



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

HYBRIDNÍ LEPENÉ SPOJE

HYBRID BONDED JOINTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Samuel Godál

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaroslav Kubíček

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Samuel Godál**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Jaroslav Kubíček**
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Hybridní lepené spoje

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Moderní metody hybridního spojování jsou v konstrukci karoserie automobilů stále používanější. Jedná se o mechanické způsoby spojování v kombinaci s lepením, kdy se současně využívá primárních výhod obou technologií.

Cíle bakalářské práce:

1. Vypracování literární studii se zaměřením na výrobu karoserií.
2. Zhodnocení současného stavu a doporučení pro experimentální část.
3. Zpracování experimentu a technického hodnocení.
4. Formulování závěrů a doporučení pro praxi.

Seznam doporučené literatury:

FISCHER, J. Loctite, Worldwide Design Handbook. 2. vyd. Mainz: Erasmusdruck GmbH.1998. 452 s. ISBN 0-96 5590-0-5.

OSTEN, Miloš a Josef MLEZIVA. Práce s lepidly a tmely. Praha: Grada, 1996. Profi & hobby. ISBN 80-7169-338-3.

ŠTRKAŇ, Jan, KUBĚNA, Jiří a Petr, BRIŠ. Lepení v praxi. Praha Grada, 2017. ISBN 978-80-2-1-0247-1.

Loctite - Průmyslová lepidla a tmely, [http:// www.loctite.cz](http://www.loctite.cz), přístup 10. října 2017.

Sika CZ, produkty a řešení, [http:// www.cze.sika.com](http://www.cze.sika.com), přístup 10. října 2017.

ASM handbook Welding, brazing, and soldering Volume 6. 10th editon. Materials Park, Ohio: ASM International, 2016. ISBN 978-0871703828.

SAMEK, Radko a Eva ŠMEHLÍKOVÁ. Speciální technologie tváření: Část I. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010. ISBN 978-80-214-4220-7.

KOUKAL, Jaroslav a kolektiv autorů. Materiály a jejich svařitelnost: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. 2. upr. vyd. Ostrava: ZEROSS, 2001. ISBN 80-85771-85-3.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

GODÁL Samuel: Hybridní lepené spoje

V praktickej časti tejto bakalárskej práce bolo vyrobených 5 nitových spojov s polodutými lisovacími nitmi. 3 vzorky s lepeným spojom za použitia lepidla Sikaflex-222i UV a 5 hybridne lepených spojov s využitím polodutých lisovacích nitov a lepidla Sikaflex-222i UV. Všetky spojované plechy boli z materiálu AlMg1. Výsledky ťahových skúšok ukázali, že zaťaženiu najlepšie odolávali nitované vzorky. Lepené vzorky nedosiahli požadovanú odolnosť voči zaťaženiu, pretože lepidlo nemalo správnu priľnavosť k podkladu. Hybridné lepené spoje, taktiež nedosiahli požadovanú kvalitu. Bolo to z dôvodu odstrihnutia dna spoja lisovacím nitom a vznikom adhézneho lomu.

Kľúčové slová: lepidlo, polodutý lisovací nit, hybridný lepený spoj, adhézny lom.

ABSTRACT

GODÁL Samuel: Hybrid bonded joints

In the practical part of this bachelor thesis, 5 threaded joints were made with semi-rigid pressing threads, 3 samples with glued joint using Sikaflex-222i UV adhesive and 5 hybrid bonded joints using semi-rigid pressing threads and Sikaflex-222i UV adhesive. All the bonded sheets were made of AlMg1. The tensile test results showed that the load was best resisted by the riveting samples. Adhesive samples did not achieve the required load resistance because the adhesive did not have the correct adhesion to the substrate. Hybrid glued joints have also not reached the required quality. This was due to the cutting of the bottom of the joint with a pressing thread and the formation of an adhesion fracture.

