nejvhodnějšího druhu lepidla.*

Pevnost lepeného spoje závisí:

1. Na přilnavosti lepidla k lepenému povrchu (adheze).
2. Na soudržnosti hmoty lepidla, neboli vnitřní pevnosti lepidla (koheze – pevnosti lepidla).
3. Na smářivosti lepeného povrchu kapalným lepidlem.
4. Na pevnosti (soudržnosti) lepeného materiálu.

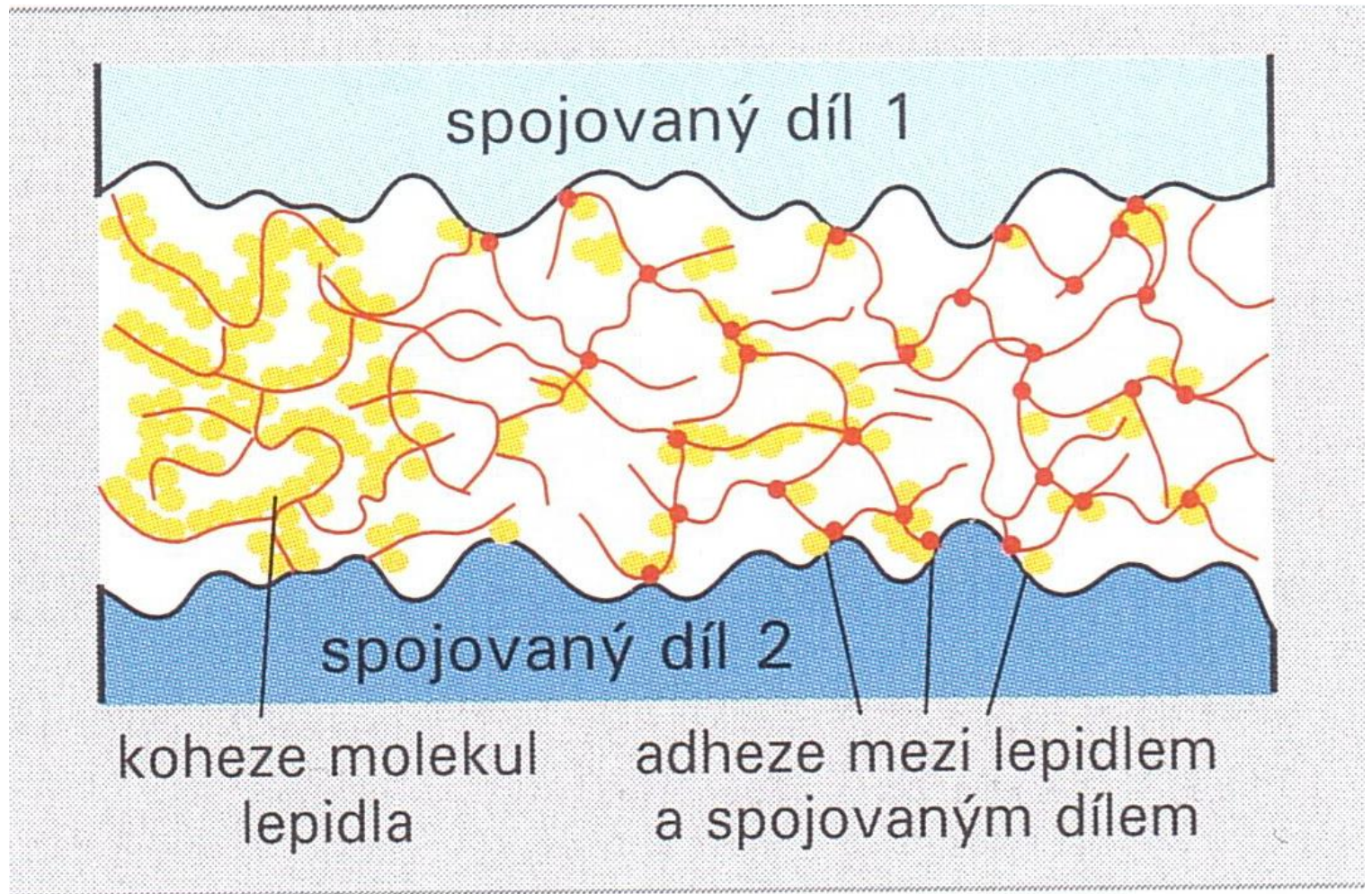
- Adheze – síla přilnavosti. Dostatečná adheze je základní předpoklad úspěšného lepení.
 - Jestliže lepidlo není schopno dostatečně pevně přilnout k materiálu, spoj neudrží a dochází k rozlepení na rozhraní lepidlo – lepený materiál.
 - **Adheze** souvisí s molekulovou strukturou lepidla a je výsledkem působení fyzikálních sil, mezimolekulárních a chemických vazeb. Pro vysvětlení vzniku adhezních sil existují dva teoretické modely vazby mezi lepidlem a lepeným povrchem (**mechanická vazba** – uplatňuje se pouze u členitých nebo porézních povrchů. Lepidlo zatéká při lepení do pórů a prohlubní a po jeho ztuhnutí se vytvoří pevný zámek mezi hmotou lepidla a lepeného materiálu. Např. dřevo, papír, keramika, pěnové plasty. Při lepení leštěných hladkých ploch je mechanická vazba zanedbatelná; **chemická vazba** – uplatňuje se u porézních i zcela hladkých povrchů. Teorie založená na působení van der Waalsových elektrických přitažlivých sil mezi molekulami lepidla a lepeného materiálu – zejména na přímém chemickém působení lepidla. Dobře se lepí materiály, které mají „reaktivní povrch“ nebo chemicky upravený tak, aby mohla proběhnout chemická reakce. Např. oxidované povrchy kovů a plastů, povrchy přírodních polymerů, s volnými chemickými skupinami – oxy-, hydroxy- karbonyl-, karboxymethy.-, amino-;)

