

Petr Briš, Jiří Kuběna, Jan Štrkaň



LEPENÍ V PRAXI



- Historie lepení
- Lepení podle typů adhezendů
- Přehled lepidel
- Použití běžných typů lepidel



Lepení v praxi



Petr Briš, Jiří Kuběna, Jan Štrkaň

Grada Publishing

Publikaci podpořili:

Herkules[®]

Petr Briš, Jiří Kuběna, Jan Štrkaň

Lepení v praxi

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

obchod@grada.cz, www.grada.cz

tel.: +420 234 264 401, fax: +420 234 264 400

jako svou 6706. publikaci

Odpovědný redaktor Petr Somogyi

Grafická úprava a sazba Jakub Náprstek

Počet stran 144

První vydání, Praha 2017

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a. s.

© Grada Publishing, a.s., 2017

Cover & Layout Design © Jakub Náprstek, 2017

Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude trestně stíháno.

ISBN 978-80-271-9260-1 (ePub)

ISBN 978-80-271-9259-5 (pdf)

ISBN 978-80-271-0247-1 (print)

Obsah

Úvod	7
1 Z historie lepicích procesů	8
1.1 Lepidla dobývají svět: od sekery z kamene k vesmírnému raketoplánu	8
1.2 Ůtzi měl šípy z březové smůly	8
1.3 Řekové používali rybí kliš	9
1.4 Inovativní století	10
2 Výhody a nevýhody technologie lepení	11
3 Lepidla a jejich rozdělení	12
3.1 Specifikace podle chemické struktury	12
3.2 Specifikace podle fyzikální podstaty	16
3.3 Specifikace podle počtu složek	16
4 Lepený spoj	20
4.1 Plošné pokrytí lepeného adherendu	20
4.2 Vytvoření mezifázového spojení mezi povrchem lepicí vrstvy a povrchem lepeného adherendu	23
4.2 Tuhé fáze lepeného spoje	33
4.3 Vliv přítlaku slepovaných adherendů na pevnost spoje	37
4.4 Zkoušení pevnosti lepeného spoje	38
5 Lepení podle typu adherendů	49
5.1 Lepení plastů	49
5.2 Lepení termosetů (duromerů)	57
5.3 Lepení elastomerů	57
5.4 Lepení polymerních kompozitních materiálů	59
5.5 Lepení kovů	60
5.6 Lepení skla	66
5.7 Lepení materiálu na bázi celulózy	67
5.8 Lepení keramiky	69
5.9 Lepení usní a textilií	72
6 Technologie lepicího procesu	75
6.1 Nanášení lepidel	75
6.2 Vytvoření spoje	77
7 Lepení v praxi	79
7.1 Kontinuální slepování	79
7.2 Diskontinuální lepení	82
8 Vybrané příklady lepení – opravy a úpravy v domácnosti	88
8.1 Lepení podlahových krytin	88
8.2 Lepení tapet	89
8.3 Opravy porcelánových a skleněných předmětů	90

9	Alternativy konstrukčního lepení plastů	91
9.1	Základní fakta	91
9.2	Dostupné technologie konstrukčního lepení	92
9.3	Obtížně lepitelné plasty.....	95
9.4	Úpravy povrchů plastů	95
9.5	Lepení obtížně lepitelných plastů bez povrchové úpravy	98
10	Nové technologie spojování materiálů lepením	99
10.1	Konstrukční lepení v porovnání s jinými spojovacími metodami.....	99
10.2	Porovnání konstrukčních spojů.....	101
10.3	Oboustranné lepicí pásky.....	105
10.4	Lepení ve zdravotnictví.....	108
10.5	Shrnutí problematiky	109
11	Sekundová (vteřinová) lepidla	110
11.1	Základní fakta o kyanoakrylátech	110
11.2	Univerzální a specializovaná lepidla.....	111
11.3	Lepidla pro vyplňování větších spár	112
11.4	Nová vysoce pružná vteřinová lepidla	113
12	Tavná lepidla	115
12.1	Použití tavných lepidel.....	115
12.2	Tepelná pevnost spojů lepených tavným lepidlem	117
12.3	Složení tavných lepidel	117
12.4	Termoplastické kaučuky	119
12.5	Polyestery	119
12.6	Polyamidy.....	119
12.7	Reaktivní tavná lepidla.....	120
12.8	Polyuretanové tavné lepicí systémy.....	120
12.9	Reaktivní PUR tavná lepidla	120
13	Tmely a tmelení – akrylátové tmely	121
13.1	Příprava spáry	121
13.2	Oprava a penetrace stykových ploch.....	121
13.3	Nanášení tmelu.....	122
13.4	Tmelení koutových spár a trhlin (mezi savými materiály jako omítka, zdivo, sádkokarton)	123
13.5	Plošné lepení korku, PVC podlahovin a kobereců, lepení obkládaček na umakart, lepení nerezových desek na OSB desky	124
14	Tmely a tmelení – silikonové tmely	125
14.1	Tmelení dynamicky namáhaných spár	125
14.2	Stavební a průmyslové aplikace tmelu.....	127
15	Použití běžných typů lepidel – přehled	129
	Výkladový slovník základních výrazů k problematice lepicích procesů.....	136
	Literatura	141
	Seznam obrázků a tabulek.....	143

