

VLIV PLASMOVÁNÍ NA PEVNOST LEPENÝCH SPOJŮ U PP DESEK

Filip Jeník^{1,*}

¹ ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav materiálového inženýrství, Karlovo nám. 13, 121 35 Praha 2, Česká republika

Abstrakt

Pevnost lepeného spoje především závisí na vlastnostech spojovaných povrchů. Plazmovou úpravou lze ovlivnit velikost adheze. Byly provedeny zkoušky pevnosti lepených spojů hliníkového plechu s deskami z polypropylénu bez úpravy povrchu lepidlem, které je a které není vhodné pro lepení nepolárních polymerů. Lepidlo určené pro lepení nepolárních polymerů má přibližně dvojnásobnou cenu. Snahou bylo na povrchu nepolárního plastu vytvořit polární skupiny, které by umožnily používat levnější lepidlo při zachování stejné pevnosti lepeného spoje, které bylo dosaženo dražším lepidlem.

Klíčová slova: lepení polyolefinů; plasma; povrchové napětí; polypropylen

1. Úvod

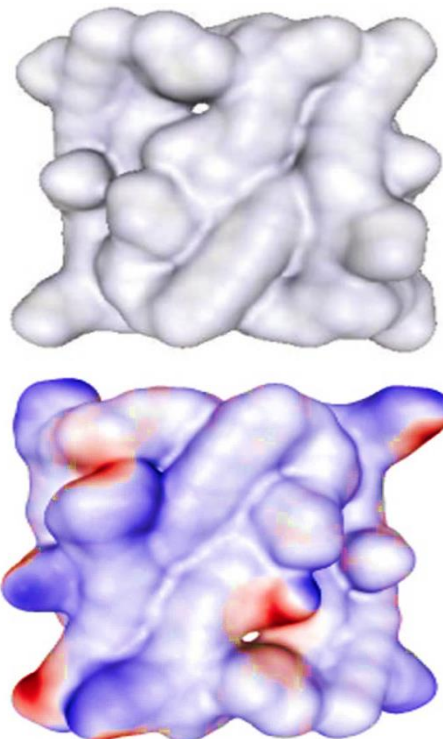
Lepení je dnes již zavedeným postupem pro spojování jakýchkoli materiálů, které přináší proti konvenčním metodám, jako jsou svařování či šroubové a nýtové spoje, řadu výhod. Mezi tyto výhody patří: odlehčení celkové hmotnosti konstrukce, možnost spojování různých materiálů, izolační vlastnosti spoje, neovlivnění spojovaného materiálu, tlumení vibrací a v neposlední řadě cena. Lepení samozřejmě neprovázají pouze samé výhody. Zásadní nevýhodou lepených spojů je jejich špatná odolnost proti odlupování. Ta se řeší pomocí speciálních úprav konstrukce spoje. [1]

Dalším problémem omezujícím použití lepených spojů je malá teplotní odolnost lepidel. Pro teplotně náročnější aplikace je tedy využívání lepených spojů naprosto nevhodné. Nevýhodou se také ukazuje potřeba povrchových předúprav materiálů, které mají zásadní vliv na kvalitu a odolnost spoje. Při nedodržení přesných technologických postupů hrozí významný pokles pevnosti spoje. Tyto předúpravy komplikují a prodlužují celý technologický proces. Výrobní čas je v případě lepení prodloužen i z důvodu vytvrzování spoje, které se často musí kombinovat s přetlakem či zvýšenou teplotou.

Tato práce je zaměřena na vytváření lepených spojů mezi hliníkovou deskou a deskou z nepolárního polymeru - polypropylénu.

Při vytváření kvalitního lepeného spoje je potřeba zajistit soudržnost lepidla s povrchem mechanicky, fyzikálně nebo chemicky. Lepidla doporučená výrobcem lepidel pro nepolární polymery jsou minimálně dvakrát dražší, než pro lepení polárních polymerů. Navrhovaný způsob úpravy povrchu nepolárních polymerů je založen na principu vytvoření polárních skupin na molekulovém řetězci nepolárního polymeru pomocí působení plasmu. Povrch desky z polypropylénu je vystaven po určité době působení nízkotlakého plazmového výboje. Prostředí, ve kterém k plazmovému výboji dochází, může být různé [2]. Tímto procesem se na makromolekulách, které přijdou do styku s plasmou, vytvoří polární skupi-

ny, které jsou schopny zajistit lepší adhezi k lepidlu. Množství vytvořených polárních skupin závisí na vedení procesu. Model řetězce [2] simulující změnu elektronegativity pro jiný nepolární polymer a to polyethylen (PE) je na Obr. 1a pro původně nepolární řetězec a na Obr. 1b pro řetězec po plazmové úpravě. Místa se změnou polaritou jsou na Obr. 1b barevně označena. Na lepení po provedené plazmové úpravě povrchu, kdy na něm byly vytvořeny polární skupiny, by mohlo být použito levnější lepidlo, určené pro lepení polárních plastů.



