

Pájení kovů



doc. Ing. Jaromír MORAVEC, Ph.D.

Ing. Martin Švec, Ph.D.

Ing. Šárka Bukovská

Popis a rozdělení pájení

Pájení je metalurgický proces při vyhotovení nerozebíratelného spojení nebo nanášení kovových povrchů dílů pomocí roztavené pájky, přičemž pájené plochy **nejsou natavené, ale pouze smáčené pájkou**. Ve většině případů nastává i difuze a rozpouštění stykové plochy základního materiálu v roztavené pájce.

- Přídavným materiálem **pájkou** se spojují stejné i rozdílné kovové materiály. Lze ale spojovat také nekovové materiály, případně také kovy s nekovy.

- Při pájení nedochází k natavení spojovaných materiálů, ale ohřívají se pouze na teploty asi o 50°C vyšší než je likvidus použité pájky. Ohřívá se buď jenom pájené místo, nebo celá součást. Spojení nastává v důsledku vzájemné difúze a rozpustnosti pájky a základních materiálů.

- Používá se v kusové i hromadné výrobě, při montážích a opravárenství, ale i při běžné výrobě (např. pájené výměníky).

Podle teploty je pájení děleno na:

- Měkké pájení** – pájení s použitím tavidla a pájky s nižší teplotou likvidu než 450 °C.

- Tvrdé pájení** – pájení obvykle s použitím tavidla a s pájkou, která má teplotu likvidu nad 450 °C;

- Vysokoteplotní pájení** – tvrdé pájení bez tavidla v ochranné atmosféře nebo ve vakuu a pájkou s teplotou likvidu nad 950 °C;

Stejným způsobem jsou děleny i pájky a tavidla.

Fyzikální podstata pájení

Protože spojované hrany nejsou nataveny, ale pouze smáčeny, první podmínkou je **dobrá smáčitelnost spojovaného materiálu roztavenou pájkou**. Povrchové atomy základního materiálu a tekuté pájky se přitom dostanou na tak malé vzdálenosti, že začnou působit **adhezní** a **kohezní** síly. Přitom zpravidla dochází i ke **vzájemnému rozpouštění a difúzi některých prvků spojovaných materiálů**. Vlivem kapilárního tlaku (který se výrazně projevuje u mezer menších než 0,5 mm) nastává tečení pájky v mezeře spoje všemi směry.

Velmi důležité jsou proto i fyzikální vlastnosti pájky, nebo vazby pájka-základní materiál.

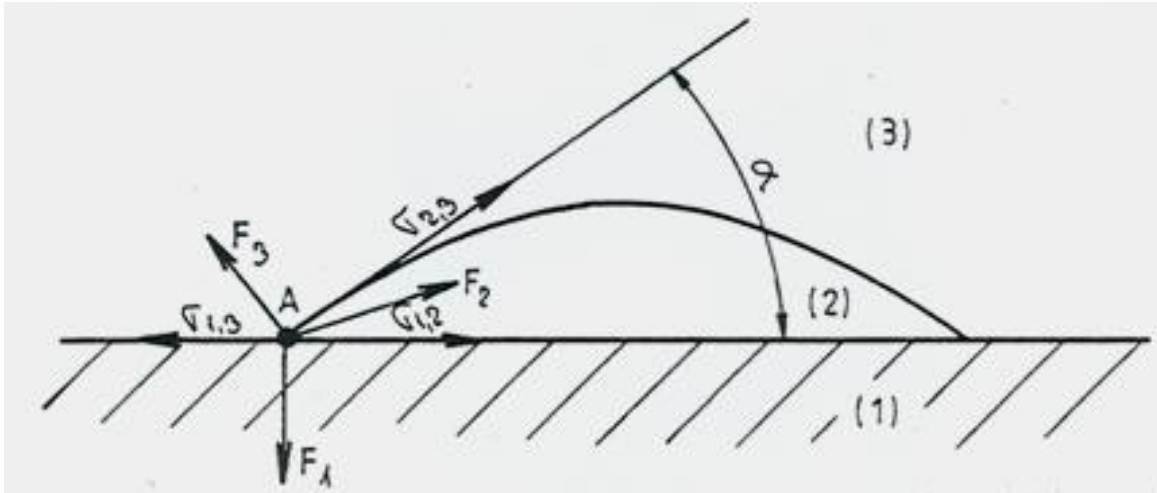
- T_m pájky musí být menší než T_m spojovaných materiálů.
- Interval tavení by měl být úzký (nejlépe eutektické složení pájky), jinak dochází k **likvací** (vznik dvou separátních kapalných fází), vzniká skořepina s vyšší T_m , která není dostatečně tekutá a nezaplní mezeru pájeného spoje.
- Musí mít dobré pájecí vlastnosti (smáčivost, roztékavost, kapilarita).
- Prvky obsažené v pájce nesmí se ZM vytvářet intermetalika.
- Z důvodu koroze by pájka měla obsahovat prvky s malým rozdílem elektrochemického potenciálu ve styku s použitým ZM.

