

Lepení dřeva

Daniela Tesařová
Karel Krontorád
Josef Hlavatý



Lepení dřeva

Daniela Tesařová
Karel Krontorád
Josef Hlavatý

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.

doc. Ing. Daniela Tesařová, Ph.D.

Ing. Karel Krontorád, CSc.

Ing. Josef Hlavatý

Lepení dřeva

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

obchod@grada.cz, www.grada.cz

tel.: +420 234 264 401

jako svou 10 549. publikaci

Odpovědná redaktorka Eva Škrabalová

Sazba a grafická úprava Martina Mojzesová

Obálka Martina Mojzesová

Fotografie v textu archiv autorů, pokud není uvedeno jinak

Fotografie na obálce Depositphotos

Jazyková korektura Pavlína Zelníčková

Počet stran 128

První vydání, Praha 2026

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, s.r.o.

© Grada Publishing, a.s., 2026

Cover Design © Grada Publishing, a.s., 2026

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

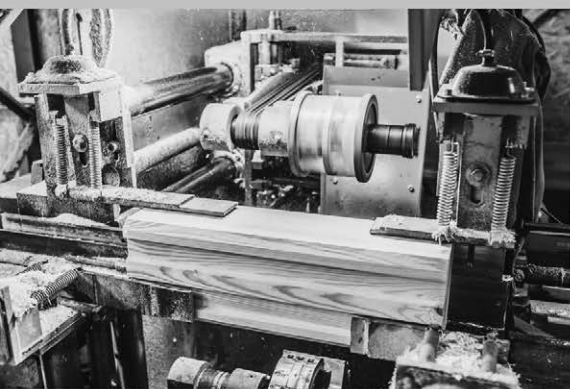
ISBN 978–80–271–6533–9 (ePub)

ISBN 978–80–271–6532–2 (pdf)

ISBN 978–80–271–5385–5 (print)

Lepení dřeva

Daniela Tesařová
Karel Krontorád
Josef Hlavatý



Obsah

Úvodem	11
1. Teorie a proces lepení	13
Struktura lepeného spoje a tvorba lepidlového spoje, lepidlové spáry	13
2. Komponenty lepidel	19
3. Tvorba lepeného spoje	27
Reologie lepidel	29
Kontaktní úhel	32
Pevný lepený spoj	33
Způsob tvorby lepidlového filmu a lepicí proces	33
Podmínky pro vznik lepeného spoje	34
4. Základní vlastnosti lepených povrchů materiálů na bázi dřeva	39
Vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva a jejich vliv na pevnost lepeného spoje	41
Základní vlastnosti lepidla při nanášení a tvorbě lepeného spoje materiálů na bázi dřeva	43
Faktory ovlivňující hloubku penetrace lepidla do dřeva a rozprostření lepidla	45
Rozdělení lepidel na dřevo do tříd podle místa expozice	48
5. Zástupci jednotlivých druhů lepidel	53
Lepidla přírodního původu	53
Lepidla z přírodních surovin	53
Lepidla rostlinného původu	56
Syntetická lepidla	58
Tavná (hot melt) lepidla	59
Konstrukční lepidla	73
Disperzní vodou ředitelná lepidla	80
Silikonová lepidla	83

Roztoková neboli kontaktní lepidla	85
Dvousložková termoreaktivní lepidla	88
Tlakocitlivá adheziva (PSA)	91
Lepidla vytvrzovaná UV, mikrovlnným zářením a IČ zářením	92
6. Shrnutí zásad pro tvorbu lepeného spoje	99
Technologické parametry tvorby lepeného spoje	101
Zpracování zbytků připravených lepidlových směsí	105
Skladování lepidel	107
Bezpečnost při práci s lepidly	110
Vliv lepidel na životní prostředí	111
7. Nanášení lepidel	115
Závěr	121
O autorech	123
Rejstřík	125
Seznam tabulek	127



Úvodem

Lepidla jsou mnohem častěji používána, než si lidé uvědomují. Při lepení se spojují dva nebo více substrátů pomocí lepidel. Lepidla jsou definována jako nekovové spojovače, které se vyznačují adhezí nebo kohezí. Jiná definice popisuje lepidlo jako látku schopnou držet materiály pohromadě povrchovou vazbou.

Celosvětově se lepidla využívají ve výrobě více než 70 % dřevěných výrobků, a to zejména při lepení nábytkových, stavebně-truhlářských spojů, při výrobě stavebních prvků a ve výrobě dřevěných kompozitních materiálů. Mimo vzájemné spojování materiálů na bázi dřeva se technologie lepení uplatňuje při spojování materiálů, ve kterých je dřevo spojeno s jinými materiály, např. kovy, textiliemi, plasty, keramikou a sklem. (Ülker, 2016)

Lepení zastupuje jediný způsob nerozebíratelného a nedestrukčního spojování dvou materiálů pomocí nekovové pojivové složky – lepidla –, který umožňuje pevné a nedemontovatelné spojení lepených materiálů bez jejich poškození a narušení jejich vlastností a současně poskytuje nové, jiným způsobem nedosažitelné kombinální vlastnosti nových materiálů.

Lepidla jsou povětšinou nekovové polymerní materiály schopné držet dohromady pomocí pevného spojení dvou povrchů dva spojované komponenty. Tento obecný termín zahrnuje i jiné výrazy – jako cement, kliš, lepicí pásky, lepicí fólie, lepicí laky, tmel a pasty.

