

ZÁKLADY TEORIE LEPENÍ



Poradenské centrum společnosti LEAR, a. s. – www.lear.cz, info@lear.cz

OBSAH

1	ZÁKLADY TEORIE LEPENÍ	3
1.1	PRINCIP LEPENÍ	3
1.1.1	<i>Princip lepení disperzními lepidly.....</i>	6
1.1.2	<i>Princip lepení rozpouštědlovými lepidly / kontaktní lepidla</i>	6
1.1.3	<i>Princip lepení kyanoakrylátovými lepidly</i>	7
1.1.4	<i>Princip lepení jednosložkovými polyuretany (1K PU lepidla)</i>	8
1.1.5	<i>Princip lepení tavnými lepidly.....</i>	8
1.2	DRUHY LEPIDEL A JEJICH HLAVNÍ POUŽITÍ	9
1.2.1	<i>Druhy lepidel.....</i>	9
1.2.2	<i>Hlavní použití jednotlivých druhů lepidel</i>	11
2	OBECNÝ POSTUP VOLBY LEPIDLA	13
2.1	PARAMETRY, NA KTERÝCH ZÁVISÍ VOLBA LEPIDLA	13
2.2	VOLBA LEPIDLA	15
2.2.1	<i>Chemická podstata lepených materiálů.....</i>	15
2.2.2	<i>Savost lepených materiálů.....</i>	16
2.2.3	<i>Teplotní odolnost lepeného spoje.....</i>	16
2.2.4	<i>Vodovzdornost lepeného spoje.....</i>	17
2.2.4.1	Lepení dřeva.....	17
2.2.4.2	Lepení papíru.....	17
2.2.4.3	Lepení podlahových krytin a obkladů	17

LEAR

1 ZÁKLADY TEORIE LEPENÍ

1.1 Princip lepení

Lepení znamená spojení dvou různých ploch prostřednictvím lepidla, které má dobrou přilnavost k oběma plochám. Každé lepidlo je v okamžiku lepení v kapalném stavu, protože jedině tak může zajistit dokonalé přilnutí k povrchům lepeného materiálu.

Pevnost slepeného spoje závisí na čtyřech parametrech:

- na přilnavosti lepidla k lepenému povrchu (*adheze*)
- na soudržnosti hmoty lepidla, neboli vnitřní pevnosti lepidla (*koheze*)
- na *smáčivosti* lepeného povrchu kapalným lepidlem
- na *pevnosti* (soudržnosti) lepeného materiálu

Co ovlivňuje adhezi?

Adheze je základní předpoklad úspěšného lepení. Jestliže lepidlo není schopno dostatečně pevně přilnout k materiálu, spoj nedrží a dochází k rozlepení na rozhraní lepidlo – lepený materiál. V tomto případě je vnitřní soudržnost lepidla (koheze) i vlastní pevnost materiálu vyšší než přilnavost (adheze). Na to proč vznikají adhezní síly existují dva teoretické modely vazby mezi lepidlem a lepeným povrchem:

- mechanická vazba
- chemická (nebo také specifická) vazba

Mechanická vazba se uplatňuje jen u členitých nebo porézních povrchů. Kapalně lepidlo zatéká při lepení do pórů a prohlubní a po jeho ztuhnutí se vytvoří jakýsi pevný zámek mezi hmotou lepidla a lepeného materiálu. Mechanická vazba je velmi důležitá při lepení materiálů jako jsou dřevo, papír, keramika nebo pěnové plasty. Při lepení leštěných hladkých ploch je mechanická vazba zanedbatelná.

Chemická (specifická) vazba se uplatňuje u porézních i zcela hladkých povrchů. Tato teorie je založena na působení slabých van der Waalových elektrických přitažlivých sil mezi molekulami lepidla a lepeného materiálu, ale zejména na přímém chemickém působení lepidla na lepený povrch. Proto se dobře lepí materiály, které mají reaktivní povrch, nebo povrch chemicky upravený tak, aby mohla proběhnout chemická reakce mezi lepidlem a povrchem za vzniku kovalentní vazby. Velmi dobře se lepí oxidované povrchy (kovy, oxidované plasty), povrchy přírodních polymerů (dřevo, papír, celulóza) s volnými chemickými skupinami oxy-, hydroxy-, karbonyl-, karboxymethyl-, amino- (-O, -OH, -CO, -COCH₃, -NH₂) a jinými. Správně zvolené lepidlo musí obsahovat volné skupiny, schopné reakce s povrchem lepeného materiálu. Jako vysoce reaktivní skupiny se u lepidel vyskytují například skupiny epoxy-, hydroxy-, karboxy- (kyseliny), isokyanáto- a další.

Kromě mechanické a chemické vazby je mimořádně důležitá také *smáčivost* lepeného povrchu kapalným lepidlem. 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 – jsou polární. Dobře smáčí polární povrchy, dochází zde k podobné přitažlivosti jako mezi severním a jižním pólem dvou magnetů. Polární povrchy

jsou například dřevo, papír a jiné deriváty celulózy, mírně povrchově oxidované kovy, přírodní textilie, ale například i sklo a další. Naopak nepolární povrchy jsou mnohé plasty, vosk a syntetické textilie.

Polarita povrchu látek je příčinou vzniku tak zvané povrchové energie, která se vyjadřuje veličinou *povrchové napětí*. Čím je vyšší hodnota povrchového napětí, tím je pevný povrch nebo kapalina polárnější. Je-li povrchové napětí kapaliny nižší než povrchové napětí pevného povrchu, dojde k rozliti kapaliny po povrchu (smočení). Je-li naopak povrchové napětí kapaliny vyšší než napětí povrchu, kapalina se nerozlije a kapka kapaliny se drží na povrchu jako kulička. Nesmáčí-li kapalně lepidlo lepený povrch, adheze bude slabá a lepený spoj se rozpadne. Pro vyjádření povrchového napětí se používá jednotka mN.m, dříve dyn/cm. Hodnota obou jednotek je shodná.