Úvod

Lepení rozumíme technologický postup pro vytvoření trvalého nebo pomocného spojení dvou stejných nebo rozdílných materiálů pomocí lepidel. Tato technika se využívá už od dávných dob. Lidé si všimli schopností některých přírodních látek (například pryskyřic, rozbobtnalého škrobu z mouky, albuminu z vaječných bílků, kaseinu z mléka, klihu z kostí nebo kůží, kaučukového latexu a podobně) a tyto látky používali ke slepování různých materiálů jako dřevo, keramika, usně a podobně. Technologie lepení se využívala i při výrobě šperků. Například pro vlepování drahých kamenů do kovového, většinou stříbrného nebo zlatého podkladu se používal (a dodnes používá) pružný klič získaný z rybích kožek. Pro „slepování“ stavebních materiálů se využívalo různých jííl nebo hlinitých směsí, později i malty a v antickém Římě i předchůdce cementu na bázi směsi vápna s mletým sopečným popelem, který po smíchání s vodou vytvořil „umělý kámen“, tedy předchůdce betonu.

Ovšem největší rozmach technologie lepení nastal v souvislosti s rozvojem chemie, který umožnil výrobu nových typů lepidel získaných jak modifikací přírodních látek, tak i výrobou syntetických lepidel. Lepení se pak stalo jednou ze základních technologií pro spojování kovů, plastů, usní, dřeva, textilu a dalších materiálů, a to téměř ve všech průmyslových odvětvích. Ovšem je nutné podotknout, že neexistuje univerzální lepidlo a pro každý typ lepeného spoje je nutné zvolit vhodný typ lepidla a použít vhodnou technologii lepení.

1 Z historie lepicích procesů

1.1 Lepidla dobývají svět: od sekery z kamene k vesmírnému raketoplánu

Lepení představuje jednu z nejstarších a nejdůležitějších kulturních technik lidstva. Dřívější lepidla, jako březová smůla, dovozovala našim předkům zhotovovat zbraně a nástroje, aby se prosadili v nepřátelském prostředí. Velké kultury starověku jako Sumerové, Řekové nebo Římané používaly vlastní techniky lepení. V průběhu času se lepení dále vyvíjelo. Dnes se lepidla využívají více než kdy dříve. Technické vymoženosti, jako jsou například vesmírné raketoplány, jsou možné jen s lepidly.



Obr. 1.1: Stará březová smůla

V polovině šedesátých let 20. století v těžební oblasti hnědého uhlí nedaleko Halle prováděli archeologové univerzity v Halle-Wittenbergu výzkumné práce. Narazili při tom na ostatky mamutů, sobů a jelenů evropských, jakož i na kamenné nástroje. Nejdůležitějším nálezem se ale staly dvě nenápadné černé smolnaté hroudy. Jednalo se o cca 40 000 let starou březovou smůlu. Toto dávné lepidlo se používalo k tomu, aby nástroje nebo zbraně z kamene a dřeva držely pohromadě. Smůla se nevyskytuje přirozeně, ale musí se cíleně vyrábět. Nalezené kusy jednoznačně ukazují, že lepidla hrála už během střední doby kamenné důležitou roli.

1.2 Ötzi měl šípky z březové smůly

Březová smůla se jako lepidlo používala po tisíciletí. Také ledovcová mumie označovaná jako Ötzi z doby okolo 3400 před Kristem měla v zavazadle šípky vyrobené z březové smůly. O 600 let dříve byla objevena alternativa k březové smůle: Sumerové používali segin, glutinové lepidlo, vařené ze zvířecích kůží. K utěsnění lodí a ve stavebnictví se kromě toho používal přírodní asfalt, který se v Mezopotámii, v regionu okolo dnešního Iráku, bohatě vyskytoval. Nejpozději od roku 1500 před Kristem začali používat zvířecí lepidlo i Egypťané. Lepidlo získávané z kostí sloužilo přede-



Obr. 1.2: Ledový muž Ůtzi

vším k uměleckým dýchovaným pracím. Jeho obrovský kulturní význam dokazuje nástěnný obraz z hrobu Rekhmary, prefekta (správního úředníka) z Théb. Nákladný obraz ukazuje detailně různé aspekty dýchované práce, mimo jiné také použití želatinového lepidla.