Keywords: glue, semi-rigid pressing yarn, hybrid bonding, adhesion refraction

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

GODÁL, Samuel. *Hybridní lepené spoje*. Brno, 2018. 32s, CD. Bakalářska práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie svařování a povrchových úprav. Vedúci práce Ing. Jaroslav Kubíček.

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Týmto prehlasujem, že predkladanú bakalársku prácu som vypracoval samostatne, s využitím uvedenej literatúry a podkladov, na základe konzultácií a pod vedením vedúceho bakalárskej práce.

V Brne, dňa 24.5.2018

.....

Podpis

POĎAKOVANIE

Týmto ďakujem pánovi Ing. Jaroslavu Kubíčkovi, vedúcemu tejto práce za trpezlivosť, čas, cenné pripomienky a rady týkajúce sa spracovania bakalárskej práce. Ďalej by som tiež chcel poďakovať firme SW-MOTECH a SVV Praha, s.r.o., Centrum lepení Brno za pomoc pri realizácii praktickej časti tejto práce.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

ÚVOD	9
1 DRUHY HYBRIDNÝCH LEPENÝCH SPOJOV	10
2 HYBRIDNÉ LEPENÉ SPOJE	12
2.1 Lepenie	12
2.1.1 Vlastnosti adherentu	13
2.2.1 Vlastnosti adheziva	14
2.1.3 Vytvrdzovanie lepidiel	15
2.1.4 Konštrukcia lepených preplátavaných spojov	16
2.1.5 Výhody a nevýhody lepených spojov	17
2.1.6 Stroje a nástroje používané prílepení.....	18
2.2 Nitovanie	18
2.2.1 Tvar nitu	19
2.2.2 Druhy nitových spojení	19
2.2.3 Nitovacie stroje a nástroje	22
3 PRAKTICKÁ ČASŤ	24
3.1 Postup pri ťahových skúškach	27
3.2 Vyhodnotenie výsledkov.....	27
4 ZÁVĚRY	32

Zoznam použitých zdrojov

Zoznam obrázkov

Zoznam tabuliek

Zoznam príloh

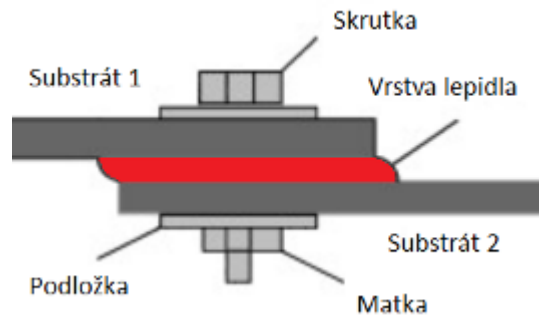
ÚVOD [1]

Použitím dvoch rôznych základných technológií spojovania dosiahneme nový typ spoja, hybridný spoj. Správne zvolenou kombináciou základných typov spojov sa docieli, že výhody nadradeného procesu nahrádzajú nevýhody druhého. Vhodná kombinácia sa získava podrobnou analýzou jednotlivých druhov spojovacích metód, pretože nie všetky dvojice poskytujú lepšie vlastnosti oproti samostatnej metóde. Treba brať ohľad aj na efektivitu, ekonomiku a ekologickú stránku tohto procesu.

1 Druhy hybridných lepených spojov [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8]

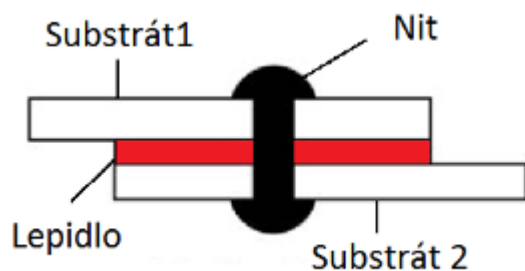
Pre vytvorenie hybridného lepeného spoju je potrebné skombinovať minimálne dve primárne spojovacie technológie, pričom jedna z nich musí byť lepenie.