Jsou schopna spojit materiály slepením povrchů (adhezí) s tím, že lepený spoj vytvořený i pomocí lepidla má potřebnou vnitřní pevnost (kohezi). Aby došlo k vytvoření pevného lepeného musí se nános lepidla i lepený povrch k sobě dostatečně přiblížit. Po jejich přiblížení dojde ke vzniku přínavostních sil neboli adheze. Tedy lepidlo musí dobře smáčet povrch, aby se molekuly lepidla přiblížily k molekulám lepeného povrchu na vzdálenost $< 3 \text{ Å}$ (10^{-8} cm) v závislosti na druhu vzniku mezifázových vazeb.

kapitola 1

Teorie a proces lepení

Je nutno podotknout, že v praxi je možné se setkat i s jinými formami lepidel než pouze s tekutými lepidly, např. s tlakocitlivými lepidly s nánosem tuhého tlakocitlivého na polymerních páskách nebo zdravotnických náplastech, dále to jsou cement, kliš, lepicí pásky, lepicí fólie, lepicí laky, tmel a pasty – ale pro všechny tyto druhy existují shodné základní faktory, které ovlivňují pevnost lepeného spoje.

V první fázi je nutno vysvětlit jednotlivé výrazy a **názvosloví** používané v technologii lepení.

Lepidlem spojované podklady v pevném skupenství se označují jako **adherendy** nebo také substráty.

- ▶ **Lepidlo** se také označuje termínem **adhezivum**.
- ▶ Přílnavostní síly mezi podkladem a lepidlem se nazývají **adheze**. Jsou-li adherend a lepidlo různého složení, mluvíme o **heteroadhezi**. Jsou-li adherend a adhezivum stejného složení, mluvíme o **autoadhezi**.
- ▶ **Klišy** jsou lepidla přírodního živočišného původu.
- ▶ **Klížení** je starší termín označující proces lepení.

Struktura lepeného spoje a tvorba lepidlového spoje, lepidlové spáry

Pro vytvoření kvalitního lepeného spoje je velmi důležité dodržet přesný proces lepení a splnit jeho předepsané požadavky.

Vytvoření lepidlového spoje začíná smáčením lepené plochy nosného materiálu lepidlem v tekutém nebo roztaveném stavu a končí pevným lepeným spojem, vznikem lepidlové spáry. Urychluje se zpravidla teplem (odpaření vody, rozpouštědla a zahájení chemické reakce) a vyvinutým lisovacím tlakem, který zajistí přiblížení lepidla a lepených ploch k sobě.

Pevnost lepeného spoje (spáry) závisí na kozezi (soudržnosti) lepidla, na adhezi, na složení lepidla, jeho přilnavosti na části spoje, u poréznych materiálů navíc na mechanickém zajištění lepidla v materiálu.

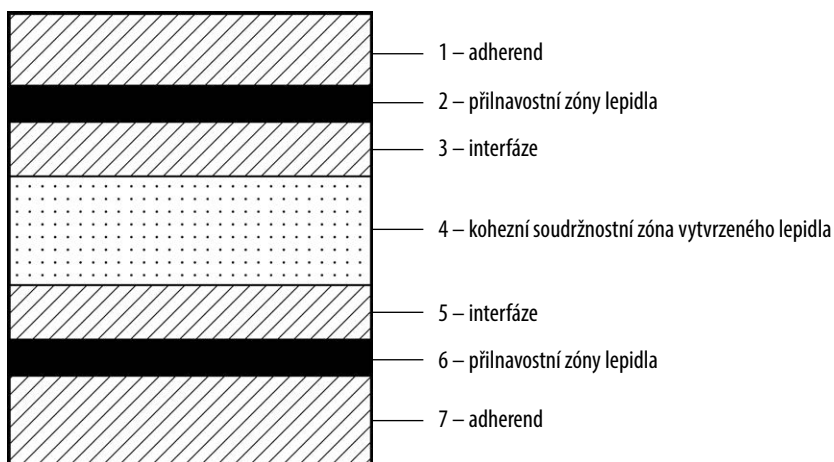
Vlastnosti lepeného spoje významně ovlivňuje zejména jeho pojivové báze lepidla, způsob tvorby lepidlového filmu po nanesení lepidla na lepené plochy a způsob tvorby lepidlového filmu. Rozlišujeme tyto způsoby tvorby lepidlového filmu, které mají vliv na pevnost lepeného spoje.

- ▶ zasychání polymerů v rozptýlených v rozpouštědlech,
- ▶ odpařování vody a koalescentů z disperzí polymerů rozptýlených ve vodě u disperzních vodou ředitelných lepidel,
- ▶ tvoření lepidlových filmů chemickou reakcí,
- ▶ změna skupenství tavných lepidel,
- ▶ aplikování tlakem tlakocitlivých lepidel nanesených oboustranně nebo jednostranně na různých nosičích tlakocitlivých, ,
- ▶ působení UV záření,
- ▶ působení mikrovlnného záření.
- ▶ Působení IČ ZÁŘENÍ