1.3 Řekové používali rybí klich

Umění vaření lepidla, obzvlášť efektivního rybího klichu, bylo dále rozvíjeno starými Řeky. „U tesařských prací drží pohromadě nejlépe smrk, díky jeho uvolněnému a rovně probíhajícímu dřevu. Spíše se roztrhne dřevo než splená spára“, konstatuje filosof Theofrastos (371–286 před Kristem) ve svém příběhu rostlin. V Řecku vzniklo také samostatné profesní odvětví, kuchař lepidel. Jméno „Kellopsos“ označovalo v antice experta na lepidla.

Po tomto předběžném vrcholu nebyly několik století žádné pozoruhodné novinky v oblasti lepidel známé. Pouze Aztékové používali ve 14. století nejdříve zvířecí krev, aby zvýšili lepicí sílu cementu. Ještě dnes dokazují mnohé dobře zachované chrámové komplexy zjevnou kvalitu tohoto pojiva.

Teprve v pozdním středověku přesídlil vývoj lepidel opět do Evropy. Poté, co Gutenberg v Mohuči vynalezl knihtisk s živými písmeny, začala být najednou poptávka po lepidlech na spolehlivé vázání knih.



Obr. 1.3: Lepení knih

I truhlářská profese potřebovala na základě většího používání dýhovací techniky efektivní dřevařská lepidla. V průběhu tohoto vývoje vznikla v roce 1690 ve Spojených provinciích nizozemských první továrna na lepidla na světě. Neměla zůstat jediná. Končící 17. století vidělo zakládání kliháren v celé Evropě. Jejich výrobky se pak používaly až do 20. století. Při restaurování starožitného nábytku se používají dokonce ještě i dnes. První patent pro lepidlo – rybí klič – byl udělen v roce 1754 v Anglii.

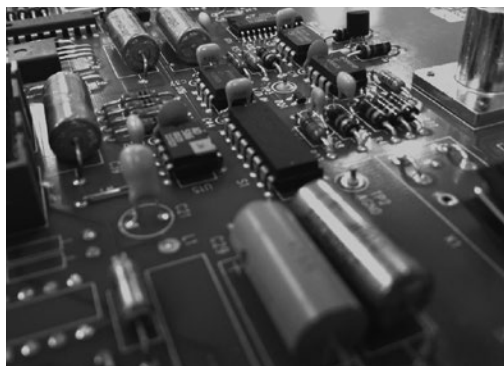
1.4 Inovativní století

Ve 20. století přišly inovace rychle po sobě. V roce 1909 bylo zahájeno patentové řízení k tvrdnutí fenolové pryskyřice. Jen o tři roky později byl Adolfu Rolletovi a Fritzovi Klattemu udělen patent na polyvinylacetát. Plasty jsou i dnes jednou z nejčastějších komponent lepidla na dřevo i ostatních lepidel.

V roce 1930 vyvinul v USA Richard Gurley Drew transparentní lepicí pásku. V roce 1932 se podařilo lékárníkovi Augustu Fischerovi v Böhlu namíchat první použitelné lepidlo na bázi syntetické pryskyřice. Americký vysokoškolský profesor Vernon Krieble vynalezl v roce 1953 syntetickou pryskyřici, která pod vlivem kyslíku vytvrdne. V roce 1969 slavila v Düsseldorfu světovou premiéru lepicí tyčinka.

Lepidla mají neocenitelný význam i v high-tech sektoru. V mobilních telefonech nahrazují lepené spoje stále více klasické šrouby a sváry. V automobilovém průmyslu se díky nejmodernější technice lepení používají lehčí pojiva, která byla ještě před několika lety nemyslitelná.

V posledních letech neztratilo lepení nic na svém obrovském významu pro všechny oblasti lidského života. Naopak – je dnes důležitější než kdy předtím a představuje zcela klíčovou technologii.



Obr. 1.4: Lepené spoje

2

Výhody a nevýhody technologie lepení

Technologie lepení má oproti jiným technologiím spojování dvou subjektů (jako je šití, nýtování a podobně, případně u kovů i pájení nebo svařování) řadu výhod. K nim patří:

- rovnoměrné rozložení pnutí,
- žádný tepelný vliv na strukturu,
- žádná deformace konstrukčního dílu,
- možnost spojování velmi tenkých dílů například fólií,
- možnost kombinování různých materiálů,
- možnost kombinace s jinými metodami spojování,
- dobrá dynamická pevnost, případně dobré tlumení chvění.

Mezi další výhody lze zařadit i vytvoření difuzní bariéry proti pronikání:

- prachu,
- vody,
- chemikálií,
- světla,
- větru,
- tepla a podobně.