- ❖ Spoje s využitím lepidla a skrutiek zaručujú jednu z najvyšších pevností. Tento variant sa môže vykonávať v dvoch postupoch. V prvom postupe sa najskôr vyvrtávajú diery pre skrutky a následne sa súčiastky zlepia, avšak veľkou nevýhodou je nebezpečenstvo vzájomnej excentricity dier a znečistenie dier lepom. Druhá možnosť je, že sa diery vyvrtávajú až po zlepení súčiastok. Počas vrtania je nutné chladieť, pretože môže dôjsť k prehriatiu alebo až spáleniu spoja.



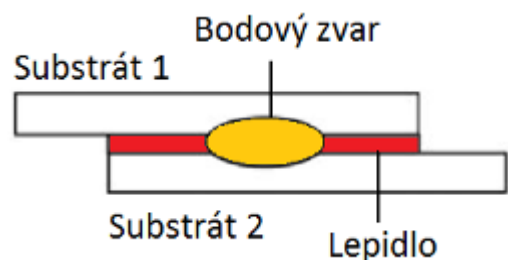
Obr. 1 Hybridný lepený spoj
s využitím skrutky a lepidla [3]

- ❖ Spoje s využitím lepidla a nitov tak isto zaručujú jednu z najvyšších pevností a umožňujú dvojnásobne zväčšiť vzdialenosti medzi dierami vytvorenými pre driek nitu. Nity a skrutky zabráňujú odlupovaniu vzniknutého nerozoberateľného spoja. Tak ako aj u lepenia a skrutkovania sa vyskytujú problémy so súosovosťou dier alebo znečistením dier. Tieto problémy nevznikajú ak sú použité nity, ktoré nepotrebujú predvrtanú dieru.



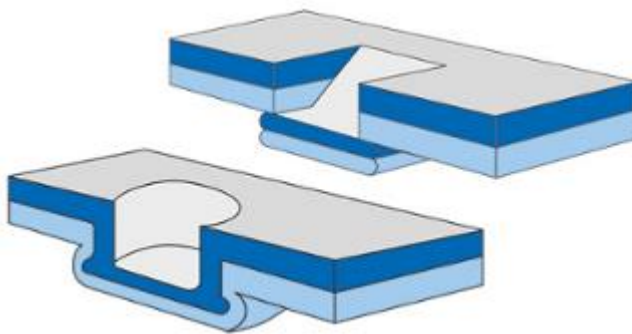
Obr. 2 Hybridný lepený spoj
s využitím nitu a lepidla [5]

- ❖ Spoje s využitím lepidla a bodových zvarov sú pevnejšie ako predchádzajúce dva typy. Aj tu prítomnosť lepidla dovoľuje zvýšiť vzdialenosť bodových zvarov o 100%. Podľa potreby sa volí poradie vykonania materských technológií. Ak sa dve plochy najskôr zvaria, tak je nutné pri lepení použiť lep s nízkou viskozitou, aby zatieklo do každého miesta spoja. Druhá možnosť je požitie dvojzložkového lepidla a následné bodové zváranie. Tepelná vodivosť spôsobuje, že od taveniny sa zohrieva aj jej blízke okolie a tak vzniká tepelne ovplyvnená oblasť. V tejto oblasti dochádza k fyzikálnochemickým reakciám, zmene objemu, ale taktiež k fázovým a štruktúrnym zmenám. Tento postup si vyžaduje správnu voľbu lepidla, ktoré odoláva krátkodobým vysokým teplotám.



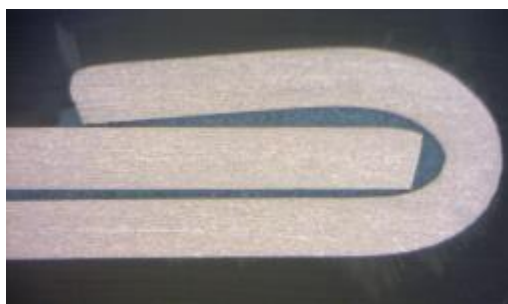
Obr. 3. Hybridný lepený spoj s využitím
bodového zvaru a lepidla [5]