Charakteristika způsobů tvorby lepidlového spoje

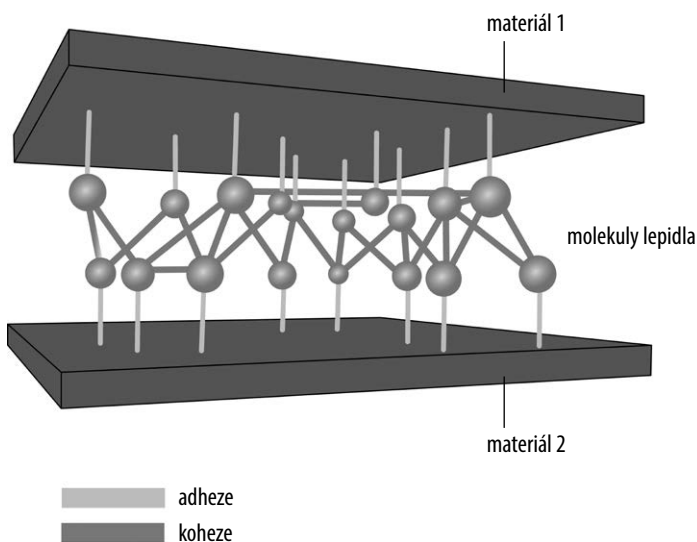
Podle přeměny tekutého lepidla v pevný lepidlový film rozeznáváme tyto formy přeměny:

- ▶ Lepidla vytvářejí lepený spoj fyzikálním zasycháním, při vzniku lepidlového filmu se rozpouštědla a ředidla obsažená v roztokových a vodou ředitelných lepidlech odpařují z povrchu nánoseného lepidla nebo se vsakují do substrátu. Patří sem lepidla roztoková a vodou ředitelná lepidla.
- ▶ Lepidla vytvářejí lepený spoj chemickou reakcí tužidla s pojivem nebo vlivem vlhkosti prostředí, tedy chemickou reakcí.
- ▶ Anaerobní lepidla tuhnoucí při kontaktu s kovy bez přístupu vzduchu.
- ▶ Ztuhnutí roztaveného tavného lepidla, změnou skupenství.
- ▶ Disperzní vodou ředitelná lepidla vytvářejí lepený spoj po odpaření vody a následném odpaření koalescentů a propletení polymérů v disperzích, které umožní jejich vzájemné propojení jejich makromolekul. Podmínkou pro tvorbu lepeného spoje je zajištění dostatečné výměny vzduchu a dostatečné teploty prostředí, označené jako MFFT a MFT, která dodaným teplem zajistí odpaření nejen vody, ale i koalescentů.
- ▶ Vytvoření lepidlového filmu polymerační reakcí po jeho vystavení UV zářením, IR (IČ) zářením nebo mikrovlnným zářením.

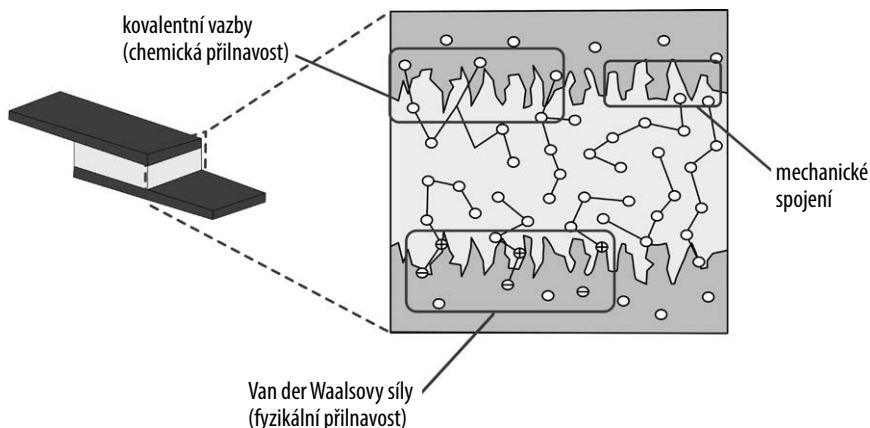


Obrázek 1 Popis lepeného spoje

Každý konstrukčně pevný a dostatečně odolný lepený spoj dvou základních materiálů a lepidla lze z hlediska vnitřní struktury považovat za komplex tří hlavních vrstev a dvou mikrovrstev, jak je patrné z obrázku. Na obrázku jsou vrstvy 1 a 7 lepený podklad (adherend = základní lepený materiál), vrstvy označené 2 a 6 zobrazují



Obrázek 2 Vzhled lepeného spoje (Tesařová, 2014)



Obrázek 3 Vzhled lepeného spoje s popisem adhezních sil v lepeném spoji

přilnavostní zóny lepidla, které na styku adherendu a vytvrzeného lepidla vytvářejí dotykovou plochu neboli interface zónu. Zóny popsané čísly 3 a 5 se označují jako interfáze, tedy jako přechodová přilnavostní zóna, která významně ovlivňuje pevnost lepeného spoje. Velký význam pro pevnost lepeného spoje má i zóna označená číslem 4 – kohezní soudržnostní zóna vytvrzeného lepidla. Struktura lepeného spoje je zobrazena na obrázcích 1 a 2.

Pevnost lepeného spoje závisí nejen na přilnavostních adhezních silách a na kohezních silách konečného lepeného spoje, ale i na pevnosti interfáze, tedy přechodové přilnavostní zóny lepidla. Tato oblast velmi přispívá k pevnosti lepeného spoje, protože v ní dochází ke vzájemnému ovlivňování mezi vytvrzeným lepidlem a lepeným substrátem. Vznikají zde chemické a fyzikální vazby podílející se výrazně na výsledné přilnavosti lepidla, což má jednu z klíčových rolí v celkové pevnosti lepeného spoje.