Lepený spoj může mít i další doplňkové funkce, a to:

- elektrickou vodivost,
- tepelnou vodivost,
- zvukovou izolaci,
- optické vlastnosti jako průhlednost apod. a další.

K nevýhodám může patřit:

- často malá počáteční pevnost,
- omezená tvarová stálost při tepelném namáhání,
- špatně odhadnutelná závislost na stárnutí,
- náchylnost k plastickému tečení při statické zátěži,
- omezená rozpojitelnost,
- nákladné nedestruktivní zkoušení,
- nutnost předem upravit spojené dílce a další.

Ovšem v mnoha případech lze výběrem vhodného typu lepidla a vhodné technologie lepení uvedené nevýhody částečně nebo úplně eliminovat.

3

Lepidla a jejich rozdělení

Za lepidlo lze podle normy ČSN EN 923 + A1 považovat „nekovovou látku schopnou spojovat materiály slepením povrchů (adhezí) s tím, že lepený spoj disponuje potřebnou vnitřní pevností (kohezí)“.

Podle této definice lze do kategorie lepidel zařadit širokou škálu látek: od malt a cementů přes přírodní pryskyřice po látky na syntetické bázi. Pro technickou praxi je proto vhodné různé typy lepidel dále specifikovat.

3.1 Specifikace podle chemické struktury

Podle základní chemické struktury lze lepidla rozdělit na:

- lepidla na anorganické bázi,
- lepidla na bázi silikonů,
- lepidla na organické bázi.

Lepidla na anorganické bázi

Patří sem cementy, malty, rozpustné silikáty, například vodní sklo a podobně. Do této skupiny jsou zahrnovány i taveniny na bázi anorganických kyslíčků a silikátů sloužících pro svařování skla.

Lepidla na bázi silikonů

Jedná se o polymerní látky s centrálním atomem na bázi křemíků, které tvoří jistý přechod mezi organickými a anorganickými sloučeninami. Polymerní řetězec se většinou skládá z atomů křemíku, ovšem většinou obsahuje substituenty nebo koncové skupiny organického charakteru. Dále může obsahovat reaktivní skupiny, které jsou schopné prodloužit polymerní řetězec nebo vytvořit prostorovou strukturu polymeru.

K silikonům jsou zařazovány i tzv. MS polymery, kdy je polymer na organické bázi modifikován sloučeninami na bázi křemíku.

Lepidla na organické bázi

Jedná se o polymerní látky s centrálním atomem na bázi uhlíku. Tyto materiály lze dále rozdělit na lepidla:

- přírodní,
- semisyntetická,
- syntetická.

Přírodní lepidla

Základem je látka získaná z rostlin nebo živočichů, respektive z jejich produktů (vajec, mléka apod.). Lze mezi ně zařadit například škrob získaný z mouky, klovatinu získanou z rostlinných pryskyřičných výpotků (například arabská guma, denárová pryskyřice apod.), v podstatě sem lze zařadit i latex z přírodního kaučuku, kliš získaný z kostí nebo kůže zvířat, albumin z vajec, kasein z mléka apod.

Přírodní materiál použitý k lepení může být různě upraven. Například přírodní latex je stabilizován proti koagulaci (vysrážení) v důsledku bakteriálního rozpadu ochranné koloidní vrstvy většinou pomocí čpavku, pro lepení se používá v koncentrovanější formě, než jak byl získán z přírody. Arabská guma získaná z výpotků různých typů akácií se zase většinou v praxi používá jako vodný roztok s přídavkem glycerinu nebo jiných polyalkoholů, a podobně.

Semisyntetická lepidla

U této kategorie je základem polymerní řetězec získaný z přírodního materiálu, který je následně chemicky modifikován tak, aby byl schopen vytvořit lepený spoj požadovaných vlastností. V praxi se jedná především o materiály, jejichž základní strukturu tvoří řetězec na bázi celulózy. Volné karboxylové skupiny základního celulóзовého řetězce mohou být různě modifikovány. Jde především o estery celulózy, tzn. nitrocelulózu, acetát nebo acetobutyrát celulózy, nebo o étery celulózy, jako vodorozpustná metylcelulóza, karboxymethylcelulóza, hydroxymethylcelulóza, případně i étery celulózy rozpustné v organických rozpouštědlech, například etylcelulóza.

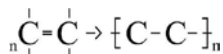
K semisyntetickým látkám patří i chemicky upravený přírodní kaučuk, tzn. cyklokaučuk, chlorkaučuk nebo hydrochlorkaučuk. Lze mezi ně zařadit i chemicky modifikovaný škrob, například karboxymethylškrob nebo kasein, případně želatinu, které jsou modifikovány akryláty, případně další chemicky modifikované přírodní materiály.