Fyzikální podstata pájení

- Povrchové napětí – ovlivňující smáčivost a roztékavost pájky na povrchu základního materiálu, i kapilární vzlínavost pájky v mezeře. Závisí na struktuře roztavených kovů. Obecně se dá říci, že povrchové napětí pájky klesá s rostoucí teplotou (kromě Cu, tam je to naopak). Dále závisí na složení tavidla, aktivních prvcích v pájce, typu redukční atmosféry případně hodnotě vakua.
- Smáčivost je definována jako *schopnost tekuté pájky (tavidla) přilnout k čistému povrchu spojovaného materiálu při pracovní teplotě.*
- Roztékavost je pak *schopnost tekuté pájky (tavidla) roztéci se při pracovní teplotě po vodorovném povrchu materiálu.*
- **Při smáčení nabude kapka pájky takového rozměru, při kterém je povrchová energie systému minimální. Smáčivost je definována úhlem α .**

Fyzikální podstata pájení - smáčivost

Při smáčení nabude kapka pájky takového rozměru, při kterém je povrchová energie systému minimální. Smáčivost je definována úhlem α .



- (1) – základní materiál
- (2) – pájka
- (3) – okolní atmosféra
- F_1 – adhezní síly
- F_2 – kohezní síly
- F_3 – přitažlivé síly plynného prostředí

Adheze (přilnavost) - schopnost přenosu tečných sil ve styku dvou povrchů.

Koheze (soudržnost) – schopnost udržet částice pohromadě.

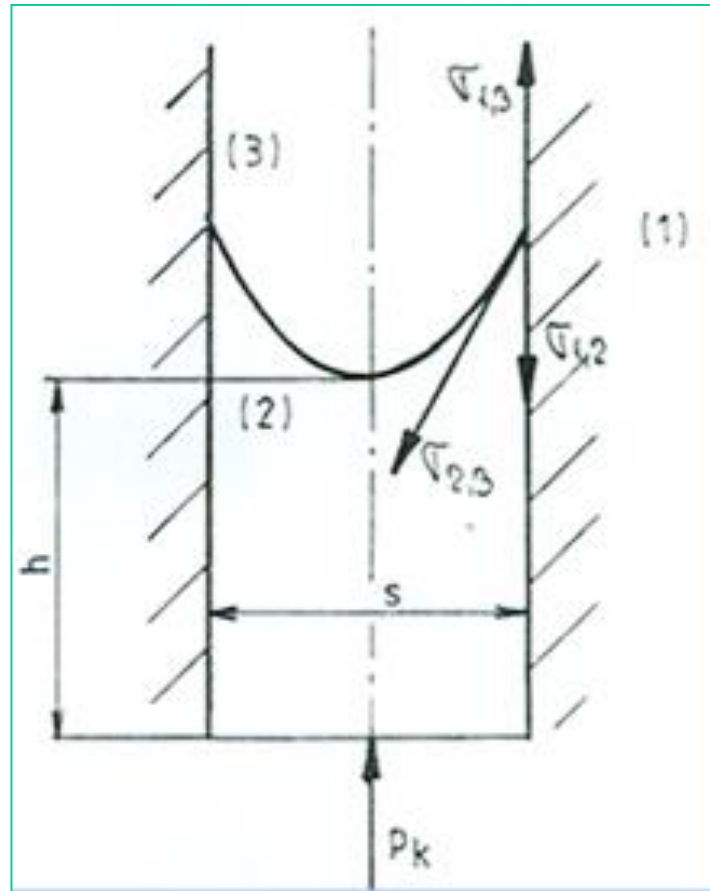
Mírou smáčivosti je stykový úhel α , který svírá tečna povrchu pájky v místě styku se základním materiálem. Podle velikosti tohoto úhlu je normou ČSN 42 1315 provedena klasifikace smáčivosti pájek do pěti tříd:

- | | |
|---------------------------------------|----------------------|
| 1) $\alpha = 0^\circ$ až 15° | - smáčivost dokonalá |
| 2) $\alpha = 16^\circ$ až 75° | - smáčivost dobrá |
| 3) $\alpha = 76^\circ$ až 90° | - pájka smáčivá |
| 4) $\alpha = 91^\circ$ až 179° | - smáčivost špatná |
| 5) $\alpha = 180^\circ$ | - pájka nesmáčivá |

Fyzikální podstata pájení - kapilarita

Kapilarita (vzlínavost) - schopnost látek vést kapalinu proti směru gravitačních sil a to působením sil kapilárních.