- **Smáčivost** – jestliže lepidlo není schopno se rovnoměrně rozprostřít po lepeném povrchu, žádná adhezní vazba nevznikne; smáčivost souvisí s „polaritou“ lepeného povrchu a s „povrchovým napětím“ lepidla a povrchu;
- Protože lepidla obsahují spoustu reakce schopných chemických skupin, jsou molekuly lepidla jednostranně elektricky orientovány tj. jsou polární.
- Dobře se smáčí polární povrchy tj. dochází k podobné přitažlivosti jako mezi severním a jižním pólem magnetů;
- Polarita povrchu látek je příčinou vzniku tzv. povrchové energie, která se vyjadřuje veličinou – povrchové napětí.
- Lepidlo může smáčet pevný povrch látky jen tehdy, když jeho povrchová energie je stejná, lépe však menší než je kritická povrchová energie lepené látky.

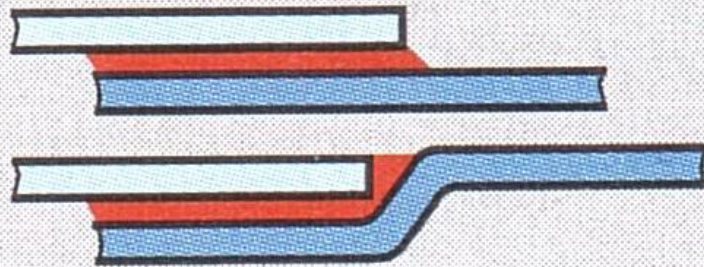
- **Koheze** – vlastní pevnost vrstvy lepidla (soudržnost) – tzv. „vnitřní adheze.
- Charakterizuje stav látky, ve které drží její částice působením mezimolekulárních a valenčních sil pohromadě.
- Velikost koheze udává tzv. kohezní energie, což je velikost energie potřebná k odtržení jedné částičky od ostatních.
- Jestliže se lepený spoj roztrhne ve vrstvě lepidla, znamená to, že adheze i pevnost lepeného materiálu je vyšší než koheze.

- Kohezní pevnost závisí na charakteru lepidla:
 - Měkké akryláty mají malou kohezi,
 - Dvousložkové epoxidy mají vysokou kohezi;
- Tepelné namáhání lepeného spoje – většina jednosložkových lepidel jsou termoplasty tj. měknou při zvýšení teploty.