Příklady polárních a nepolárních pevných látek:

Polární látky	Povrchové napětí
Celulóza	>70 mNm (dyn/cm)
železo	cca 60 mNm
PVC	40 - 45 mNm
Nepolární látky	Povrchové napětí
PE (polyethylen)	24 - 29 mNm
PP (polypropylen)	28 - 34
Silikon	< 20 mNm
teflon	< 20 mNm

Příklady povrchové napětí některých kapalin:

Voda	73 mNm
Ethanol	23 mNm
Toluen	28 mNm
Voda + saponát	24 – 40 mNm

Aby bylo možné lepit nepolární plasty, je nutné před lepením jejich povrch upravit tak, aby se stal polárnějším a aby se na něm vyskytovaly reakce schopné chemické skupiny. Proto se například polyethylen (PE) a polypropylen (PP) před lepením povrchově oxidují. Pro oxidaci se používá buď ošlehnutí plamenem, nebo působení silných oxidačních činidel (kyselina chromsírová nebo peroxid vodíku s kyselinou sírovou), ale nejčastěji tak zvaná *koronizace* elektrickým jiskrovým výbojem.

Jaký význam pro lepení má koheze ?

Koheze představuje vlastní pevnost vrstvy lepidla. 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 (dvousložkové epoxidy mají vysokou kohezi; měkké akryláty pro výrobu trvale lepivých samolepících etiket mají nízkou kohezi) a na tepelném namáhání lepeného spoje (většina jednosložkových lepidel jsou termoplasty – měknou při zvyšování teploty).

A co pevnost lepeného materiálu ?

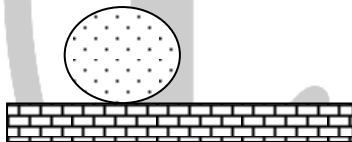
Pro výrobce lepidel je ideální navrhovat lepidlo pro lepení nesoudržných materiálů (papír, pěnový polyuretan, plst'), protože skoro každé lepidlo má pak větší kohezi než samotný lepený materiál. Při roztržení spoje dojde k porušení soudržnosti slepeného materiálu (např. papír se roztrhne vedle slepeného spoje).

Z výše uvedeného vyplývá:

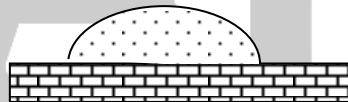
- nejlépe se lepí porézní povrchy polárních materiálů (dřevo, papír)
- povrchové napětí lepidla musí být vždy nižší než povrchové napětí lepeného povrchu, protože jinak nemůže dojít ke smočení povrchu lepidlem
- špatně se lepí nepolární materiály, jako jsou plasty (PE, PP, ABS silikon, PTFE). Jejich povrch je nutné před lepením polarizovat, například koronizací elektrickým výbojem
- nesoudržné materiály lze pevně lepit i měkkými lepidly (například papír lze pevně lepit velmi měkkým akrylátem pro výrobu samolepících etiket).

Ilustrační obrázky:

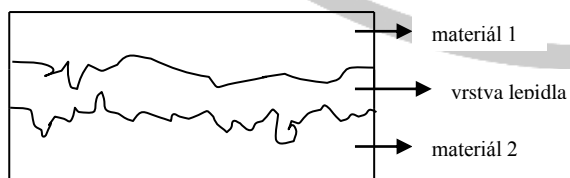
Kapalina povrch nesmáčí:



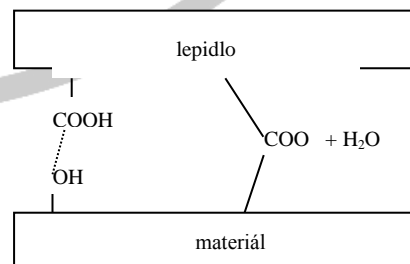
Kapalina povrch smáčí:



Mechanická vazba lepidla s povrchem:
(vznik mechanického „zámku“)



Chemická vazba lepidla s povrchem:
(vznik chemické vazby)



1.1.1 Princip lepení disperzními lepidly

Co je to disperze?

Disperze není roztok polymeru ve vodě. Disperze je směs vody s polymerem, který není ve vodě rozpuštěn, ale pouze dokonale rozptýlen v podobě velmi malých částic (0,1 až 1 μm). Aby se částice samovolně neusazovaly, udržuje je v rozptýleném stavu soustava povrchově aktivních látek, zejména tenzidy (saponáty) a ochranné koloidy (například polyvinylalkohol). Protože malé částice rozptylují světlo, mají disperze obvykle vzhled mléčně bílé kapaliny. Příkladem přírodní disperze je například latex přírodního kaučuku (izolovaný z kůry stromu kaučukovníku) nebo obyčejné mléko (disperze bílkovin a tuků ve vodě).

Jaká je hlavní vlastnost syntetických disperzí?

Zatímco v kapalném stavu lze disperzi libovolně ředit vodou, po odpaření vody z disperze vzniká film, který již vodou rozpustit nelze. Dále disperze mají při poměrně malé viskozitě vysokou sušinu (vysoký obsah polymeru).

Jaký je princip vzniku lepivého filmu?

Během schnutí disperze dochází k jevu zvanému *koalescence*. S tím, jak ubývá z vysychající disperze voda, se jednotlivé částičky polymeru k sobě přibližují a později se vlivem značných kapilárních sil k sobě tlačí takovou silou, že dojde k jejich vzájemnému prolnutí. Vzniká souvislý film polymeru, který je ve vodě nerozpustný. Většina filmů disperzí je bezbarvá, čirá. Koalescence nastává jedině tehdy, probíhá-li sušení při teplotách nad určitou mez – tak zvanou *minimální filmotvornou teplotu* (MFT). Při nižších teplotách se částice nespojí do souvislého filmu a vrstva suchého polymeru zůstává bílá, drobná. Koalescenci podporují některá činidla (koalescenty), vyrobená na bázi pomalu těkajících, vysokovroucích rozpouštědel (například butylglykolacetát). Koalescenty částičky polymeru změkčují a usnadňují tak jejich prolnutí. Podobně jako koalescenty také změkčovadla snižují MFT, takže souvislý film může vznikat již při poměrně nízkých teplotách. Běžným změkčovadlem je dibutylftalát (DBF), dnes nahrazován zdravím neškodným diisobutylftalátem (DIBF neboli DIBP). Změkčovadla se však do disperzí přidávají hlavně proto, aby výsledný film po vyschnutí zůstal trvale měkký.