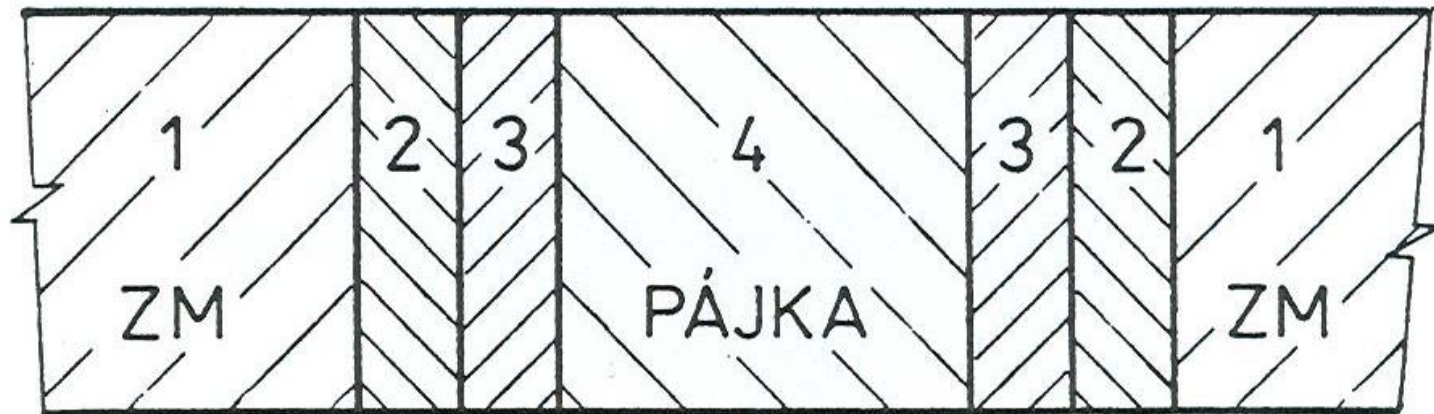
Z hlediska pájení lze kapilaritu definovat jako schopnost roztavené pájky při pájecí teplotě vyplnit určenou mezeru spoje působením kapilárních sil.



Charakter pájeného spoje

V pájených spojích vznikají přechodové oblasti, které mají odlišné chemické, fyzikální a mechanické vlastnosti než spojované materiály. Ovlivněné oblasti vznikají i v pájce.

V oblasti pájeného spoje probíhají metalurgické procesy, které mají zásadní vliv na kvalitu spoje (reakce mezi pájkou a základním materiálem, částečné rozpouštění základního materiálu v roztavené pájce, možnost vzniku intermetalických fází, difúzní procesy).



- 1 – základní materiál,
- 2 – přechodová ovlivněná oblast základního materiálu
- 3 – přechodová ovlivněná oblast pájky
- 4 – pájka

Pájky

Pájkami mohou být čisté kovy nebo slitiny. Jejich volba se řídí následujícími hledisky:

- 1) **Požadované vlastnosti spoje** – tedy pevnost, tepelná nebo elektrická vodivost, odolnost proti korozi, těsnost, stálost za vyšších teplot, nezávadnost.
- 2) **Pracovní teplota** – musí být nižší než teplota tavení pájených materiálů, ale jen tak vysoká, aby se nedegradovaly vlastnosti spojovaných materiálů.
- 3) **Způsob pájení** – je dán druhem pájky, technologickým postupem a použitým zdrojem (pájedlo, plamen, ponořením, v peci, elektrickým odporem atd.).
- 4) **Náklady na pájení** – jsou souhrnem nákladů na pájku, tavidlo, mzdy, energii.

Měkké pájky (do 450°C) s pevnostmi okolo 80 MPa obsahující Sn, Pb, Zn, Cd. Patří sem především cínové pájky s obsahem Sn v rozmezí 4 až 90% a speciální pájky s přísadou prvků jako je Ag, Cu, Bi atd.

Tvrdé pájky (nad 450°C) s pevnostmi dosahujícími až 400 Mpa. Pracovní teploty takových pájek se obvykle pohybují mezi 600 až 900 °C a obsahují zpravidla Cu, Ni, Ag a Au. Mezi nejoblíbenější patří pájky na bázi mědi, pájky mosazné a pájky stříbrné obsahující nejméně 8% Ag.

Tavidla

Tavidla musí v maximální míře podporovat smáčení základního materiálu pájkou. Má před pájením převést kysličníky z povrchu kovu do strusky a chránit pájený povrch i pájku před oxidací.

Musí mít nižší teplotu tavení než pájka (o 50 až 150°C), nesmí se příliš odpařovat, musí dobře zatékat do spár a následně se musí nechat vypudit pájkou. Po ztuhnutí nesmí působit korozivně, případně se musí dát snadno odstranit.

Tavidla pro měkká pájení jsou složena z organických a anorganických látek. Hlavními anorganickými složkami jsou chlorid zinečnatý, chlorid amonný, chlorid měďný, kyselina solná. Hlavní organickou složkou je kalafuna.

Tavidla pro tvrdé pájení používá boraxu, nebo směsi boraxu a kyseliny borité. Dalšími složkami zvyšujícími účinnost jsou kyselina fosforečná, uhličitany, křemičitany, halogenidy, chloridy a fluoridy.

Konstrukce a příprava pájených spojů

Konstrukce spoje závisí na účelu spoje, na tvaru a rozměrech pájených součástí a na způsobu pájení. Musí umožnit dokonalé vyplnění mezery pájkou.