Jak již bylo zmíněno, hlavním faktorem, který ovlivňuje pevnost lepeného spoje, jsou samotná lepidla, tedy vysoce viskózní kapaliny tixotropního charakteru s dobrou kohezí a adhezí k podkladu. Jejich základní vlastnosti se odvíjejí od složení jednotlivých komponent, z nichž se skládají.

kapitola 2

Komponenty lepidel

Základní složky lepidel, které udávají jejich vlastnosti jsou polymery, které jsou základní složkou lepidle, a v tomto případě se nazývají **pojiva**. Většina lepidel obsahuje pojiva ve směsi v jejich kapalném stavu (roztok, disperze, tavenina). Pojiva se musejí vyznačovat také vynikajícími adhezními vlastnostmi.

Pro dosažení požadovaných aplikačních vlastností lepidel se používají následující složky:

- ▶ **Plniva**, která nejen zlevňují materiálové skladby, spoří drahé suroviny, ale také snižují vnitřní pnutí ve vytvrzených stavech lepidel (např. mletý sádrovec 20–30 hmotnostních %, mletý mastek, porcelánová moučka, práškové kovy, koloidní kysličník křemičitý).
- ▶ **Nastavovadla** patří mezi plniva, ale v porovnání s plnivou se vyznačují v počátku tvorby lepidlového filmu adhezními vlastnostmi (např. škrob). Přidávají se do lepidel pro snížení obsahu adhezivního pojiva s cílem snížit ekonomickou náročnost lepicích směsí, přičemž zvyšují jejich viskozitu.
- ▶ **Zušlechťující přísady**, např. fungicidní přísady.
- ▶ **Smáčedla**.
- ▶ **Barviva**.
- ▶ **Změkčovadla**.
- ▶ **Nadouvadla** – plyny, které se přidávají nebo se během chemických reakcí uvolňují do lepidlové směsi, a tím zvětšují její objem a zajišťují vyplnění lepeného spoje.
- ▶ **Takciofiery** ovlivňují užitek vlastnosti tlakocitlivých lepidel a určují jejich viskoelastické vlastnosti. Musejí být dostatečně snášitelné se základními polymery a mít nízkou molekulovou hmotnost. Je nutné, aby teplota skelného přechodu takciofierů byla vyšší než teplota skelného přechodu pojiva, ve kterém jsou takciofiery rozptýlené.
- ▶ Při přípravě povrchu se v některých případech používají **aktivátory a primery**.
- ▶ **Aktivátor umožňuje nebo urychluje při použití s daným lepidlem vytvrzování lepidla** a také i iniciaci vytvrzování, zatímco u jiných lepidel (např. anaerobních) aktivátor umožňuje zlepšit kvalitu vytvrzování nebo zrychlit vytvrzování lepicí směsi. Zlepšuje také kohezi lepidla a zaručuje tedy jeho správné vytvrzení, ale obvykle nezlepšuje přilnavost lepicího filmu k adherendu.

- ▶ **Primer** slouží ke zlepšení přilnavosti a trvanlivosti spoje, nepodporuje však vytvrzení lepidla. Primery jsou můstky mezi lepeným materiálem a lepidlem, neexistuje žádný univerzální primární nátěr pro všechna lepidla.

Lepidla aplikovaná ve výrobě a údržbě dřevěného nábytku a stavebně-truhlářských výrobků i ostatních materiálů se dělí podle různých hledisek, a to:

- ▶ podle způsobu zatížení lepených spojů,
- ▶ podle použitých pojiv,
- ▶ podle způsobu tvorby lepeného spoje, tedy způsobu přechodu lepidla z kapalného do pevného skupenství,
- ▶ podle oboru použití (např. lepidla pro obalovou techniku, nábytkářská a čalounická),
- ▶ podle materiálu, který má být slepen (na papír, dřevo, textilie, čalounické pěny),
- ▶ podle místa použití (např. lepidla dýhovací, montážní atd.),
- ▶ podle rychlosti zasychání (např. lepidlo vteřinové)
- ▶ podle teploty lepení při lisování,
- ▶ podle vlastnosti lepeného spoje (např. lepidlo konstrukční),
- ▶ podle dodané formy (např. v prášku, perličkách, tabulkách, fóliích, tyčinkách),
- ▶ podle vzhledu (např. bílý kliš),
- ▶ podle elasticity lepeného spoje.

Podle způsobů aplikace a zatížení lepidel dělíme lepidla na konstrukční, semi-konstrukční a nekonstrukční.

Konstrukční lepidla jsou definována jako materiály schopné rovnoměrně přenášet zatížení z jednoho adherendu na druhý pomocí lepeného spoje a umožňují tak výrobu konstrukcí, které jsou mechanicky rovnocenné nebo lepší než konvenčně spojované sestavy.

Konstrukční lepidla dělíme na lepidla určená do exteriéru a do chráněného exteriéru:

- ▶ **konstrukční lepidla** určená pro lepení výrobků ze dřeva do **exteriéru vystavených dlouhodobému přímému působení vody i následnému procesu sušení**: resorcin formaldehydová lepidla, fenolresorcinformaldehydová lepidla, fenolformaldehydová lepidla, melaminformaldehydová lepidla, emulzní polymerní polyuretanová lepidla,
- ▶ **konstrukční lepidla** určená pro lepení výrobků ze dřeva **do chráněného exteriéru** vystavených krátkodobému působení vody a výrobků do interiérů nebo krátkodobým vystavením vysoké vlhkosti: močovinomelaminformaldehydová lepidla, epoxidová lepidla, izokyanátová lepidla a kaseinová lepidla,

- ▶ **semikonstrukční lepidla** určená pro lepení výrobků ze dřeva **do interiéru a chráněného exteriéru**: zesíťovaná polyvinylacetátová lepidla EPI, polyuretanová lepidla,
- ▶ **nekonstrukční lepidla** určená pro lepení výrobků do interiéru: polyvinylacetátová lepidla, polyuretanová lepidla, tavná lepidla, sójová a glutinová lepidla.