1.1.2 Princip lepení rozpouštědlovými lepidly / kontaktní lepidla

Kaučuk a pryskyřice jsou rozpuštěny ve směsi organických rozpouštědel. Jednotlivé molekuly polymeru (kaučuku) jsou od sebe odděleny, ale při pohybu se do sebe různě zaplétají a brzdí se o sebe. To vytváří efekt „husté kapaliny“, viskozita rozpouštědlových lepidel je proto vždy vyšší než viskozita disperzí se stejnou sušinou.

Za zvláštní druh rozpouštědlových lepidel by bylo možné považovat i lepidla dextrinová nebo škrobová. Zde je dextrin rozpuštěn ve vodě, takže rozpouštědlo je voda.

U rozpouštědlových lepidel neexistuje proces koalescence a nemají žádnou minimální filmotvornou teplotu. Prostě vypařením rozpouštědla zůstane na povrchu film polymeru (kaučuku). A ten je díky svým adhezním vlastnostem vlastním lepícím materiálem.

Rozpouštědlo pomáhá dopravit molekuly kaučuku k povrchu lepených předmětů i do jejich pórů. V některých případech navíc dojde k naleptání povrchu lepených materiálů rozpouštědlem (ale to je vzácný případ, např. při lepení PVC trubek lepidly na bázi methylenchloridu nebo při lepení ABS lepidly s obsahem toluenu nebo ethylacetátu). Po úplném vytěkání rozpouštědla se potom spoj jeví jako „svařený za studena“.

Rozpouštědlová lepidla se často používají jako kontaktní. Kontaktní lepidlo se nanese na obě lepené plochy, ponechá se odvětrat (zavadnout), tj. částečně zaschnout. Dotykem prstu se povrch lepidla jeví jako nelepivý. Ovšem po přitisknutí obou lepených částí k sobě (tedy kontakt lepidlo-lepidlo) dojde k prolnutí vrstev polosuchého lepidla a tedy ke slepení. Kontaktní lepidla mají výhodu v počáteční (kontaktní) lepivosti, takže spoj poněkud drží ihned po stisknutí (vhodné pro lepení na svislé plochy, lepení spojů s trvalým pnutím ve spoji apod.). Protože prolnutí vrstev lepidla umožňují zbytky dosud nevytěkavého rozpouštědla, nesmí se lepidlo nechat přeschnout.

1.1.3 Princip lepení kyanoakrylátovými lepidly

Kyanoakryláty neboli vteřináky či prstolepy se vyznačují velmi rychlým vytvrzováním po pouhém stlačení lepených ploch. Čím to je? Kouzlo?

Ethylkyanoakrylát je nestabilní sloučenina. Kyanoskupina velmi ochotně reaguje s vodou a při této reakci vznikají na koncích řetězců molekul reaktivní („živá“) místa, které se navzájem propojují až do vzniku husté sítě propojených molekul. Navenek se to projevuje jako houstnutí řídké kapaliny až do úplného ztuhnutí a vytvrzení.

Na povrchu kapky kyanoakrylátu se tento proces projevuje neznatelně (pozvolné houstnutí lepidla). Ale pokud lepidlo rozprostřeme mezi dvě hladké plochy do co nejtenčího filmu, molekuly vody (vlhkost) pronikají do lepidla bleskově a vytvrzení je velmi rychlé. Takže už víte, proč vteřináky vytvrzují pomalu, když se použije nadbytek lepidla a proč houstnou ve špatně uzavřeném obalu (přístup vzdušné vlhkosti).

A proč se u některých typů sekundových lepidel vytváří mléčný nános („jinovatku“) okolo lepeného spoje?

Ethylkyanoakrylát se jako každá kapalina pozvolna vypařuje. Zároveň však reaguje se vzdušnou vlhkostí. Takže páry lepidla v okolí spoje zároveň vytvrzují a vytvářejí tak mikročástice vytvrzeného lepidla. Ty se usazují okolo lepeného spoje v podobě bílého nános. Tento nežádoucí jev lze odstranit použitím co nejmenšího nutného množství lepidla, a nebo použitím speciálního alkoxykyanoakrylátu se sníženou odpařivostí (Leabond KS 100). Také se nedoporučuje čerstvě slepený výrobek ihned balit do PE sáčku, protože výpary zbytku nezreagovaného lepidla, které nemohou odejít do volného prostoru, mohou potáhnout bílým povlakem celý výrobek.

1.1.4 Princip lepení jednosložkovými polyuretany (1K PU lepidla)

Polyuretany byly původně vyvinuty a vyráběny jako dvousložková lepidla. Ta byla založena na chemické reakci vícesytných alkoholů (polyolů) s vícefunkčními isokyanáty. Při poměrně rychlé reakci se všechno navzájem pospojovalo do vzniku husté polymerní sítě.

Protože však lidé jsou líní míchat dvě komponenty v předepsaném poměru, byla vyvinuta jednosložková PU lepidla. Byla vyrobena tak, že se ponechal reagovat polyol s nadbytkem isokyanátu. V pryskyřici tak zůstaly nezreagované isokyanátové skupiny. Ty jsou podobně jako kyanoakryláty (viz výše) citlivé na vodu, alkoholy, aminy, kyseliny apod. (tzv. aktivní vodík). Působením vzdušné vlhkosti na takové lepidlo dojde k rozkladu isokyanátové skupiny a zahájení síťující reakce, při které se vše divoce pospojuje. Kapalné lepidlo ztuhne. Tato reakce není tak rychlá jako u kyanoakrylátů. Tuhnutí obvykle postupuje rychlostí 4 mm za 24 mm do hloubky lepidla.

Jednosložkové polyuretany se proto musí uchovávat v suchu, podobně jako vteřináky. Výhodnější je, když jeden z lepených materiálů je savý. Při lepení obou nesavých ploch je občas nutné použít speciální primer (např. lepení autoskel, plastů apod.)