Síly u lepených spojů



Provedení lepených spojů

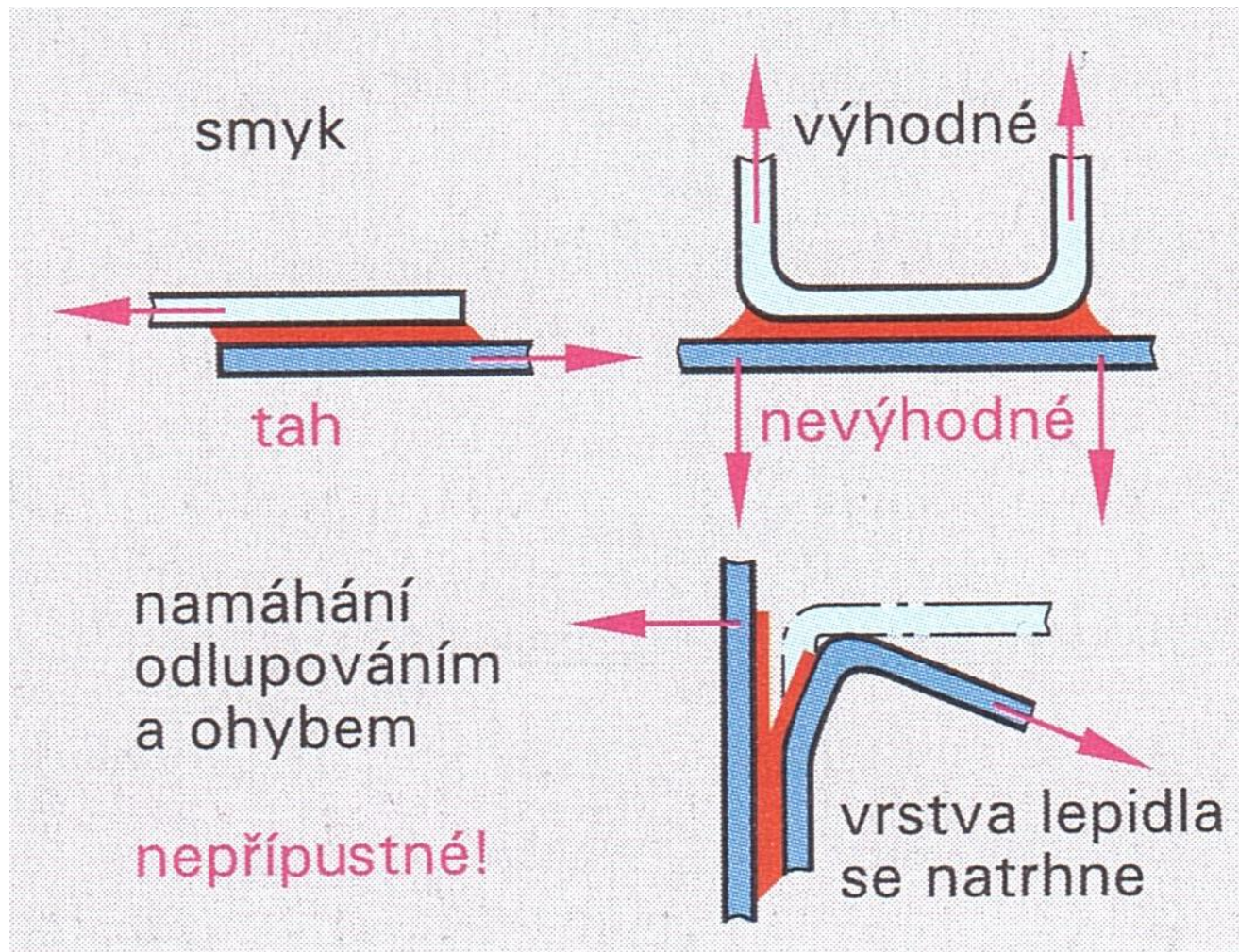


přeplátování



styčnickový spoj

Namáhání lepených spojů



Druhy lepidel

- Tavná lepidla – tuhnou čistě fyzikálně ochlazením;
- Lepidla na bázi rozpouštědel – vytvrzují odpařením rozpouštědla;
- Reaktivní lepidla jsou nejčastěji používána pro kovy, vytvrzují chemickou reakcí;
- **Zpracování lepidla** – dvousložková lepidla se musejí před nanesením smíchat v potřebném množství a ve správném poměru mísení. Doba jejich zpracovatelnosti je omezená. Nanášejí se stříkací pistolí, štětcem či stěrkou nebo položením lepicí fólie;
- **Vytvrzování** – spojované součásti se musí zajistit proti posunutí, u některých lepidel navíc stlačit. Doba a teplota vytvrzení se řídí podle druhu lepidla a uvádí je výrobce.

- Vytvrzování

- Anaerobní lepidla – jednosložková a vytvrzují při pokojové teplotě (kov s kovem);
- Lepidla vytvrzující UV – zářením; rychlost vytvrzení závisí na intenzitě ozáření a na vlnové délce UV světla; (hloubkové vytvrzování, povrchové, sekundární);
- Lepidla vytvrzující vzdušnou vlhkostí (kyanokryláty); především pro spojování plastů nebo kovů s plasty;
- Lepidla vytvrzující aktivátory; tzv. modifikovaná akrylová lepidla; vytvrzují při pokojové teplotě pomocí aktivátoru – aktivátor a lepidlo se nanášejí na spojované plochy odděleně; možnost lepení téměř všech materiálů;

- **Příprava povrchů – mechanická příprava** (otryskávání jemným pískem nebo broušením brusným plátnem), odmaštění (parami, odmašťováním ponorem nebo otřením čistým hadrem napuštěným rozpouštědlem). **Chemická příprava** – povrch je čištěn i zdrsňen.

Konstrukční lepené spoje

- Lepené spoje jsou charakteristické velmi dobrou pevností ve smyku (pevnost v tahu je již výrazně nižší). Nejhorší je pevnost spoje při odlupování.
- V mnoha případech jsou lepené spoje kombinované s bodovým svařováním.
- Lepené spoje se v automobilovém průmyslu uplatňují stále větší měrou. Lepení zastává buď funkci doplňkovou a těsnící nebo bůže, ve specifických případech celkově nahradit obvyklé technologie spojování (pevnostní spoje).