- ❖ Spoje s využitím lepidla a metódy rivclinch sú porovnateľne rovnako pevné ako iné technológie. Rivclinch je tvarovanie za studena, kde sa môžu spojovať ocele, nehrdzavejúce ocele, hliník a neželezné kovy. Spojovať sa môžu aj vopred povalkované alebo natreté pláty bez následnej povrchovej úpravy. Spoločnosť Böllhoff ponúka dva typy spojenia a to kruhový a obdĺžnikový. Hlavnou výhodou kruhového spoja je jeho vzduchotesnosť, pretože nedochádza k porušeniu plátu kovu. V dôsledku toho sa eliminuje vznik korózie. Obdĺžnikový spoj je kombináciou strihania a ohýbania spojovaných materiálov. Je primárne určený pre tvrdšie materiály alebo spojenie piatich alebo viacerých vrstiev. Okrem vyššie spomenutých výhod je plusom aj to, že tu nevzniká tepelne ovplyvnená oblasť, nízke náklady na výrobu a vysoká bezpečnosť pri práci, keďže nevznikajú žiadne výpary ani iskri a úroveň hlučnosti je nízka.



Obr. 4. Spojenie rivclinch – hore je obdĺžnikový spoj, dole kruhový [7]

- ❖ Lemovano lepené spoje sa používajú hlavne v automobilovom priemysle. Lepidlo slúži nielen na zvýšenie pevnosti spoja, ale aj ako tesniaca hmota. Výsledný spoj neprepúšťa vzduch ani vodu. V ideálnom prípade nevznikajú vo vnútri žiadne bubliny ani miesta nevyplnené lepidlom. Bubliny a miesta neobsahujúce lepidlo sú miestami vzniku korózie.

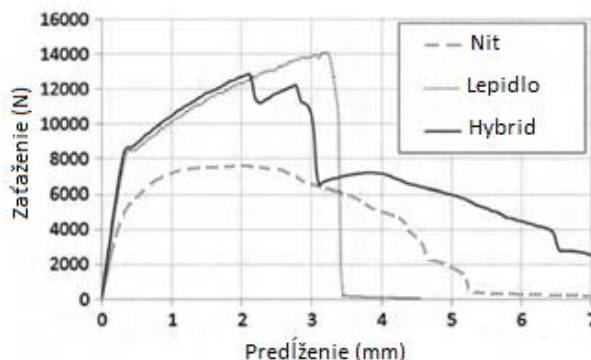


Obr. 5. Hybridný lepený spoj s využitím lemovania a lepenia [8]

2 Hybridné lepené spoje [8], [9]

Táto bakalárska téma sa zameriava na využitie lepeno-nitovaných spojov. V tomto prípade sa využíva odolnosť proti vyšším teplotám a vysoká pevnosť pri statickom zaťažení, ktorú poskytujú nity. Lepený spoj zabezpečuje lepšiu odolnosť v únavových skúškach, odolnosť voči korózií a tesnosť.

Veľkosť preplátavania má priamy vplyv na pevnosť spoja. Pevnosť hybridného spoja závisí hlavne na pevnosti lepidla a po jeho zlyhaní na pevnosti nitu. Tento fakt vystihuje Obr. 6 kde je porovnanie pevností spojov s využitím samoprerážacích nitov, lepidla a kombinácie týchto nitov a lepidla. Nitovaný spoj odoláva menšiemu zaťaženiu ako lepený. Nit sa začína deformovať už pri zaťažení 1500N. Na lepenom možno pozorovať prudký nárast zaťažovacej sily, až do medze klzu, ktorá sa nachádza nad hranicou 8000 N. Spoj sa plasticky deformuje až do jeho porušenia. Pri kombinácii oboch technológií vidno, že lepený spoj podľahne ako prvý, avšak jeho pevnosť je ešte zabezpečená nitom. Po zlyhaní nitu zlyháva celý spoj.