Mezi hlavní výhody konstrukčních lepidel patří:

- ▶ zvýšená spolehlivost výrobků při použití konstrukčních lepidel,
- ▶ snížení nákladů a hmotnosti výrobků nutných k přenosu zatížení mezi lepenými povrchy v provozních podmínkách,
- ▶ vysoká vazební síla po dobu celého výkonu lepeného spoje,
- ▶ lepší trvanlivost a odolnost vůči zvýšené teplotě při namáhání lepeného spoje,
- ▶ lepší odolnost vůči působení rozpouštědel,
- ▶ lepší odolnost vůči drsnému životnímu prostředí,
- ▶ vynikající přilnavost lepidel ke kovům, sklu a dřevu,
- ▶ dlouhá skladovatelnost lepidel při skladování v pokojové teplotě,
- ▶ široké rozpětí vlastností lepidel a lepených spojů (životnost, rychlost vytvrzení, viskozita, pružnost, pevnost).

Klasifikace lepidel dle jejich elasticity

Je důležité si uvědomit, že konečná pevnost jakéhokoli lepeného spoje závisí na velikosti lepené plochy. Čím větší je lepená plocha, tím pevnější je spoj. Některá lepidla však mají díky svému složení různou tuhost a mění svoje vlastnosti i chování v závislosti na teplotě, vlhkosti a obsahu rozpouštědla. Lepidla dělíme podle jejich tuhosti lepeného spoje na **termoplastická** a **termosetická**.

▶ Termoplastická neboli polotuhá lepidla

Termoplastická lepidla jsou nejčastěji používaná lepidla v dřevozpracujícím průmyslu. Obecně jsou odolná proti vlhkosti, ale nejsou vodotěsná. Většina termoplastických lepidel měkne při zahřátí a při ochlazení tvrdne. Vytvrzená termoplastická lepidla je možné reaktivovat opětovným zahřátím spoje, kdy změkne. Následným přitlačením během fáze ochlazování se spoj reaktivuje. Termoplasty obvykle nejsou tak pevné a tuhé jako samotné dřevo a mohou umožnit posun spoje během změny rozměrů. Do této kategorie patří PVAc lepidla, klihy a kyanoakrylátová lepidla.

▶ Tvrdá, neohybná termosetická lepidla

Tvrdá, **neohybná termosetická lepidla** jsou obecně dražší než termoplastická lepidla a také jsou vhodnou volbou, pokud je hlavním kritériem hodnocení lepidla jeho odolnost proti posunu nebo tvrdost. Jejich lepené spoje se vyznačují dostatečnou

pevností a vydrží při vysokém dlouhodobém statickém zatížení bez deformace. Po zahřátí lepený spoj trvale ztverdne a zpevní se. Ve velké většině však odolávají již působení vody. Při tvorbě lepeného spoje lepidla vytvrzují polykondenzačními chemickými reakcemi. Příkladem **termosetických** lepidel jsou močovinoformaldehydová, fenolformaldehydová, resorcinformaldehydová, polyesterová a epoxidová lepidla. Je překvapující, že při lepení dřeva nejsou spoje vytvořené termosetickými lepidly, které vytvrzují polykondenzační reakcí, pevnější než spoje vytvořené většinou PVAc lepidel.

Dělení lepidel podle způsobu přechodu lepidla z kapalného stavu do pevného stavu: dělí se na lepidla tvořící pevný lepidlový film:

- ▶ fyzikální změnou stavu lepidla způsobenou odpařením rozpouštědla z nanesené lepidlové směsi,
- ▶ fyzikální změnou stavu lepidla způsobenou odpařením vody a koalescentů z nánosů disperzního vodou ředitelného lepidla,
- ▶ ochlazením naneseného roztaveného lepidla,
- ▶ lepidla stále lepivá,
- ▶ lepidla tuhnoucí vlivem reakce lepidla se vzdušnou vlhkostí (změna chemického složení),
- ▶ lepidla tuhnoucí bez přístupu vzduchu, anaerobní lepidla,
- ▶ lepidla tuhnoucí zesíťováním polymeru po přidání tvrdidla do lepicí směsi (chemickou reakcí),
- ▶ lepidla tuhnoucí chemickou reakcí vyvolanou zvýšenou teplotou,
- ▶ lepidla vytvrzující působením UV zářením procházejícím přes transparentní adherend do nanesená lepidla,
- ▶ lepidla vytvrzující a tvořící lepidlový film působením infračerveného záření,
- ▶ tvorba lepidlového filmu vložením lepeného spoje do pole mikrovlnného záření,
- ▶ tlakocitlivými lepidly nanesenými na lepicích páscích.

Dělení lepidel podle teploty nutné při procesu lisování lepených spojů, a to na lepení za studena a lepení za horka. (Tato oblast neplatí pro tavná lepidla.)