1.1.5 Princip lepení tavnými lepidly

Tavná lepidla jsou pevné látky, které po ohřevu na pracovní teplotu roztají a v tomto tekutém stavu pracují jako kapalné lepidlo. Při spojení lepených ploch před opětovným vychladnutím a ztuhnutím lepidla dojde ke slepení lepených ploch. Výjimkou jsou některá speciální tavná lepidla s dlouhou otevřenou dobou a tavná lepidla trvale lepivého charakteru.

Tavná lepidla se vyrábějí na bázi ethylenvinylacetátového kopolymeru (EVA), amorfního alfa polyolefinu (APAO), polyamidů (PA), polyuretanů (PU, HMPU) a nebo reaktivních polyolefinů (RPO). Výjimečně se vyrábí i z jiných typů polymerů. Zvláštním typem „tavných“ lepidel je kožní klíž pro knihaře – klíž se přímo netaví, ale při cca 70°C se ztekutí polotuhý gel klihu s obsahem asi 40% vody. Tím se pak lepí předsádky, kašírují desky knih apod. Klihová lepidla nezpůsobují prohnutí nebo kroucení lepenkových desek.

Tavná lepidla se taví v tavné komoře (objem od 4 l do 200 l), odtud se vedou buď do válcového aplikátoru (málo časté) nebo vyhřívanou hadicí do ruční stříkací pistole nebo automatické nanášecí hlavy. Pro občasné použití se používají pneumatické pistole s tavnou komůrkou integrovanou přímo do pistole. Pro hobby se používají tavné pistole na tyčinky. Tyčinka je mechanicky tlačena proti vyhřívané trysce.

Některá APAO lepidla jsou schopna (zejména při použití oboustranného nánosu) lepit ještě po několika minutách po vychladnutí. Jejich povrch se totiž chová podobně jako u kontaktních rozpouštědlových lepidel – po stlačení lepidla k lepidlu dojde k prolnutí vrstev lepidla. To je umožněno tím, že APAO polymer vytvrdne definitivně až po ukončení některých strukturálních změn uvnitř lepidla (krystalizace), a ty si vyžadují více času, než je k dispozici jen při vychladnutí.

A konečně některá kaučuková a nebo i EVA lepidla jsou sestavena tak, aby byla i za studena lepkavá. Používají se nejen na samolepící štítky a etiketování lahví, ale i na mnoho jiných aplikací (spojování plsti, kašírování látek).

Polyuretanová tavná lepidla jsou reaktivní, to znamená, že ke slepení materiálů nedojde jen prostým zchladnutím taveniny lepidla, ale i chemickou reakcí. Tato lepidla jsou vyrobena z PU pryskyřice s nadbytkem isokyanátu (NCO chemické skupiny). Při lepení se s těmito lepidly pracuje obvyklým způsobem (taví se však při nižších teplotách – okolo 130-140°C na rozdíl od klasických lepidel, která se zpracovávají při 160-210°C), ale po slepení během několika dnů dochází v lepidle k síťujícím reakcím vlivem vzdušné vlhkosti (obdobu jevu v 1K PU lepidlech – viz výše). Tyto síťující reakce výrazně zvýší teplotní odolnost spoje. HMPU lepidla jsou velmi vhodná pro lepení plastů a pro automobilové díly.

1.2 Druhy lepidel a jejich hlavní použití

1.2.1 Druhy lepidel

Druhy lepidel se volí podle:

- chemického druhu lepených materiálů (lepidlo, které je vhodné pro lepení dřeva nemusí dobře spojovat ocel)
- fyzikálních vlastností lepených materiálů (materiály tuhé, měkké, pružné, nesavé, savé...)
- požadavku na kvalitu spoje (spoje tvrdé, pružné, vodovzdorné, odolné teplotě, snadno rozlepitelné atd.)
- požadavku na technologii (nanášení válcem, štětcem, tryskou; rychlé nebo pomalé lepení atd.)

Základní dělení lepidel:

Lepidla kapalná:

- Reaktivní dvousložková (vytvrzují chemickou reakcí dvou složek): epoxidy, polyuretany, močovinoformaldehydová, fenolformaldehydová aj.
- Reaktivní jednosložková (vytvrzují vulkanizací vzdušnou vlhkostí): polyuretany, kyanoakryláty, silikony
- Rozpouštědlová (vytvrzují odpařením rozpouštědel): kaučuková, polyuretanová, nitrocelulózoá aj.
- Vodná roztoková (vytvrzují odpařením vody): škrobová, dextrinová, kaseinová, deriváty celulózy aj.
- Vodná disperzní (vytvrzují odpařením vody a spojením jednotlivých částec polymeru do souvislého filmu)

Lepidla pevná:

- Tavná (do lepidivého stavu se přivedou roztavením, vytvrzují ochlazením)
- Redispergovatelné prášky (rozmícháním ve vodě vznikne disperze, která vytvrzuje odpařením vody a spojením částic polymerů za vzniku souvislého filmu)

Z uvedených skutečností vyplývá, že také pevná lepidla musejí být před lepením převedena do kapalného stavu, aby bylo umožněno smáčení lepených povrchů.