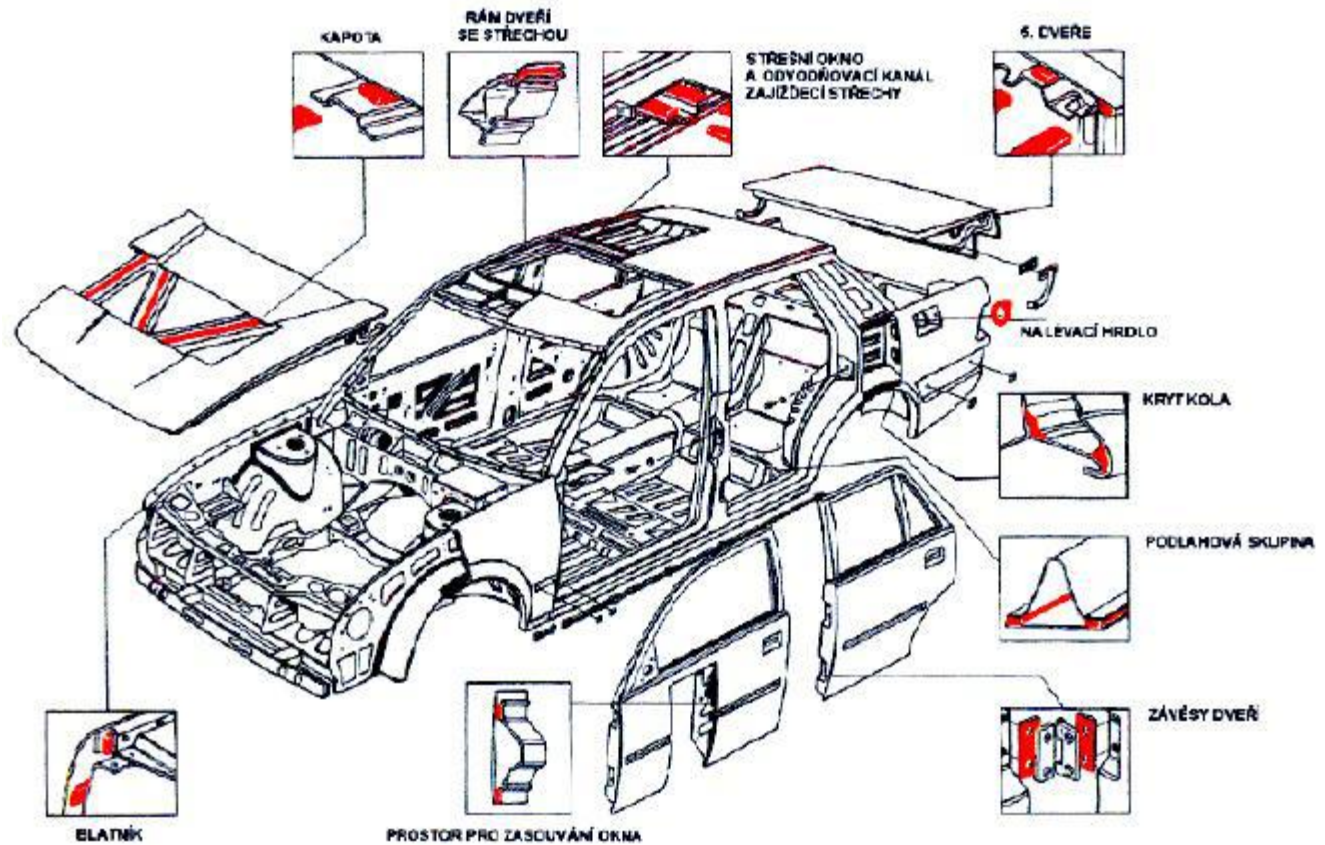
Použití lepidel ve stavbě karoserií

- Aplikace lepidel a tmelů za účelem těsnění – těsnění lemů a dalších dílů karosérie, těsnění oken, zvuková izolace dveří.
- Nízkopevnostní lepené spoje – spoj hrdla palivové nádrže se zadní postranicí a rámem dveří, lepené výztuhy povrchových plechů, lepení střechy a výztuh střechy.
- Pevnostní lepené spoje – lemy všech dveří, lemy kapoty.

Výhody při lepení karosérií


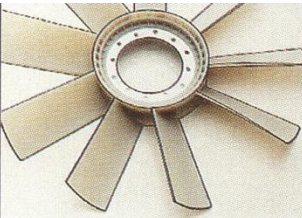
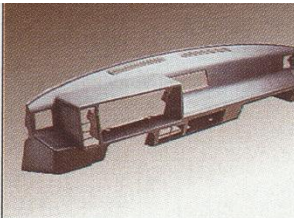
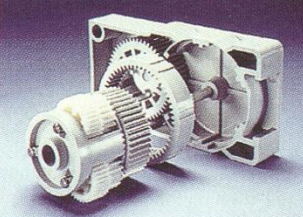