Obr. 1 Model řetězce PE pro simulaci změny elektronegativity [2]

- a- základní stav řetězce,
- b- řetězec s plazmovou úpravou

2. Experiment

2.1. Provedení lepeného spoje

Účinnost použitých povrchových úprav byla zkoušena pomocí lepených spojů, konkrétně pomocí vzorků, připravených dle doporučení v [3]. Byly spojovány vzorky z plastových a kovových desek dvěma různými lepidly. První vybrané lepidlo není určeno pro lepení materiálů s nízkou povrchovou energií (označeno BA – bad adhesive), zatímco druhé lepidlo je speciálně vyvinuto i pro takto těžko lepitelné materiály (označeno GA – good adhesive). Při takto odlišně zvolených lepidlech by měla být dobře pozorovatelná funkčnost a uplatnitelnost povrchových úprav.

2.2. Použité materiály a lepidla

2.2.1 Polypropylén

Polypropylen (PP) patří mezi skupinou plastů nazývaných polyolefiny. Tyto materiály jsou nepolární, vyznačují se nízkým povrchovým napětím. Povrch má špatnou smáčivost pro polární kapaliny. Naše vzorky byly nařezány na rozměr 25 x 100 mm, tedy jak je doporučeno v normě [3] z polypropylenové desky PP-H (NATURAL) o tloušťce 4 mm.

2.2.2 Lepidlo nevhodné pro vytvoření spoje hliník polypropylén

Šedé epoxidové dvousložkové lepidlo, vytvrzované při pokojové teplotě. Lepidlo je dodáváno v dvoukomorové kartuši, směšovací poměr složek je 1:1, nanáší se pomocí aplikační pistole a směšovací trysky. Doba vytvrzování pro dosažení úplné pevnosti je 7 dní. Lepidlo je vhodné k lepení kovů, dřeva, zdiva, řady druhů plastů a pryží. Lepidlo není vhodné k lepení plastů s nízkou povrchovou energií (tedy např. PP).

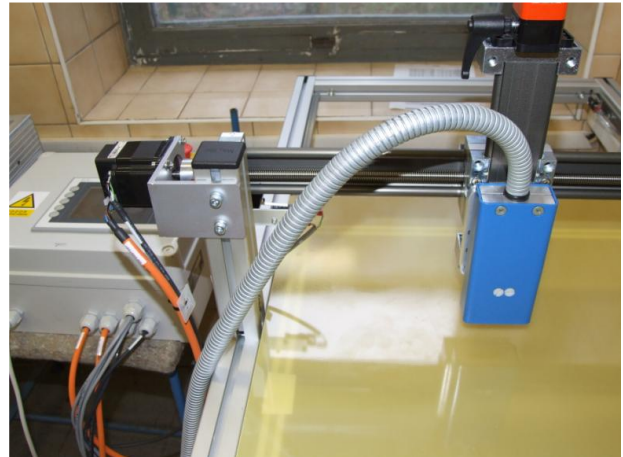
2.2.3 Lepidlo vhodné pro vytvoření spoje hliník polypropylén

Konstrukční lepidlo na bázi akrylátu, vytvrzované při pokojové teplotě. Lepidlo je dodáváno v dvoukomorové kartuši, směšovací poměr složek je 10:1, nanáší se pomocí aplikační pistole a směšovací trysky. Doba vytvrzování pro dosažení úplné pevnosti je 24 hodin. Lepidlo je především určeno pro spojování polyolefinů, tedy plastů s nízkou povrchovou energií. Toto lepidlo je přibližně dvakrát dražší.

2.3. Úprava povrchu polypropylénu plasmou

Plazmování bylo provedeno tryskou model GVN1k-2011 od firmy SurfaceTreat viz Obr. 2. Zařízení generuje plazma za atmosférického tlaku. Jedná se o neizotermické plazma, které je vytvářeno klouzavým elektrickým výbojem tzv. gliding arc. Pracovním plynem byl při našich experimentech vzduch, vodní pára nebo etylalkohol.