▶ Lepení za studena

Pevného lepeného spoje při lepení za studena může být dosaženo ne dříve než za 15 minut a ne později než za 24 h. Doba lepení za studena také závisí na teplotě prostředí, teplotě lepeného dřeva, množství nánosů lepidla, tloušťce a hustotě lepidla včetně absorpce lepidla dřevem.

► Lepení za horka

Doba tvorby pevného lepidlového spoje za horka je od 2 do 15 min, při vyšší frekvenci < 3 min a v závislosti na teplotě materiálů, tloušťce, hustotě a vlastnostech lepidla.

Podle polymeru – základního pojiva lepidla:

Lepidla z přírodních surovin

Lepidla živočišného původu

- glutinové klišy,
- kaseinové klišy,
- albuminové klišy.

Lepidla rostlinného původu

- škrobová,
- deriváty celulózy,
- rostlinné gummy,
- algináty,
- přírodní kaučuk,
- sójová,
- lepidla z mořských řas.

Lepidla s minerálními pojivy (maltoviny)

- vodní sklo, cementy, asfaltová

Syntetická lepidla

Syntetická termoreaktivní dvousložková lepidla

Dvousložková termoreaktivní lepidla tvoří lepidlový film chemickou reakcí pryskyřice ve vodném roztoku s tvrdidlem, a to za zvýšené teploty a tlaku (močovinoformaldehydová, melaminformaldehydová, močovinomelaminformaldehydová, fenolformaldehydová, resorcinformaldehydová a fenolresorcinformaldehydová lepidla).

Dvousložková lepidla – lepidlový film se tvoří chemickou reakcí s tvrdidlem: epoxidová, izokyanátová, kyanoakrylátová, polyesterová, sekundová, polyuretanová (EPI, MDPI).

Syntetická lepidla nereaktivní

- ▶ Disperzní vodou ředitelná lepidla¹ (polyvinylacetátová, akrylátová, kopolymerní).
- ▶ Roztoková lepidla, polymery nebo směs polymerů rozptýlených v rozpouštědle (kaučuková, chloroprenová, polyvinylacetátová, polyvinylchloridová, speciální deriváty celulózy).
- ▶ Tavná lepidla ethylenvinylacetátová, polyamidová, polyesterová, polyuretanová, kaučuková, polyolifenická.

Speciální lepidla vytvrzovaná UV, mikrovlnným nebo IČ zářením

- ▶ lepidla vytvrzovaná UV zářením,
- ▶ lepidla vytvrzovaná mikrovlnným zářením,
- ▶ lepidla vytvrzovaná IR zářením,
- ▶ tlakocitlivá lepidla,
- ▶ silikonová lepidla,

Lepivé tmely: vyrovnávací, spárovací i izolační a tepelně vodivé.

Zvláštní skupinu tvoří lepivé tmely tedy viskózní pasty tixotropního charakteru, které se vyznačují vyšší kohezí a dobrou adhezí k podkladu. Jsou schopné na rozdíl od lepidel vytvrzovat i v silných vrstvách s cílem překlenout spáru mezi nerovnými a relativně značně vzdálenými stykovými lepenými plochami vrstvou lepicí hmoty. Pevnost vrstvy tmelu musí být při konstrukčním řešení minimálně stejná jako pevnost spojovaných materiálů. Tmely dělíme je na tmely: vyrovnávací, spárovací i izolační a tepelně vodivé. Pro lepení pružných lepených spojů se vyžaduje použít elastické tmely, schopné vyrovnávat rozdílné koeficienty teplotní roztažnosti materiálů.

Velmi důležitá je vhodná volba lepidla pro dané adherendy a pro dané způsobu lepení.

¹ Disperze – polymerní částičky jemně rozptýlené, dispergované v jiné látce neboli v disperzním prostředí, kterým je většinou voda nebo alkohol. Velikost částic se pohybuje od rozměrů 100 až 1000 nm.

kapitola 3

Tvorba lepeného spoje

Všechny teorie se shodují na těchto základních předpokladech pro tvorbu lepeného spoje:

- ▶ Molekuly lepidla a substrátu se musejí dostatečně přiblížit, aby mezi nimi došlo k adhezi.
- ▶ Molekuly se dostatečně přiblíží pouze tehdy, je-li **lepidlo tekuté** v momentě lepení.
- ▶ Lepidlo musí dobře smáčet substrát.
- ▶ Lepidlo se musí určitý čas udržet v lepené spáře v kapalném skupenství ve stavu sol, což souvisí s dobrou orientací makromolekul. Současně s orientací makromolekul mohou působit van der Waalsovy síly a dochází tak k difúzi v důsledku Brownova pohybu, eventuálně dojde k chemickým vazbám.

Prvním krokem procesu lepení po jeho nánosu je smáčení povrchu lepidlem

Smáčením rozumíme děj, při němž se molekuly lepidla dostanou do přímého kontaktu s molekulami lepeného povrchu, a to do vzdálenosti cca 4.0 Å. Velmi malé molekuly vody a složek vzduchu jsou vytlačeny lepidlem mimo lepený spoj. Pro dobré smáčení povrchu je nutné, aby lepidlo mělo vhodnou tekutost na daném povrchu adherendu. Špatná tekutost vyplývá z nevhodné zvoleného lepidla (špatná chemická afinita lepidla k povrch adherendu), z nevhodné viskozity lepidla a z předčasného zasychání nebo vytvrzování lepidlové směsi (nutnost dodržovat v technických listech předepsané otevřené doby lepidla). Další podmínkou pro dobré smáčení povrchu je nutnost dodržet pravidlo, že **na polární povrchy se nanáší pouze polární lepidlo a na nepolární povrchy se nanáší pouze nepolární lepidlo**.