LEAR

1.2.2 Hlavní použití jednotlivých druhů lepidel

Druh lepidla	Princip vytvrzování	Vhodné pro lepení materiálů	Aplikační oblast	výhody	nevýhody
REAKTIVNÍ LEPIDLA					
Epoxidová	Chem. reakce mezi pryskyřicí a tužidlem	Dřevo, kovy, keramika, sklo, kůže, termosety	Auta, letadla, konstrukční lepení dřeva	Velmi vysoká pevnost ve smyku, teplotní a chemická odolnost	Nedostatečná pevnost v odlupování z hladkých ploch, nelepí termoplasty, pomalé tuhnutí; vysoká cena
Polyuretanová dvousložková	Chem. reakce mezi pryskyřicí a tužidlem	Dřevo, kovy, termosety, kůže, některé termoplasty, sklo	Strojírenství, spojování plastových fólií, speciální lepení dřeva, dopravní prostředky, izolační materiály	Vysoká pevnost ve smyku i v odlupování, teplotní a chemická odolnost, adheze k obtížně lepitelným povrchům	Zdravotní škodlivost tužidla (isokyanáty), skladování tužidla v suchu; vysoká cena
Polyuretanová jednosložková	Vulkanizace vlivem vzdušné a povrchové vlhkosti	Dřevo, kovy, termosety, kůže, některé termoplasty, sklo	Strojírenství, spojování plastových fólií, speciální lepení dřeva, dopravní prostředky, izolační materiály	Jako dvousložková polyuretanová, ale o něco nižší kvalita spoje	Zdravotní škodlivost lepidla (isokyanáty), skladování v suchu; vysoká cena
Silikonová	Vulkanizace vlivem vzdušné a povrchové vlhkosti	Spíše pružné těsnící hmoty (tmely) proti protékání vody	Sanitární technika, stavebnictví	Vysoká odolnost proti vodě, pružný spoj	Pomalé tuhnutí, nepříliš vysoká pevnost spoje
Fenolformaldehydová	Zesíťování působením silně kyselého katalyzátoru a odpaření vody	Velmi pevné a vodovzdorné konstrukční lepení dřeva, výroba termosetů (bakelitu)	Dřevozpracující průmysl	Velká pevnost spoje	Krátká životnost kapalného lepidla, hnědé zbarvení a zdravotní a ekologická škodlivost; tužidlo je korozivní
Resorcinolformaldehydová	Zesíťování působením práškového tužidla a odpaření vody	Vysoce pevné a vodovzdorné lepení dřeva	Dřevěné lodě, lepené sítěrní konstrukce	Výborná pevnost lepeného dřeva, tužidlo nezpůsobuje korozí kovů	Hnědé zbarvení, zdravotní a ekologická škodlivost, vysoká cena
Močovinoformaldehydová	Zesíťování působením slabě kyselého katalyzátoru	Tvrdé lepení dřeva	Výroba dřevotřísky, překližky a dýchání dřeva	Nízká cena	Malá odolnost spoje proti vodě, malá životnost kapalného lepidla, zdravotní a ekologická škodlivost
Melaminformaldehydová	Zesíťování působením slabě kyselého katalyzátoru a odpaření vody	Tvrdé a vodovzdorné lepení dřeva, povrchové lepení dřeva, lamináty	výroba laminátů na dřeva, konstrukční vodovzdorné lepení dřeva	vysoká pevnost a vodovzdornost, bílý spoj	vysoká cena, relativně křehký spoj
Kyanoakrylátová	Vulkanizace vlivem vzdušné a povrchové vlhkosti	Okamžité lepení kovů, některých plastů, pryže, dřeva	Strojírenství, hobby	Bleskové lepení	Vysoká cena, příliš křehký a nepružný spoj, nedostatečná teplotní odolnost spoje
ROZPOUŠTĚDLOVÁ					
Chloroprenová	Odpaření rozpouštědel a vulkanizace kaučuku přítomnými aditivy	Kontaktní lepení kůže, pryže, plastů, kovů a dřeva	Obuvnictví, strojírenství, stavebnictví	Pružný a poměrně odolný spoj; snížená hořlavost suchého lepidla	Pomalá vulkanizace, nelepí termoplasty kromě PS a PVC
Polyuretanová	Odpaření rozpouštědel, eventuelně reakce s tužidlem, je-li použito	Kontaktní lepení kůže, pryže, plastů (PVC, PU, PS, PMMA), kovů, dřeva	Obuvnictví, strojírenství, dopravní prostředky	Dobrá adheze k plastům, pružný spoj	Vyšší cena, bez tužidla omezená teplotní odolnost
Kaučuková (z přírodního kaučuku)	Odpaření rozpouštědel	Kontaktní lepení kůže, pryže; pomocné lepení	obuvnictví	Výborná adheze k pryži, velmi pružný spoj, nízká cena	Problém stárnutí (křehnutí) lepidla ve spoji, malá koheze
Kaučuková (ze styrenbutadienového kaučuku – SBR)	Odpaření rozpouštědel	Kontaktní lepení kůže, pryže, PU pěny	Stavebnictví, výroba nábytku (čalounění)	Velká kontaktní lepicost, pružný spoj	Nepříliš vysoká koheze a teplotní odolnost