Plazmování probíhalo ve vzdálenosti 10 mm od povrchu vzorků z polypropylénu. Rychlost plazmování byla $100 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, dále byly provedeny experimenty rychlostí 50, 150 a $200 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$. Tryska v procesu plazmování je zobrazena na Obr. 3.

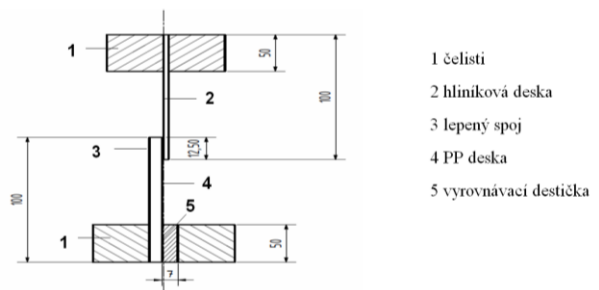


Obr. 2 Tryska pro plazmovou úpravu [2]



Obr. 3 Tryska pro plazmovou úpravu [2]

Byly vytvořeny přeplátované vzorky se slepenou plochou 25x12,5 mm [3] viz Obr. 4. Zkouška tahem byla provedena na univerzálním trhacím stroji ZD 10 při rychlosti polohování $20 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$.

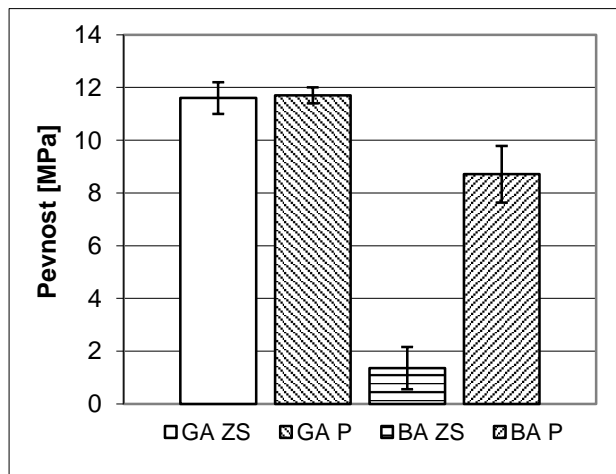


Obr. 4 Schéma vzorku upnutého do čelistí zkušebního zařízení, s pomocnou vyrovnávací destičkou

3. Výsledky experimentu

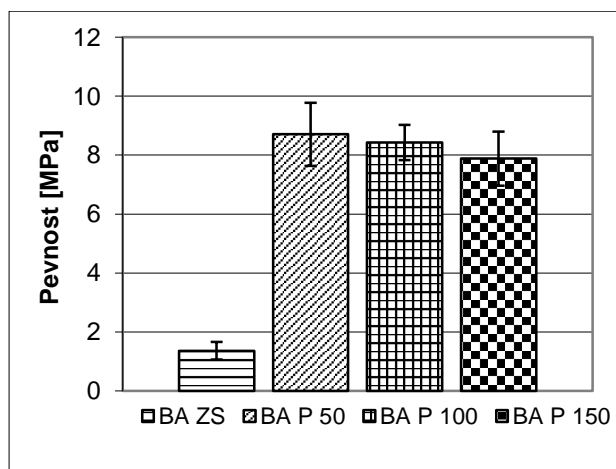
Ze zkoušky tahem byly naměřeny síly k potřebné k porušení spoje. Pevnost byla počítána jako podíl této síly a plochy lepeného spoje. Pro každý typ spoje bylo zkoušeno minimálně 10 vzorků.

Vzorky připravené vhodným lepidlem pro lepení nepolárních polyolefinů, dosahovaly pevnosti $11,6 \pm 0,6$ MPa (GA ZS). Po plasmové úpravě byla dosažena pevnost $11,7 \pm 0,3$ MPa (GA P). Při použití nevhodného lepidla pro použitý materiál bez plasmové úpravy bylo dosaženo pevnosti pouhých $1,4 \pm 0,8$ MPa (BA ZS). Po aplikaci plasmové úpravy povrchu PP pevnost spoje vzrostla na $8,7 \pm 1,1$ MPa (BA P). Rychlost plasmové úpravy byla $50 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, pracovním plynem při plasmování byl vzduch. Výsledné hodnoty jsou znázorněny na Obr. 5.