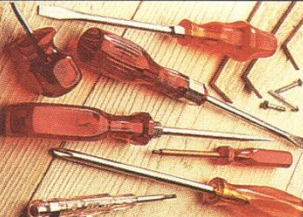
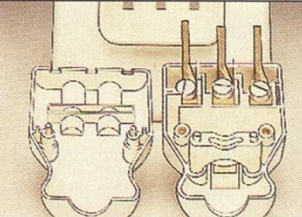

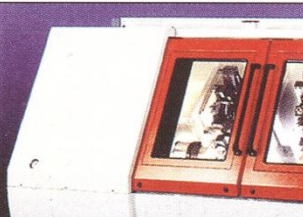

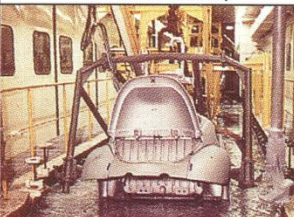
- Úspora hmotnosti snížením tloušťky plechu v důsledku využití plošších a tím zlepšených materiálů;
- Umožnění nových montážních postupů;
- Ochrana proti korozi a tlumení spojovací vrstvou;
- Žádné poškození ochranné zinkové vrstvy plechů;
- Plošné uchycení plechů zajišťuje karosérii větší pevnost a tuhost;
- Povrch spojovaných míst je zcela hladký;
- Spoje jsou těsné, není třeba dodatečně utěšňovat;
- Vrstva lepidla je elektroizolant, při styku různých kovů nemůže dojít k elektrolytické korozi.

Použití lepidel ve stavbě karosérie



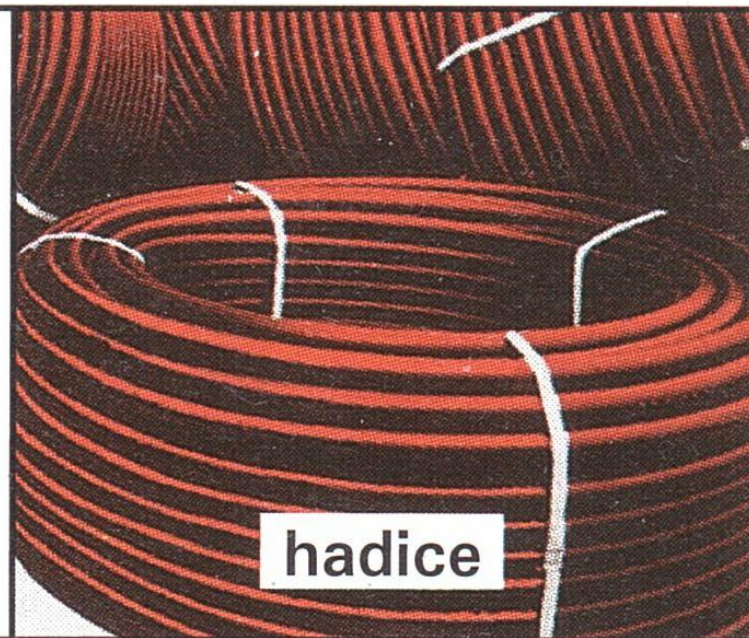
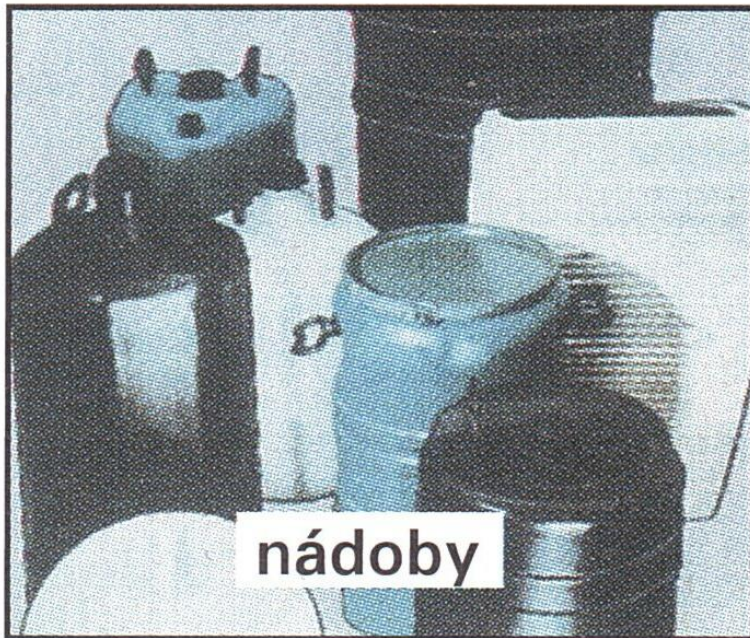
Zpracování plastických hmot