Druh lepidla	Princip vytvrzování	Vhodné pro lepení materiálů	Aplikační oblast	výhody	nevýhody
Polyvinylacetátová	Odpaření rozpouštědel	Transparentní lepení dřeva, papíru, textilu, skla a některých plastů (PS, PMMA)	Výroba nábytku, hračky, hobby	Čirý spoj, dobrá adheze k polárním povrchům	Vysoká cena, omezená chemická a tepelná odolnost spoje
Nitrocelulózo vá	Odpaření rozpouštědel	Transparentní lepení dřeva, papíru, textilu	hračky, hobby	Rychlé lepení, dobrá adheze ke dřevu a papíru	Vysoká cena, vysoká hořlavost kapalného i zasklého lepidla
VODNÁ ROZTOKOVÁ					
Škrobová	Odpaření vody	Papír (etikety, pytle, trubice)	Papírenský průmysl	Nízká cena, dobrá lepivost papíru	Není vodovzdorné, snadné mikrobiální napadení (hnití)
Dextrinová	Odpaření vody	Papír (etikety, pytle, trubice)	Papírenský a obalový průmysl	Nízká cena, dobrá lepivost papíru	Není vodovzdorné, snadné mikrobiální napadení (hnití)
Kaseinová	Odpaření vody	Papír (etikety)	Obalový průmysl	Relativně rychlá lepivost papíru na nesavé povrchy	Není vodovzdorné, snadné mikrobiální napadení (hnití), kolísavá cena
Klihov á (glutinová)	Ochlazení roztoku a odpaření vody	dřevo, kartonáž, povrchové úpravy papíru	hudební nástroje, obalový průmysl	poměrně rychlé lepení	poměrně drahé, snadné mikrobiální napadení, práce za tepla
Karboxymetylcelulózo vá	Odpaření vody	Papír (tapety)	Papírenský průmysl, hobby	Dlouhá otevřená doba	Není vodovzdorné, snadné mikrobiální napadení (hnití)
Vodní sklo	Odpaření vody	Papír (trubice, pytle)	Papírenský průmysl	Nízká cena	Není vodovzdorné, příliš křehké
VODNÁ DISPERZNÍ					
Akrylátová	Odpaření vody a spojení částic do souvislého filmu	Papír, plasty (včetně PE, PP), textilie, dřevo	Obalový průmysl, stavebnictví, dopravní prostředky	Velké množství variant, vysoká odolnost proti UV záření a stárnutí, relativně vodovzdorné	Vysoká cena, omezená teplotní odolnost spoje
Styrenakrylátová	Odpaření vody a spojení částic do souvislého filmu	Keramika, měkčené PVC, beton	Stavebnictví (spíše přípravky do malt a betonu)	Nízká cena, vysoká odolnost proti UV záření a stárnutí	Horší adheze než akryláty, nižší pružnost
Polyvinylacetátová	Odpaření vody a spojení částic do souvislého filmu	Dřevo, papír, stavební keramika	Papírenský a dřevozpracující průmysl, knihy, stavebnictví	Nízká cena, pružný a někdy i vodovzdorný spoj, výborná adheze ke dřevu a papíru	Horší chemická odolnost než akryláty, menší odolnost proti povětrnosti, nelepí plasty
Kopolymerní vinylacetátová (EVA kopolymery, VeoVA kopolymery, PVAc-akrylátové kopolymery)	Odpaření vody a spojení částic do souvislého filmu	Upravený papír, plastové folie	Obalový průmysl, polygrafie, knihy	Příjemné ceny, výborná adheze k papíru a lakovanému papíru, pružnost bez změkčovadel	Horší chemická odolnost než akryláty, menší odolnost proti povětrnosti, nelepí nepolární plasty
Kaučuková (z latexu přírodního kaučuku)	Odpaření vody a spojení částic do souvislého filmu	Textil, PU pěny, kůže, pryž	Obuvnictví, výroba nábytku (čalounictví)	Rychlý nárůst počáteční lepivosti, velmi pružný spoj	Zápach čpavku, malá životnost kapalného lepidla, stárnutí lepidla ve spoji
Kaučuková (ze styrenbutadienových o kaučuku)	Odpaření vody a spojení částic do souvislého filmu	Textil, papír	Povrchové úpravy papíru, výroba koberců (lepení rubové mřížky)	Nízká cena, možnost použít velký poměr plniv	Stárnutí lepidla ve spoji
Polyuretanová	Odpaření vody a spojení částic do souvislého filmu	Plastové folie, upravený papír, textil, PU pěny	Auta, obalový průmysl, výroba čalounění	Výborná adheze k mnoha materiálům, možnost použít tužidla, chemická a teplotní odolnost	Vysoká cena; někdy nutná drahá nanášecí technologie
TAVNÁ					
EVA kopolymery	Ochlazení taveniny	Dřevo, papír, upravený papír, skoro všechny plasty, textilie, PU pěny	Výroba nábytku, obalový průmysl, knihářství, auta	Velmi rychlé lepení, dobrá adheze k mnoha materiálům (včetně PE, PP)	Vyšší ceny, nákladné nanášecí zařízení, omezená teplotní a chemická odolnost spoje

Druh lepidla	Princip vytvrzování	Vhodné pro lepení materiálů	Aplikační oblast	výhody	nevýhody
APAO polymery	Ochlazení taveniny	pěnové hmoty, plasty	čalounění, dopravní prostředky	dlouhá otevř. doba, vyšší tepl. odolnost	mírně vyšší cena
Polyuretany	Ochlazení taveniny + zesíťování vzduš. vlhkostí	plasty, pěnové hmoty, pryž	dopravní prostředky	velmi vysoká tepl. a chem. odolnost, nízká aplikační teplota, delší otevř. doba	velmi vysoké ceny, speciální aplikační zařízení bez přístupu vzduchu
Polyamidy	Ochlazení taveniny	Kůže, pryž, plasty	Obuvnictví, dopravní prostředky	Velmi rychlé lepení, dobrá adheze k mnoha materiálům, vysoká tepl. odolnost	Velmi vysoké ceny, vysoká aplikační teplota
PRAŠKOVÁ					
Polyvinylacetátová	Odpaření vody a spojení částic do souvislého filmu	Dřevo, keramika, beton	Stavebnictví (lepidla na obkladačky a izolace)	Neomezená životnost skladovaného lepidla, příznivá cena	Nutnost rozpouštění před použitím, omezená chemická odolnost
Močovinoformaldehydová	Odpaření vody a vytvrzení chem. reakcí s katalyzátorem	dřevo	Nábytkářství (dýchování)	Dlouhá skladovatelnost lepidla, dlouhá otevř. doba	ze spoje trvale uvolňuje formaldehyd

2 OBECNÝ POSTUP VOLBY LEPIDLA

2.1 Parametry, na kterých závisí volba lepidla

- chemická podstata lepeného materiálu (plasty, dřevo, kovy...)
- savost lepených materiálů
- požadavky na technologii lepení (nanášení ručně, strojem, za studena, za tepla...)
- požadavky na rychlost lepení (takt výrobní linky)
- požadavky na otevřenou dobu
- požadavky na pevnost spoje (lepidla fixační nebo permanentní)
- požadavky na teplotní odolnost spoje
- požadavky na vodovzdornost lepeného spoje
- požadavky na tuhost nebo ohebnost lepeného spoje
- požadavky na mechanické namáhání spoje během lepení (před vytvrdnutím lepidla)

K jednotlivým parametrům:

a) Chemická podstata lepených materiálů:

- kovy: reaktivní lepidla (epoxidy, polyuretany), výjimečně kontaktní chloroprenová lepidla
- nepolární plasty (PE, PP): nejlépe svařování, výjimečně sekundové kyanoakryláty po úpravě povrchu primerem nebo pro měkké folie tlakově citlivá lepidla („samolepky“) po úpravě povrchu koronizací
- polární plasty (PET, PVC, termosety): reaktivní lepidla (epoxidy, polyuretany), při lepení na savé podklady také disperzní nebo rozpouštědlová lepidla
- papír: PVAc disperze, akrylátové disperze, škrobová a kaseinová lepidla
- dřevo: PVAc disperze, klíž, močovinná lepidla, fenolická lepidla, epoxidy

b) Savost materiálů:

- oba materiály nesavé: jen reaktivní lepidla tuhnoucí chemickou reakcí složek A + B (epoxydy, polyuretany, kyanoakryláty) případně tavná lepidla tuhnoucí ochlazením taveniny (EVA kopolymery, polyamidy, polyuretany). Pro méně namáhané spoje se používají kontaktní chloroprenová nebo disperzní lepidla nebo tlakově citlivá lepidla (samolepky).
- jeden materiál savý, druhý nesavý: disperzní nebo rozpouštědlová lepidla
- oba materiály savé: disperzní nebo rozpouštědlová lepidla

c) Technologie lepení:

- ruční nános: pistolí (rozpouštědlová nebo disperzní), štětec nebo stěrka (rozpouštědlová nebo disperzní nebo reaktivní), speciální dávkovače bez přístupu vzduchu (kyanoakryláty, polyuretany, silikony)
- strojní nános: stříkání (všechny druhy i tavná lepidla), válečky a kotouče (všechny druhy, málo často reaktivní lepidla), speciální dávkovače (reaktivní lepidla)

Podle technologie se volí vhodná viskozita lepidla.

- lepení za studena (disperze, rozpouštědlová lepidla)
- lepení za tepla (některá reaktivní lepidla, např. močovinová, fenolická, PUR, tavná lepidla)
- lepení po tepelné aktivaci (polyuretany, akrylátové disperze, EVA disperze)

d) Rychlost lepení:

- relativně pomalá lepidla (obuvnická kontaktní, podlahářská, čalounická pro velké plochy – všude tam, kde dlouho trvá nanášení na větší plochy)
- relativně rychlá lepidla (sekundové kyanoakryláty, čalounická lepidla, papírenská lepidla)

e) Otevřená doba:

- neomezená otevřená doba: tlakově citlivá lepidla (anglická zkratka PSA) - samolepky
- dlouhá otevřená doba: speciální kontaktní lepidla (obuvnictví, podlahoviny), některá reaktivní lepidla (močovinová, epoxidová, některé dvousložkové polyuretany)
- krátká otevřená doba: PVAc disperze na dřevo a papír, kyanoakryláty, čalounická rozpouštědlová lepidla

f) Pevnost spoje:

- fixační (dočasný nebo pomocný spoj) : kaučuková rozpouštědlová nebo disperzní lepidla, některé akrylátové disperze, některé samolepky
- permanentní: reaktivní lepidla, většina rozpouštědlových a disperzních lepidel, speciální samolepky

Zde záleží také na pevnosti lepeného materiálu. Stejné lepidlo může slepit fixačně dřevo, ale permanentně papír nebo plst'.

g) Teplotní odolnost spoje:

- nízká: tlakově citlivá lepidla – samolepky (akryláty, tavná lepidla) - od -30 do 50-70°C
- střední: rozpouštědlová a disperzní permanentní lepidla - do 80-100°C
- vysoká: dvousložková rozpouštědlová nebo disperzní lepidla nebo reaktivní lepidla – do 120-140°C, silikony do 200°C
- velmi vysoká: anorganické tmely na bázi vodního skla apod. – do 600°C

h) Vodovzdornost spoje:

- nízká: lepidla z přírodních materiálů (klíh, škrob, dextrin, deriváty celulózy), močovinová
- střední: disperzní PSA, rozpouštědlová a disperzní lepidla
- vysoká: speciální disperzní lepidla (PVAc, akryláty, PUR), reaktivní lepidla (fenolická, PUR, epoxidy, silikony)

i) Ohebnost nebo rigidita (nepoddajnost) spoje:

- měkká: trvale lepidivé samolepky (speciální akryláty, speciální tavná lepidla)
- pružná a ohebná: kaučuková lepidla (NR, SBR, CR, PUR kaučuky), akrylátové a PUR disperze
- tuhá (rigidní): dvousložkové PUR, epoxidy, PVAc disperze, fenolická, škroby a kasein
- křehká: močovinová, kyanoakryláty, vodní sklo, většina jednosložkových reaktivních PUR

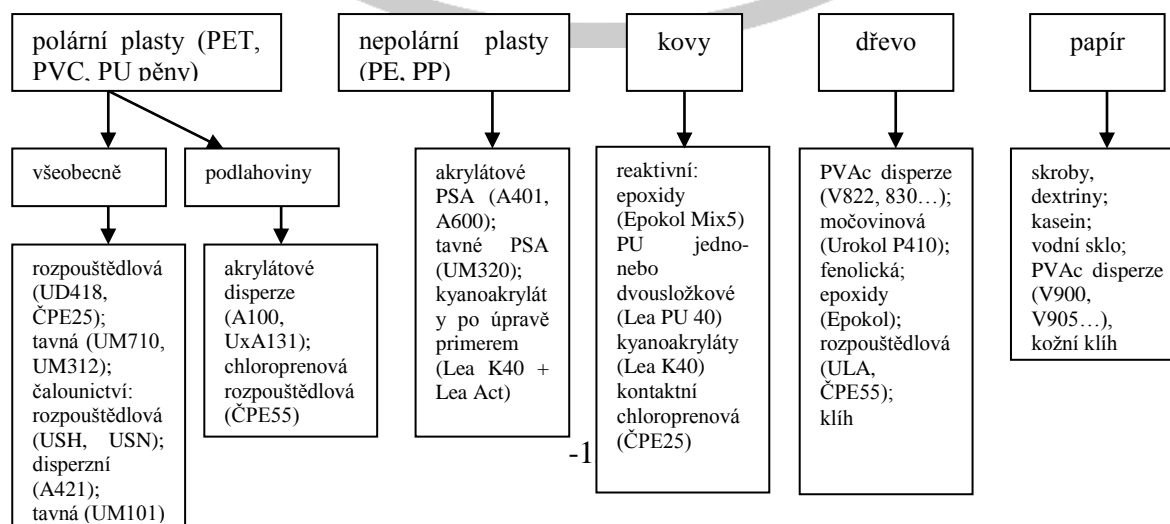
j) Mechanické napětí ve spoji před vytvrzením lepidla:

- není napětí, spoj může zůstat v lisu nebo ve svorkách: reaktivní lepidla, disperzní lepidla
- je napětí, spoj se musí udržet pohromadě hned po slepení (lepení na šikmé plochy, lepení čalounění, výroba obuvi): kontaktní rozpouštědlová nebo disperzní lepidla
- je napětí, spoj se musí udržet pohromadě chvíli po uvolnění stisku : tavná lepidla, papírenská PVAc lepidla (výroba krabiček a sáčků).