Obr. 5 Vliv použitého lepidla a plasmové úpravy na pevnost spoje

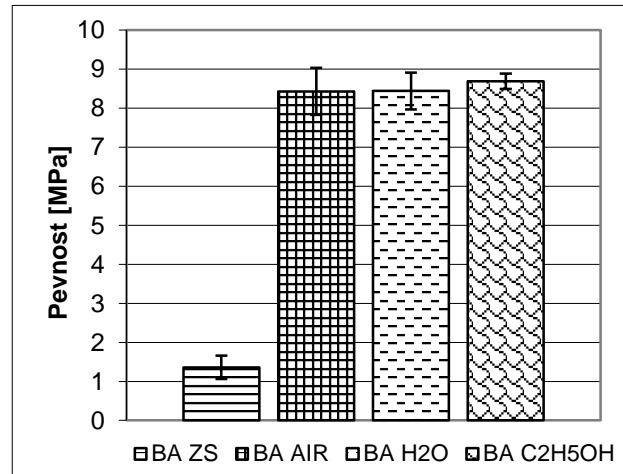
Pro zjištění účinnosti plasmové úpravy v závislosti na rychlosti pohybu trysky nad upravovaným povrchem byly vzorky upraveny rychlostmi 50 , 100 a $150 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$. Po úpravě rychlostí $50 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ vykazovaly spoje pevnost $8,7 \pm 1,1$ MPa (BA P 50), při rychlosti $100 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ byla dosažena pevnosti $8,4 \pm 0,6$ MPa (BA P 100) a při plasmování rychlostí $150 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ byla pevnost spojů $7,9 \pm 0,9$ MPa (BA P 150). Zjištěné hodnoty jsou uvedeny na Obr. 6.



Obr. 6 Graf vliv rychlosti plasmování na pevnost spoje

Tryska pro plasmovou úpravu povrchů byla během experimentů upravena. Díky těmto úpravám bylo možno pracovní plyn, kterým je vzduch, obohacovat o další plyny. Následující experimenty byly provedeny

s přidavkem vodní páry a etylalkoholu. Úpravy probíhaly za rychlosti plasmování $100 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$. Při obohacování plynu vodní párou bylo dosaženo pevnosti spoje $8,4 \pm 0,5$ MPa (BA H₂O) a po obohacení etylalkoholem bylo dosaženo pevnosti $8,7 \pm 0,2$ MPa (BA C₂H₅OH). Hodnoty pevností jsou uvedeny na Obr. 7.



Obr. 7 Graf vlivu prostředí při plasmování na pevnost spoje

3. Závěr

Bylo provedeno porovnání pevnosti lepeného spoje mezi hliníkovou a polypropylénovou deskou. Při použití lepidla určeného pro lepení nepolárních povrchů je pevnost $11,6$ MPa, po plasmové úpravě se pevnost spoje s použitím tohoto lepidla už nezměnila. Jinak tomu bylo při použití lepidla, které není vhodné pro lepení nepolárních povrchů. Pevnost spoje bez úpravy povrchu polypropylénové desky byla pouze $1,4$ MPa. Po slepení desky po plasmové úpravě, kdy pracovním plynem plasmování byl vzduch, pevnost spoje vzrostla na $8,7$ MPa. Změna rychlosti plasmování měla vliv na pevnost takto vytvářeného spoje pouze v řádu jednotek procent. Změna pracovního plynu plasmování nezpůsobila znatelnou změnu pevnosti, ale při použití přísady etylalkoholu do plasmovacího procesu byl pozorován nejmenší rozptyl výsledků. Prací byl prokázán pozitivní vliv plasmování na pevnost lepeného spoje při použití levnějšího lepidla. Ve výzkumu je i nadále pokračováno. Další oblastí výzkumu je hledání ideálních parametrů plasmování tak, aby bylo dosaženo co nejvyšší pevnosti lepeného spoje při zároveň vysoké rychlosti úpravy.

Poděkování

Děkuji za cenné rady a pomoc při experimentech ing. Zdeňce Jeníkové, Ph.D.

Výsledky tohoto projektu LO1207 byly získány za finančního přispění Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy v rámci účelové podpory programu „Národní program udržitelnosti I“

Literatura

- [1] PETERKA, Jindřich. Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství. 1. vyd. Praha: SNTL, 1980.
- [2] HLADÍK, Jan. Aplikace plazmových technologií pro úpravy a zušlechťování povrchů práškových hmot. Liberec, 2007. Disertační práce. TUL, Strojní fakulta. Vedoucí práce Petr Špatenka.
- [3] ČSN EN 1465: Lepidla - Stavování pevnosti ve smyku při tahovém namáhání přeplátovaných lepených sestav. ÚNMZ, 2009.
- [4] SurfaceTreat [online]. Turnov, b.r. [cit. 2017-06-13]. Dostupné z: <http://surfacetreat.cz/cs/domu/>