- Pojem plastická hmota;
- Charakteristické vlastnosti plastických hmot:
 - Nízká hustota,
 - Různé mechanické vlastnosti,
 - Elektroizolační vlastnosti,
 - Tepelná izolace,
 - Odolnost proti korozi a chemikáliím,
 - Dobrá tvářitelnost a obrobitelnost,
 - Možnost barvení,
 - Hladký, dekorativní povrch;
- Rozdělení plastických hmot:
 - Termoplasty – za tepla tvářitelné a svařitelné;
 - Reaktoplasty – po vytvrzení nejsou reaktoplasty tvářitelné zatepla ani svařitelné;
 - Elastomery – guma;

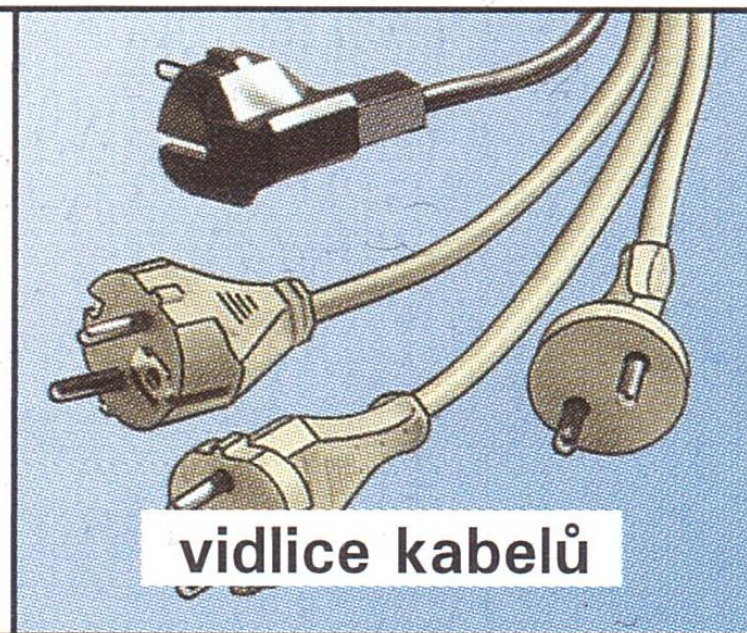
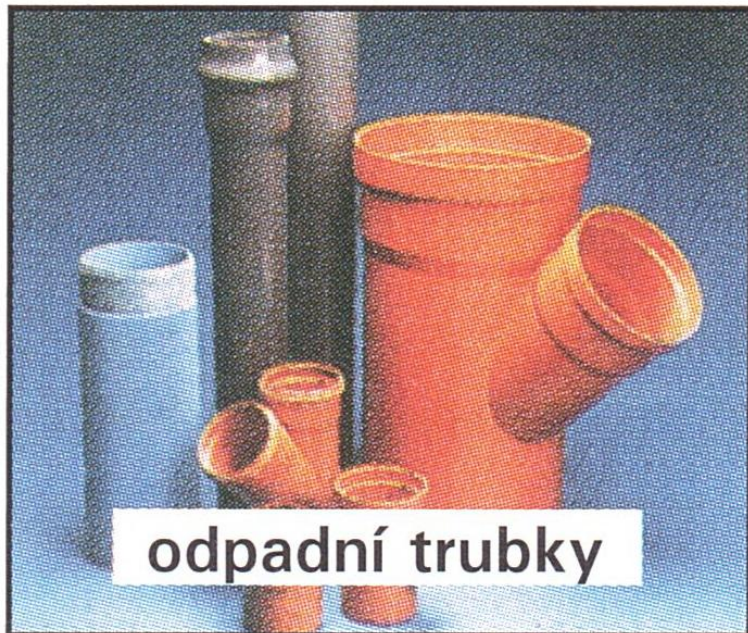
<p>nádoby díly automobilů díly letadel</p>	 <p>nádoby, kanystry</p>	 <p>lopatková kola ventilátorů</p>	 <p>přístrojové desky</p>
<p>části strojů pryžové elastické konstrukční díly kryty strojů</p>	 <p>části převodovek</p>	 <p>pneumatiky automobilů</p>	 <p>součásti nářadí</p>
<p>rukojeti nástrojů elektrické konstrukční součásti tepelně izolační materiály</p>	 <p>rukojeti nástrojů</p>	 <p>elektroizolační díly</p>	 <p>izolační desky</p>
<p>nádoby na chemikálie trubky armatury povlaky</p>	 <p>kryty stroje</p>	 <p>vložky trubek</p>	 <p>povlaky</p>