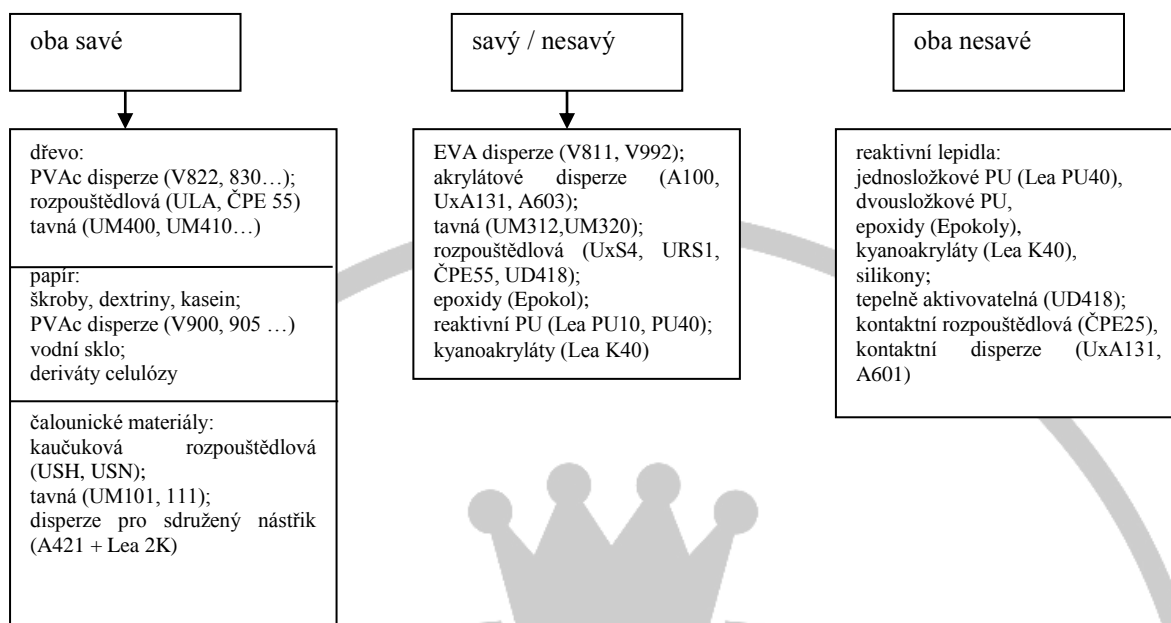
Výběr lepidla je komplexní záležitost. Je nutné posoudit všechna uvedená hlediska. V některých oborech (podlahářství, čalounictví) se samozřejmě pravidelně opakují obdobné požadavky a pak již není nutné posuzovat všechny vlivy.

2.2 Volba lepidla

2.2.1 Chemická podstata lepených materiálů



2.2.2 Savost lepených materiálů



2.2.3 Teplotní odolnost lepeného spoje

Teplotní odolnost spoje se testuje různými způsoby. Závisí i na předpokládaném použití (rozdílné požadavky má například lepení kartónových krabic, čalounění a automobilových konstrukčních prvků...).

Přibližné teplotní odolnosti lepidel (při obvyklém užití):

AKRYLEP 100	70°C
AKRYLEP 401	70 (folie), 100 (kašírování tkanin)
AKRYLEP 421 s Lea 2K	80
AKRYLEP 500-560	50-70
AKRYLEP 600-621	50-60
AKRYLEP 630-631	60-70
AKRYLEP 640-641	50-60
ČESKÝ PREN E25 jednosl.	90
ČESKÝ PREN E25 s Leab. SBS	110
ČESKÝ PREN E55	80
EPOKOL Mix5	90-100
LEABOND K40	110
LEABOND PU 10, PU 20	120
LEABOND PU 40	120
ROBINOL CE	80
UNILEP D418 jednosl.	60
UNILEP D418 s Leab. SBS	90
UNILEP D428 s Leab. SBS	110
UNILEP LA	80-100
UNILEP RS1 jednosl.	80

UNILEP RS1 s Leab. SBS	100
UNILEP SPRAY H11, H33, H35	50 -60
UNILEP SPRAY H22	90
UNILEP SPRAY N2	50
UNIMELT 101	95
UNIMELT 310	90
UNIMELT 400	85
UNIMELT 710	75
UNIXIN A131	60
UNIXIN C50	80
UNIXIN S4	60
VINALEP 800-830	70-85
VINALEP 900-970	70-80
VULKAN CEMENT	80
VULKAN CHAMPION	80°C

2.2.4 Vodovzdornost lepeného spoje

Tento parametr závisí na tom, které materiály se lepí. Savé materiály (papír, dřevo) propouštějí vodu k lepenému spoji, proto jsou nároky na lepidlo vyšší. Naopak nesavé materiály jsou vždy lepeny reaktivními lepidly, která jsou proti vodě odolnější než nezesíťovaná lepidla používaná pro savé materiály.

2.2.4.1 Lepení dřeva

Klesající vodovzdornost spoje:

Epoxidy = resorcinolová > fenolformaldehydová = polyuretanová > melaminformaldehydová
 ≥ PVAc disperzní > močovinoformaldehydová = klišová

2.2.4.2 Lepení papíru

PVAc disperzní > klišová ≥ kasein > škroby > vodní sklo ≥ dextrin

2.2.4.3 Lepení podlahových krytín a obkladů

Polyuretanová > rozpouštědlová chloroprenová ≥ rozpouštědlová kaučuková ≥ disperzní
 akrylátová > disperzní PVAc

P.S.: Lepte a hřebíky a šrouby vůbec nepoužívejte ...

Poradenské centrum společnosti LEAR, a. s. – www.lear.cz.

Máte další otázky? Neváhejte nás kontaktovat na info@lear.cz