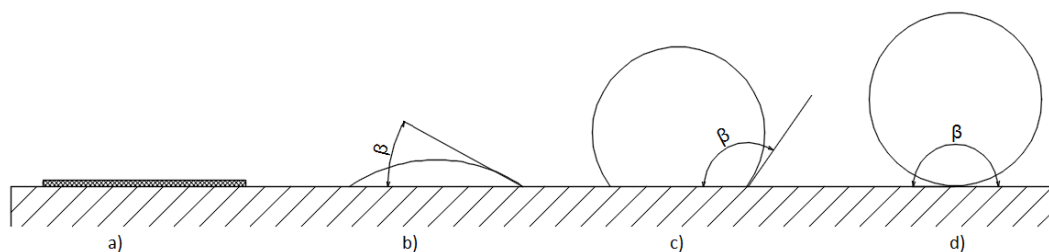


Obr. 6 Graf porovnania pevnosti lepeného, nitovaného a hybridného spoja [8]

2.1 Lepenie [4], [10]

V dnešnej dobe nie je možné vyvolať vzájomnú príťažlivosť dvoch tuhých materiálov bez použitia lepidla. Tento stav by nastal len v prípade, že plochy budú od seba vzdialené menej než $3 \cdot 10^{-8}$ cm. Podmienka vzdialenosti je s aktuálnymi metódami a prostriedkami nedosiahnuteľná, pretože je potrebné zaručiť absolútnu rovnosť, rovnobežnosť a čistotu plôch.

Je oveľa jednoduchšie vyvolať príťažlivosť medzi látkou pevného skupenstva a kvapalinou. Kvapalina vďaka zbíhavosti vyplní mikropóry na povrchu, v ktorých nahradí pary a plyny. Taktiež sa veľmi dobre kopíruje tvar pevného materiálu. Avšak tieto vlastnosti kvapaliny nestačia na to, aby bola lepidlom. Je nutné, aby mala dobrú zmáčanlivosť a bola schopná prejsť do pevného skupenstva.



Obr. 7 Zmáčanie povrchu kvapalinami a) úplné zmáčanie povrchu $\beta = 0$
b) čiastočné zmáčanie povrchu $0 < \beta < \pi/2$ c) málo zmáčaný povrch $\pi/2 < \beta < \pi$ d) úplne nezmáčaný povrch $\beta = \pi$ [4]

Adhézia je stav, kedy príťažlivé sily Van der Waalsove, chemické alebo elektrostatické držia lepené materiály v tesnom kontakte. Toto spojenie zabezpečuje prenos mechanickej sily alebo práce cez rozhranie. Sú to sily, ktoré vytvárajú priľnavosť lepu (adheziva) a spojovaného materiálu (adherentu).

Kohézia je súdržnosť lepidla po jeho vytvrdení alebo zatuhnutí a je rovnako dôležitá ako predchádzajúca vlastnosť.

Lepidlá môžeme rozdeliť do mnohých kategórií. Jedným z najzákladnejších rozdelení je na prírodné a syntetické. Medzi prírodné patria lepidlá na báze caseinu alebo proteínu a prírodná guma. Tie syntetické sa dajú rozdeliť do dvoch skupín a to na priemyselné a špeciálne zlúčeniny. Priemyselné zahŕňajú acryláty, epoxidy, silikóny a tak ďalej. Príkladom špeciálnych zlúčenín sú lepidlá citlivé na tlak.

Úspešné spojenie častí vyžaduje vhodný postup. Lepidlo sa musí aplikovať nielen na povrch adhézných látok, ale musí byť tiež vystavené správnej teplote, tlaku a času držania.

Lepený spoj vzniká až po prechode tromi štádiami. V prvom štádiu je nutné aby lepidlo v kvapalnom stave zmáčalo obidva adherenty. Nasleduje štádium kedy musí byť zabezpečený rovnomerný film lepidla. Posledné štádium je zatuhnutie lepidla v škáre tak, aby boli naviazané povrchy obidvoch lepených materiálov.