Chemicky upravené přírodní materiály nacházejí v poslední době uplatnění jako lepidla ve zdravotnictví. Jedná se například o kolageny upravené jak chemicky (například reakcí kolagenu s kyselinou antrachinondisulfonovou a glutaraldehydem), tak i enzymaticky (například selektivním štěpením kolagenu pomocí enzymů).

Syntetická lepidla

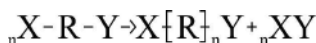
Do této skupiny patří lepidla, u nichž je spoj zajištěn polymerem vytvořeným pomocí chemické reakce z nízkomolekulárních látek (monomolekulárních látek). K tvorbě polymeru se zde využívá:

- **Polymerační reakce**, kdy polymer vzniká spojováním dvojných vazeb nízkomolekulární složky (viz obrázek 3.1). Výsledkem reakce je makromolekulární polymerizát (PVC, PVAc apod.).



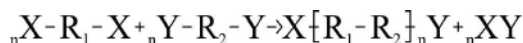
Obr. 3.1: Polymerace

- **Polykondenzační reakce**, kdy polymer vzniká v důsledku odštěpení reaktivních koncových skupin za vzniku polymerů a nízkomolekulárního štěpného produktu (většinou vody). Obě reakční koncové skupiny mohou být součástí jedné nízkomolekulární složky (schéma A, viz obrázek 3.2).



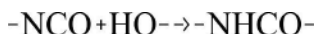
Obr. 3.2: Schéma A

Polymer také může vznikat ze dvou typů molekul, z nichž každá obsahuje jinou reakční koncovou skupinu (schéma B, viz obrázek 3.3). Polymery na této bázi se nazývají polykondenzáty (polyamid, polyester).



Obr. 3.3: Schéma B

- **Polyadiční reakce**, které mají obdobný reakční mechanismus jako polykondenzace (většinou typu B), ovšem nedochází zde k odštěpení reakčního produktu. Typickou polyadiční reakcí je reakce NCO skupiny s OH skupinou (viz obrázek 3.4). Polymery na této bázi se nazývají polyadukty (polyuretan, epoxidy apod.).



Obr. 3.4: Polyadice

Podle výše uvedených chemických reakcí (respektive jejich popisu) lze získat strukturu lineárních polymerních řetězců, které jsou tvořeny jedním typem monomerních jednotek, takzvané homopolymery. Homopolymer často není schopen zajistit požadované vlastnosti polymerního materiálu. V případě technologie tvorby lepeného spoje to může být například nízká adhezní nebo kohezní pevnost, nutnost použít speciální technologie lepení. Pro lepidla používaná v roztoku to může být i špatná rozpustnost polymeru v klasických rozpouštědlech, pro tavná lepidla například vysoký bod měknutí, případně další nevýhody pro použití homopolymerů. Proto se v technické praxi využívají polymery tvořené z více typů monomerních jednotek. Může se jednat o kopolymery, kdy je polymer tvořen dvěma typy polymerních jednotek, které jsou schematicky znázorněny jako A a B. Ve výsledném polymerním řetězci pak mohou být polymerní jednotky zastoupeny náhodně, tedy statisticky (viz obrázek 3.5).



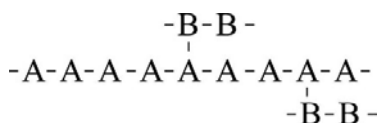
Obr. 3.5: Statistický kopolymer

Polymerní jednotky také mohou vytvářet úseky tvořené z prepolymerních jednotek A spojených s prepolymerními jednotkami typu B, tzv. blokový kopolymer (viz obrázek 3.6).



Obr. 3.6: Blokový kopolymer

Případně mohou být navázány na základní polymerní řetězec tvořený jednotkami typu A, tzv. roubovaný kopolymer (viz obrázek 3.7).

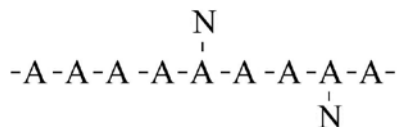


Obr. 3.7: Roubovaný kopolymer

V technické praxi se vyskytují polymery, jejichž strukturu tvoří tři a více polymerních jednotek. Jedná se o takzvané terpolymery. Jejich struktura může být analogická strukturám znázorněným na obrázcích 3.5, 3.6 a 3.7. To znamená, může se jednat o statistický, blokový i roubovaný terpolymer. V některých případech může být na polymerní řetězec navázána nízkomolekulární látka N. Tato látka může tvořit jeho koncové skupiny (viz obrázky 3.8 a 3.9). Látky mohou být navázány i na vlastní řetězec. V daném případě hovoříme o modifikovaných polymerech.