Druhým krokem je želatinace lepidla

Po nanesení lepidla na lepený povrch dochází k **želatinaci lepidla**. Želatinace lepidla je definována jako stadium lepidla během procesu přechodu lepidla z kapalného skupenství do pevného lepidlového filmu zasycháním, ochlazováním nebo vytvrzováním, tedy do stadia, kdy vrstva lepidla přestane téci. V tom momentu se lepidlo dostane do stavu gelu, kdy se vytvoří slabá pevná vrstva lepidla s molekulární strukturou, která může být rozbita při dostatečně vyvinutém tlaku.

Po želatinaci polymerů dochází k další polymeraci, zesíťování nebo vytvrzení lepidel, přičemž viskozita lepidel dosáhne extrémně vysokých hodnot, zejména u termosetických lepidel. Vytváří se tak trojrozměrová zesíťovaná makromolekulární struktura a lepená spára získává pevnost a typické viskoelastické vlastnosti. Vytvrzování lepené spáry následně pokračuje a její elastické vlastnosti se transformují do typické pevné struktury. Tento stav, kdy lepená spára dosáhne sklovitého stavu, se nazývá **vitrifikace**. Tento děj lze u některých lepidel, která vytvrzují polykondenzačními reakcemi, urychlit zvýšenou teplotou při vytvrzování.

Během želatinace se postupně vytváří adhezí neboli přilnavostní síly.

Během želatinace nánosu lepidlové směsi dochází k těmto postupným stavům:

- ▶ 1. krok: zvýšený nárůst viskozity lepidlové směsi, tento stupeň je reálná doba životnosti lepicí směsi.
- ▶ 2. krok: lepicí směs již neteče a v tom okamžiku musí být již lepicí směs nanese-na na ploše adherendu.
- ▶ 3. krok: měkký gel, lepený spoj musí být zajištěn tlakem proti posunutí lepe-ných dílců.
- ▶ 4. krok: elastický gel, lepený spoj již dosahuje manipulační pevnosti.
- ▶ 5. krok: tvrdý gel, lepený spoj již dosahuje 2/3 konečné pevnosti.

Třetím a posledním krokem je vznik adhezních sil

Při tvorbě lepeného spoje je adheze neboli vzájemná přilnavost různorodých molekul mezi lepidlem ve stavu sol a adherendem vyvolána stejnými mezimolekulárními silami jako koheze. Adheze je v podstatě síla vyvolávající přilnavost lepidla (adheziva) k lepenému podkladu (adherendu). Na adhezi závisí jevy související s povrchem hmoty, adsorpcí a smáčením. Aby vznikla dobrá adheze mezi dvěma povrchy, je potřeba přiblížit je k sobě na vzdálenost menší než 3–4 Å. Dokonalý kontakt adheziva s adherendem je závislý na viskoelastických vlastnostech lepidla a na schopnosti lepidla smáčet povrch adherendu. Schopnost lepidla smáčet povrch lepeného pokladu souvisí s napětím na mezifázovém rozhraní adhezivního spoje. Na tvorbu kvalitních lepených spojů a vznik adhezních sil mezi lepidlem a substrátem má také velký vliv velikost molekul lepidla a rovnost lepeného povrchu.

Reologie lepidel

Další důležitou vlastností lepidel je jejich reologie, která je dána vnitřním třením makromolekul lepidla.

Z reologie lepidel vyplývají vlastnosti tečení lepidel, jejich mísitelnost, životnost, způsob nanášení na substrát, chování lepidel po lisování atd.

Reologii lepidel při tvorbě lepeného spoje můžeme rozdělit do tří oblastí:

- ▶ reologie lepidla při jeho nanášení na lepený podklad,
- ▶ reologie lepidla během tvorby lepidlového filmu a jeho adhezi na povrchu substrátu,
- ▶ reologie vytvrdnuté vrstvy lepidlového filmu včetně reologické paměti lepidla.

Reologické vlastnosti lepidla v tekutém stavu

Lepidla v tekutém stavu jsou koloidní roztoky (nepravé roztoky), což jsou roztoky s rozptýlenými částicemi o velikosti 1 až 10 nm. Koloidní částice jsou udržovány ve vznosu v disperzním prostředí vlivem povrchového napětí, udržovány stejným pólem vnějších obalů koalescentů disperzí a vlivem gravitace nedochází tedy k jejich sedimentaci. O koloidních částicích mluvíme také jako o disperzním podílu. Koloidní roztoky – „ve stavu sol“ – se vyznačují vysokou viskozitou související s vnitřním třením nenenewtonovské kapaliny (nerespektuje Newtonův zákon o viskozitě). Zvýšením velikosti částic v koloidním roztoku se stav sol mění v gel, dochází k želatinaci lepidel. Pro krátkodobé udržení tekutého lepidla po jeho nanesení na lepený podklad na jeho povrchu je důležitý tixotropní charakter lepidel. Tixotropie lepidla je jeho vysoká viskozita, která při nezměněné teplotě může mechanickým namáháním přejít z pevného skupenství do kapalného a zpátky.