Termoplasty

Typické použití PE



Typické použití PVC



Typické použití PS



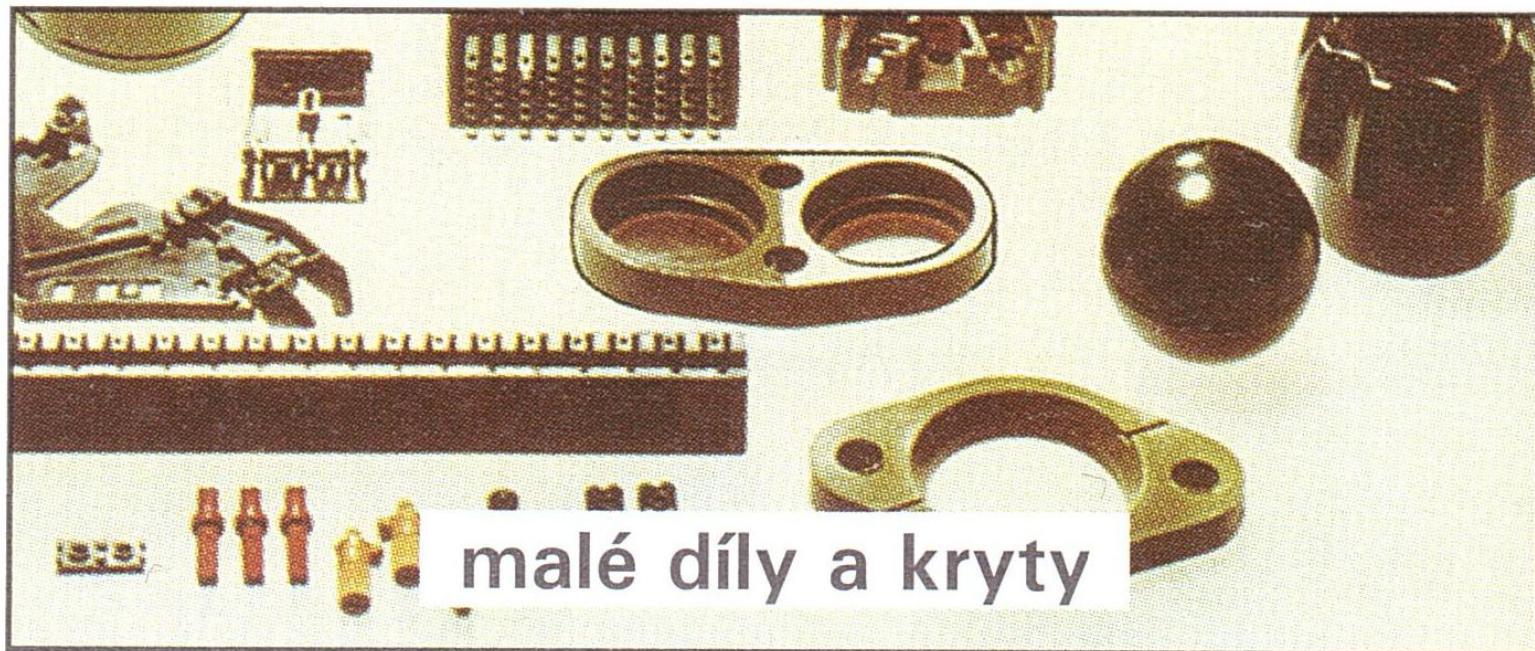
pracovní přilby



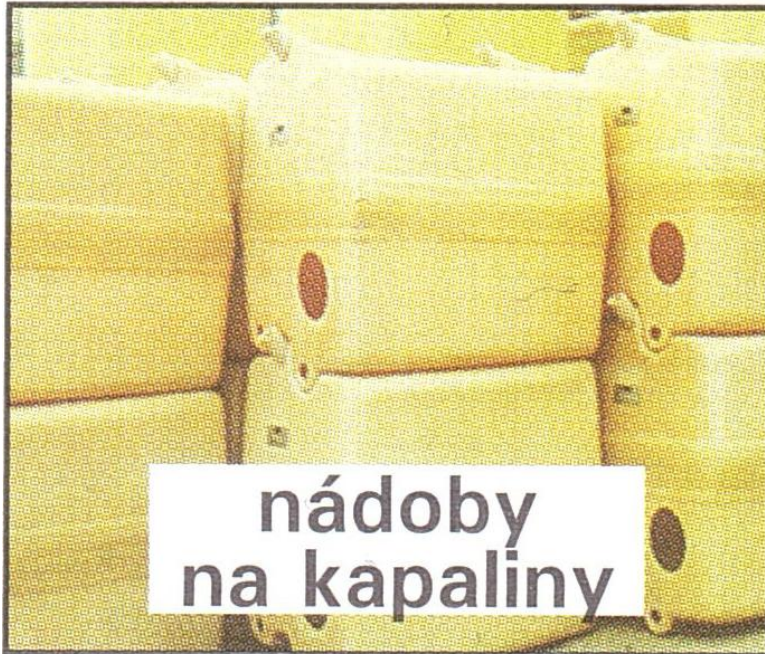
izolační desky

Reaktoplasty

Typické použití PE, MF, UF



Typické použití UP

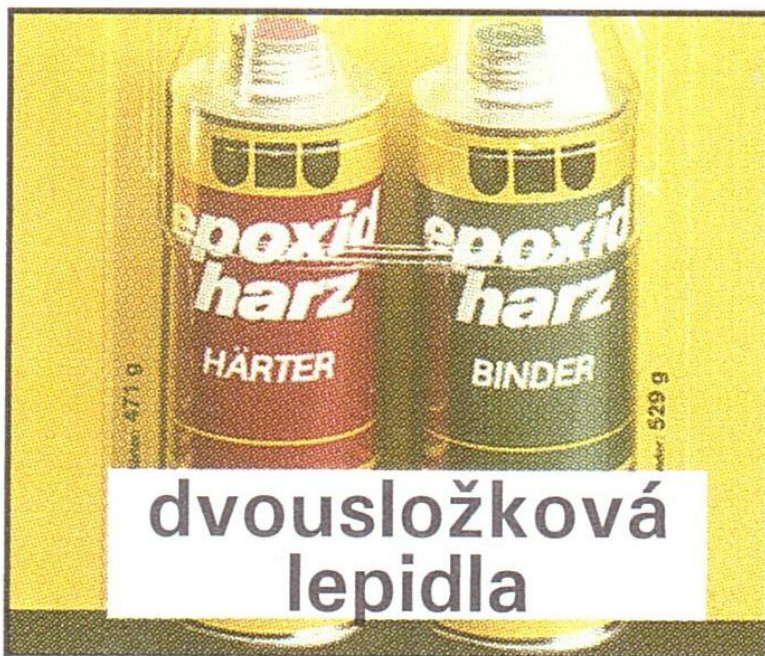


nádoby
na kapaliny



nárazníky
automobilů

Typické použití EP

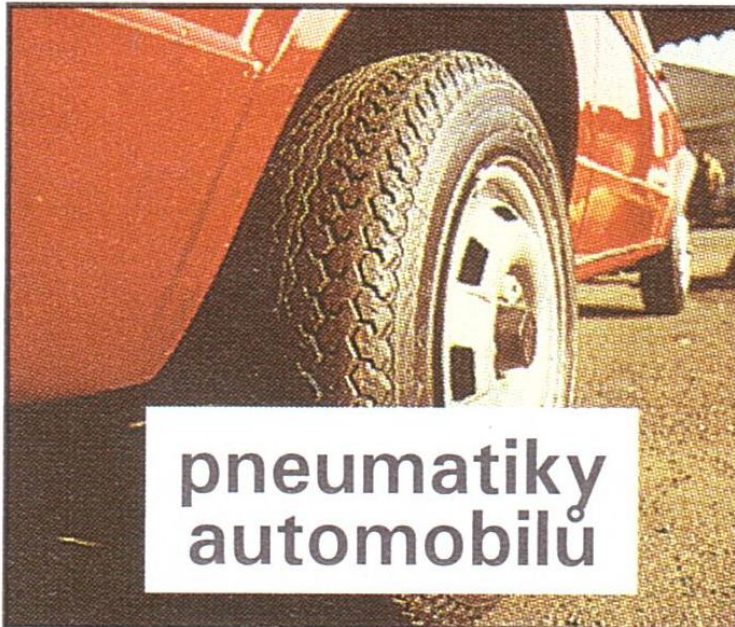


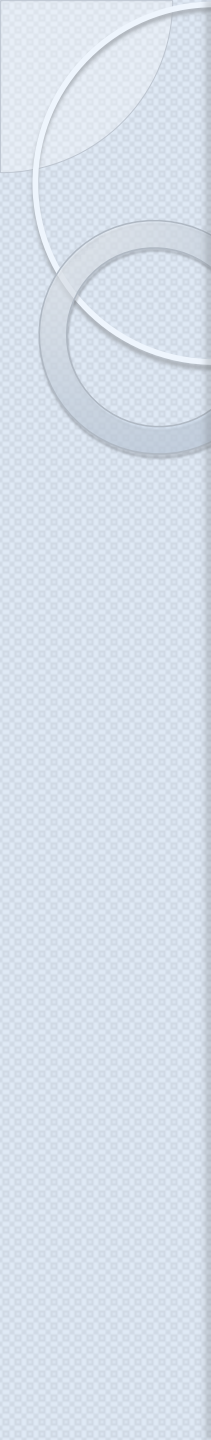
Typické použití silikonů



Elastomery

Typické použití elastomerů



- 
- Úprava plastických hmot před zpracováním;
 - Zpracování plastických hmot;
 - V tekutém stavu;
 - Tváření;
 - Spojování;
 - Povrchové úpravy;

Elektronické odkazy

- <https://www.youtube.com/watch?v=qgOgFqYu3IM>
- http://www.objet.cz/ppc/rapid-prototyping?utm_source=adwords&utm_medium=ppctext&utm_campaign=prototyping
- http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/video/video.htm

Odborná literatura:

Fischer, U. a kol. *Základy strojnictví*. Praha: Europa-Sobotáles cz, 2004. 296 s. ISBN 80-86706-09-5.

Píška, M. *Speciální technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009. 247 s. ISBN 978-80-214-4025-8.