Obr. 3.8: Modifikovaný polymer

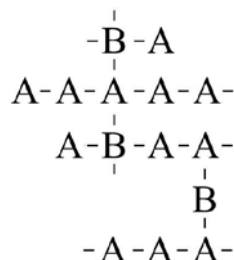


Obr. 3.9: Modifikovaný polymer

Chemických reakcí uvedených na obrázcích 3.5 až 3.7 nemusí být využíváno pouze k tvorbě lineárního polymeru, ale i k prostorovému provázání jednotlivých makromolekul, tzn. k tvorbě síťovaného polymeru (viz obrázek 3.10).

V případě modifikovaných polymerů se často na tvorbě vysokomolekulární sítě podílejí i reaktivní skupiny nízkomolekulárních složek, které byly zabudovány na makromolekulární řetězec.

Rozdělení na anorganické látky, organické látky a silikony není stoprocentní. Mezi jednotlivými kategoriemi existují i mezistupně. Například anorganické lepidlo na bázi fluorokřemičitanů může být síťováno polymery na bázi kyseliny akrylové, nebo naopak kaučuky s obsahem karboxyskupin lze síťovat kysličníky zinku nebo hliníku ve formě prášku. Koncové skupiny polymerních lepidel na



Obr. 3.10: Síťovaný polymer

bázi silikonu bývají často modifikovány sloučeninami s obsahem izokyanátových, vinylových nebo epoxidových skupin, které jsou schopny vytvořit polymerní síť. Naopak organické polymery na bázi polyuretanů nebo polyesterů mohou mít koncové skupiny tvořené silanem apod.

3.2 Specifikace podle fyzikální podstaty

Lepidla kapalná

Do této skupiny patří:

- reaktivní monomery,
- reaktivní prepolymery,
- roztoková lepidla,
- disperzní lepidla.

Plastická lepidla

Tvoří přechod mezi kapalnou a tuhou látkou. Patří sem:

- tmely,
- kaučukové patche,
- některé typy cementů,
- pasty apod.

Tuhá lepidla

Jedná se o látky v tuhém stavu, které jsou účinkem tepla (ať už přímým ohřátím, pomocí vysoké frekvence nebo jiným způsobem) převedeny do plastického stavu a následně jsou schopny adheze k povrchům lepených subjektů. Jedná se o:

- termolepidla,
- lepicí fólie apod.

3.3 Specifikace podle počtu složek

Jednosložková lepidla

Za jednosložková lepidla jsou považována:

- jednokomponentní lepidla,
- vícekomponentní lepicí směsi.

Jednokomponentní lepidla

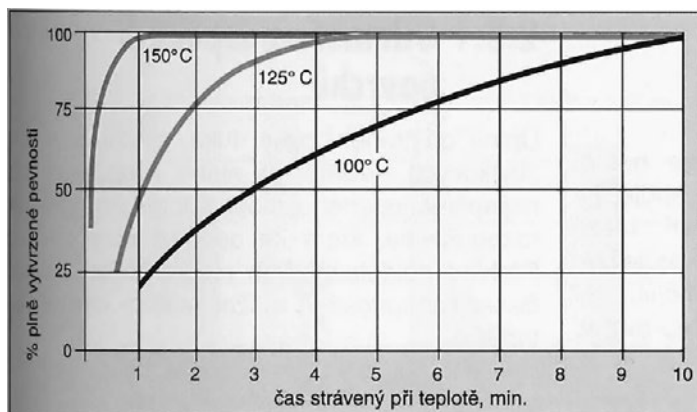
Do této skupiny patří:

- Lepidla na bázi taveniny nebo fólie z termoplastického polymeru.
- Lepidla na bázi reaktivních monomerů nebo prepolymerů, kdy k vytvrzování dochází účinkem vlhkosti. Jedná se hlavně o prepolymerní lepidla na bázi silikonu nebo polyuretanu s volnými NCO skupinami, u nichž účinkem vlhkosti dochází k síťovací reakci. Mezi jednokomponentní lepidla patří také monomerní kyanoakryláty, kde je ke spuštění polymerní reakce potřebný vlhký, mírně alkalický povrch.