Reologie při tvorbě lepeného spoje

Reologii při tvorbě lepeného spoje lze charakterizovat jako přechod z kapalného skupenství do pevného skupenství lepidla. Během tvorby lepeného spoje dochází k odpařování rozpouštědel a ředidel a také k vytvrzování lepidla, tady polymeračním reakcím. Konečnou fází tohoto děje je ztuhnutí lepidla a během popsání děje dochází:

- ▶ ke zvýšení viskozity,
- ▶ k vytvoření adheze k lepeným podkladům,
- ▶ ke zvýšení koheze,

- ▶ k objemovým kontrakcím lepidla,
- ▶ k zesíťování molekul.

Zvýšení nízké koheze na poměrně vysokou v průběhu vytvrzování lepidla je způsobeno některým z těchto procesů:

- ▶ unikáním disperzního média (např. vody), vypařováním rozpouštědel, jejich adsorpcí adherendy nebo oddifundování disperzního média do adherendu (disperzní lepidlo PVAc, roztoková lepidla,
- ▶ zesíťováním molekul – tvorba trojrozměrné struktury (termoreaktivní lepidla, konstrukční lepidla),
- ▶ snížením teploty (tavná lepidla).

Zvýšení koheze v lepidlovém filmu je doprovázeno postupnými objemovými kontrakcemi lepidla při přeměně z jeho tekuté fáze do tuhé fáze a během postupného dalšího vytvrzování lepidla. Vliv objemových kontrakcí lepidla je eliminován v lepené spáře plastického lepidla, protože lze vyvinutým tlakem na lepený spoj přiblížit plochy k sobě a tím snížit pnutí v lepené spáře. Spojе lepené lepidly, které po vytvrzení nemají elastické vlastnosti v lepené spáře, praskají, proto se musejí přidávat lepidla s elastickými vlastnostmi (UF lepidla a PVAc lepidla) nebo plniva, která upravují vnitřní pnutí lepeného spoje.

Reologie vytvrzeného lepidla

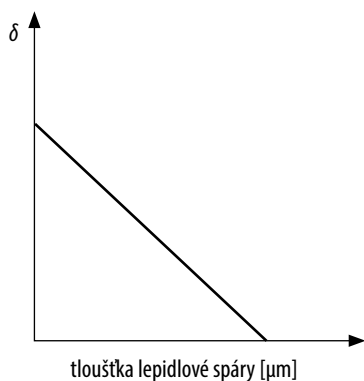
Pevnost lepidlového filmu je podmíněna těmito reologickými vlastnostmi v tuhém stavu:

- ▶ smršťováním pevného lepidlového filmu,
- ▶ tloušťkou vrstvy lepidlového filmu ve spáře.

Platí zásada, že čím je tenčí vytvrzená vrstva lepidla v lepené spáře, tím pevnější je lepený spoj. Ideální je velmi tenká spára. Vždy je však nutné nanést dostatečné množství lepidla na povrch, aby došlo k penetraci lepidla do obou lepených povrchů. V lepené spáře musí zůstat dostatečné množství lepidla, aby se vytvořila pevná kohezní vrstva. Vliv tloušťky lepené spáry neovlivňuje pouze pevnost lepených spojů epoxidových a tavných lepidel.

Reologické vlastnosti vytvrzeného lepidla se projevují:

- ▶ chováním při působení vlhkosti na roztahnost lepidlového filmu – současně s roztahováním vzniká vnitřní pnutí, které způsobí někdy i odtržení lepidlového filmu,
- ▶ pružností lepidla,



Obrázek 4 Závislost pevnosti lepeného spoje na tloušťce lepeného spoje

- ▶ studeným tokem lepidlového filmu při nedostatečně zesíťovaném lepidlovém filmu,
- ▶ odolností proti stárnutí.

S reologickými vlastnostmi lepidel úzce souvisí povrchová energie lepidel a adhe-
rendů. Další podmínkou, kterou musí lepidlo v tekutém nebo roztaveném stavu
splňovat, je, že musí mít volnou energii (neboli povrchové napětí) menší, než je
volná energie substrátu.

Průměrná povrchová energie různých druhů dřev se pohybuje v rozmezí
40–55 mJ/m^2 . Nižší povrchové energie dosahují kruhovitě pórovité druhy dřev
(nižší než 50 mJ/m^2) a vyšších hodnot než 50 mJ/m^2 dosahují roztroušeně pórovité
druhy dřev.

Další významnou vlastností, která ovlivňuje smáčení a penetrování lepidla do
povrchu, je viskozita lepidla při jeho nanášení.

Viskozita neboli reologie lepidla se projevuje efektem, kdy se jednotlivé roz-
dílné vrstvy lepidla posouvají po sobě. Hraniční vrstva lepidla na styku s povrchem
lepeného povrchu odpovídá interfacovým silám mezi s podkladem a lepidlem a je
místem vzniku adhezních sil.

Viskozita lepidla ovlivňuje schopnost penetrace lepidla do porézních povrchů.
Je známo, že viskozita se mění v závislosti na napětí. Vyšší viskozita lepidel zajišťuje
lepší vyplnění lepidlové spáry.

Lepidla s vysokou viskozitou více vyplňují mezery větší než 6,35 nm, což je dů-
ležitě při lepení velmi drsných povrchů.

Vážení čtenáři, právě jste dočetli ukázkou z knihy Lepení dřeva.
Pokud se Vám ukázka líbila, na našem webu si můžete zakoupit celou knihu.