Vícekomponentní lepicí směsi

Do této skupiny řadíme:

- Anaerobní lepidla na bázi směsi monomerů (většinou modifikovaného akrylátu) a peroxidu, která jsou v přítomnosti kyslíku inaktivní. Je-li zabráněno přístupu kyslíku, dochází – zvláště v případě přítomnosti iontů kovů (CuFe) – k polymerační reakci.
- Lepidla vytvrzovaná UV zářením, která obsahují monomery nebo prepolymer (například na bázi silikonu) a fotoaktivátory, jež jsou schopné se při jisté intenzitě a vlnové délce záření rozštěpit na radikály a vyvolat polymerační nebo síťovací reakci.
- Lepidla vyžadující pro nastartování polymerační nebo síťovací reakce zvýšenou teplotu. Tyto typy lepidel (ať ve formě viskózních kapalin nebo prášku nebo fólie) jsou za normální teploty stabilní. K vyvolání reaktivity některé ze složek je nutné systém vystavit působení zvýšené teploty. Může se jednat například o směs epoxy pryskyřice s ftalanhydridem, lepidla s maskovanými izokyanátovými skupinami a podobně. Doba vytvrzování obvykle souvisí s teplotou – čím vyšší teplota vytvrzování, tím kratší doba polymerace. Obvykle existuje minimální teplota potřebná pro aktivaci tvrdidla a start polymerace. Průběh vytvrzování jednosložkového lepidla na bázi polyuretanu lze znázornit podobně jako na obrázku 3.11.



Obr. 3.11: Časová závislost doby vytvrzení

Vedle lepidel čistě vytvrzovaných teplem existují i lepidla, která využívají vytvrzování teplem jako přídavný mechanismus. Příkladem mohou být anaerobní lepidla, vytvrzovaná teplem obvykle okolo 120 °C.

Vícesložková lepidla

Vícesložková lepidla jsou taková, kdy je vlastní lepidlo vytvářeno smícháním dvou nebo více složek. K zamíchání může docházet bezprostředně mezi vlastní technologií lepení. Výsledná směs má jistou dobu zpracovatelnosti, tzn. dobu, kdy je schopna vytvořit pevný lepený spoj.

Ve většině případů okamžitě po homogenizaci složek dochází k chemické reakci, a proto má uvedený typ lepidel pouze jistou dobu zpracovatelnosti, tzn. dobu, kdy je možné vytvořit pevný lepený spoj. Na první pohled by mohlo být zřejmé, že z technologického hlediska je vhodná co nejdelší doba zpracovatelnosti. V praxi ovšem platí, že čím delší bude doba zpracovatelnosti, tím delší bude i doba, kdy spoj mezi dvěma adherendy bude mít potřebnou pevnost. Z toho vyplývá, že je nutné zvážit jisté optimum mezi dobou zpracovatelnosti a dobou, kdy bude od lepeného spoje vyžadována určitá pevnost. V praxi je proto vhodné připravit pouze takové množství směsi, které bude možné zpracovat v průběhu doby zpracovatelnosti.

U většiny dvousložkových lepidel je možné zkrátit dobu vytvrzování nánosu lepidla účinkem teploty. Umožňuje to zpracovávat i směsi s relativně dlouhou dobou zpracovatelnosti. V praxi je možné nanést lepicí směs na přehřáté adherendy nebo vytvořený lepený spoj následně vystavit zvýšené teplotě. V obou případech se zkrátí doba potřebná k získání požadované pevnosti lepeného spoje.

U speciálních dvousložkových systémů je možné urychlit vytvrzování lepeného spoje účinkem UV nebo světelného záření.

Pro zpracování dvousložkových směsí s dobou zpracovatelnosti kratší než pět minut je nutné použít směšovače. Pro běžné lepení (například v domácnostech) jsou dvousložková lepidla dodávána v kartuších, kde jsou obě složky od sebe mechanicky odděleny. Při použití jsou obě složky vytlačovány přes mechanický směšovač (viz obrázek 3.12), v němž dojde k promísení obou složek a získaná směs je schopna za poměrně krátkou dobu vytvořit pevný spoj.

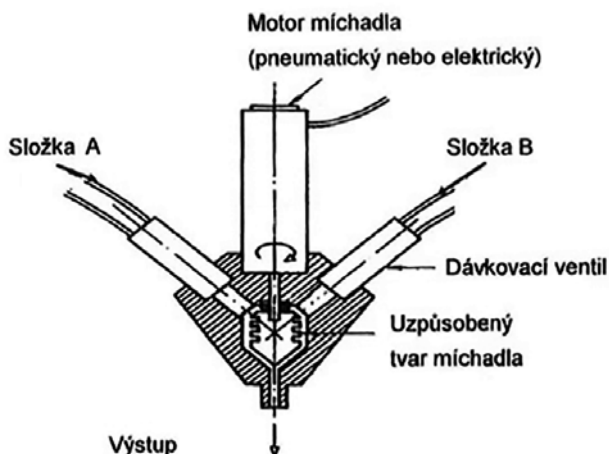


Obr. 3.12: Průběh směšování dvoukomponentních lepidel na principu směšovače

V průmyslové praxi se pro kontinuální tvorbu lepeného spoje ze dvousložkových, respektive více-složkových lepidel používá směšovač znázorněný na obrázku 3.13. Tímto zařízením lze zpracovávat i lepicí směsi s dobou zpracovatelnosti kratší než jedna minuta.

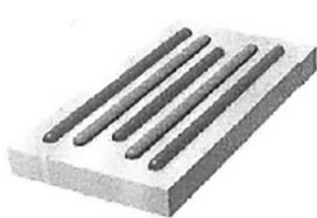
Existují i dvousložková lepidla (většinou na bázi reaktivních akrylátů), kde je možné nanést jednu složku na plochu prvního adherendu a druhou složku na plochu druhého adherendu. Po přitlačení obou ploch na sebe dojde k promísení složek a relativně rychlému vytvoření pevného lepeného spoje. Tento způsob je možné používat především v případě, že má lepicí vrstva relativně malou tloušťku.

Pro získání větší tloušťky lepeného spoje jsou vyvinuta lepidla, jejichž obě složky mají konzistenci plastelíny. Jsou nanášena na plochu jednoho adherendu, a to buď pruh vedle pruhu (viz obrázek 3.14), nebo jako pruh na pruhu (viz obrázek 3.15).

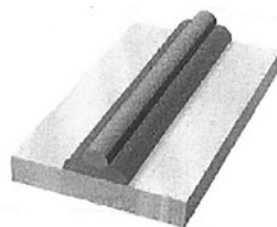


Obr. 3.13: Dynamický směšovač pro dvoukomponentní lepidla

K promísení obou komponent dochází při přitlačení plochy druhého adherendu. V některých případech je vhodné lepenými subjekty mírně pohybovat, aby došlo k lepšímu propojení složek.



Obr. 3.14: Nanášení lepidla pruh vedle pruhu



Obr. 3.15: Nanášení lepidla pruh na pruhu

4 Lepený spoj

Za lepený spoj lze považovat subjekt, který je schopen vytvořit pevné mezifázové spojení dvou ploch lepených adherendů. Pevné spojení vzniká stlačením dvou ploch lepených adherendů, kdy jedna nebo obě plochy jsou schopny okamžitě nebo za jistou dobu vytvořit pevné mezipovrchové spojení. Z toho vyplývá, že pro získání pevného lepeného spoje je nutné, aby lepicí vrstva měla schopnost:

- pokrýt plochu lepeného adherendu,
- vytvořit mezifázové spojení mezi plochou lepicí vrstvy a lepeným adherendem,
- vytvořit tuhou fázi lepeného spoje.

4.1 Plošné pokrytí lepeného adherendu

K danému efektu může dojít pouze v případě, kdy lepicí vrstva (nebo alespoň její povrch) je kapalná nebo má případně viskoelastický charakter.

Lepené adherendy jsou tuhá tělesa. Aby bylo možné jejich povrch pokrýt lepicí vrstvou, je nutné, aby tato byla kapalná nebo měla plastický či viskoelastický charakter. V některých případech je postačující, když plastický nebo viskoelastický charakter má povrch lepicí vrstvy, která bude ve styku s povrchem lepeného adherendu. S touto situací se setkáváme například v případě, kdy je povrch suchého nelepkaového nánosu lepidla na jednom nebo obou slepovaných adherendech možné aktivovat teplem, případně rozpouštědlem a obnovit jeho lepicí schopnost. Jiným příkladem může být, když je pro tvorbu lepicí vrstvy použita pevná fólie na bázi termoplastu, jejíž oba povrchy jsou aktivovány ponořením do vhodného rozpouštědla a takto aktivovaná lepicí fólie je vložena mezi dva adherendy, kde se po odpaření rozpouštědla vytvoří lepený spoj. Takto vlepená fólie může mít i další užité vlastnosti. Například polymerní fólie na bázi polystyrenu, jejíž povrch byl aktivován toluenem, v procesu výroby obuvi nejen slepí povrch s podšívkou, ale slouží i k vyztužení špičky obuvi.

Při slepování adherendů na bázi termoplastů lze někdy aktivovat povrch jednoho nebo obou adherendů vhodným rozpouštědlem, případně účinkem teploty a slepit oba povrchy bez použití rozpouštědla.

Ve výše uvedených případech se účinkem rozpouštědla nebo v důsledku zvýšené teploty v povrchových vrstvách polymeru uvolní mezimolekulární síly a makromolekuly nebo jejich části jsou schopné difundovat přes lepenou plochu do druhého adherendu a následně vytvořit pevný lepený spoj. Jedná se o takzvané difuzní lepení. Na obrázku 4.1 je znázorněn lepený spoj získaný technologií slepování dvou adherendů na bázi termoplastu, jejichž oba lepené povrchy byly aktivovány rozpouštědlem.