2.1.1 Vlastnosti adherentu [4], [11], [12]



Azda najznámejším faktorom je čistota povrchu adherentu. Za znečistený povrch sa dá považovať všetko, čo nebolo očistené alebo odmastené pred samotným procesom lepenia. Hrdza, prach, vosk, pot, olej, nafta alebo zvyšky lepidiel a povrchových náterov bránia kontaktu stykových plôch s lepidlom. Z toho vyplýva, že súdržnosť spoja je len tak silná ako silno je prichytená nečistota (pôvodný náter) k povrchu stykovej plochy. Znečistenie na matných plochách býva niekedy ťažko zistiteľné, pretože póry na povrchu veľmi dobre zachytávajú prvký, ktoré znižujú kvalitu spoja. Náročné na prípravu sú aj hladké a neporézne materiály, ako sú kovy, sklo alebo porcelán.

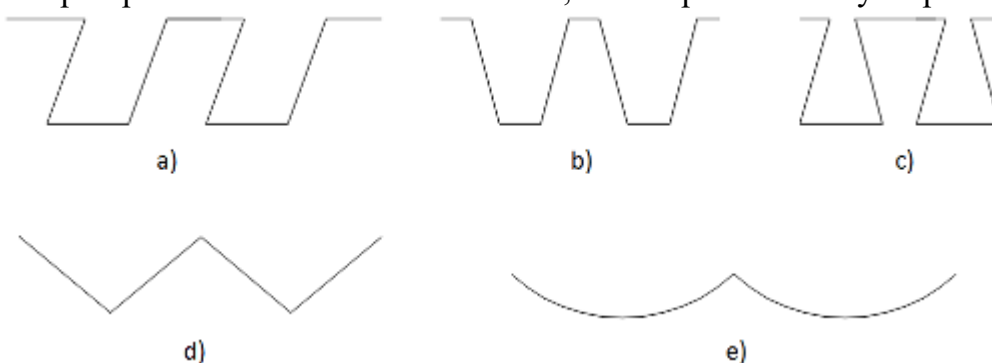
Dôležitá je aj vzájomná súbežnosť dvoch lepených plôch. V literatúre sa uvádza, že u adherentov ktoré sa dajú stlačiť (drevo) sú povolené nerovnosti v rozsahu $\pm 0,1$ až $0,2$ mm a u nestlačiteľných materiálov (kovy), je táto tolerancia $\pm 0,02$ až $0,1$ mm. Ak nastane situácia, kde sa lepený povrch nedá dostatočne upraviť, používajú sa adhéziva so 100% obsahom polyméru alebo lepy s vyššou hustotou podobnou tmelu.

Obr. 8 Odmasťovač [11]

Povrch môžeme klasifikovať ako viditeľný povrch, mikropovrch (zahŕňa nerovnosti a póry) a účinný povrch, ktorý je súčasťou mikropovrchu a je zmáčaný adhezivom.

Na povrchu kovových materiálov vzniká vrstva oxidov. Túto vrstvu je nutné mechanicky odstrániť. Zdrsnením a trieskovým obrábaním plôch sa do nich vytvárajú ryhy a nerovnosti. Ak je zdrsnenie hrubé vznikajú drážky druhu a) a c). Táto geometria bráni k dokonalému zmáčaniu, pretože v nich zostáva uväznený vzduch, ktorý obsahuje vodné pary a kyslík. Tieto plyny podnecujú vznik korózie. Po piklovaní

hliníka sú pozorovateľné nerovnosti typu d). Tento tvar je prijateľný za predpokladu , že bude zvolená správna hustota lepidla. V tom prípade je vzduch z ryhy vytlačovaný a dochádza k dokonalému zmáčaniu. Nerovnosti typu e) sa dajú nájsť na leštených plochách. Dá sa predpokladať veľmi dobrá adhézia, avšak po leštení býva povrch znečistený leštiacou pastou, ktorá sa problematicky odstraňuje.



Obr. 9 Charakter rýh na povrchu a) valcovitá ryha b) kónická otvorená ryha c) kónická uzatvorená ryha d) kónická plochá ryha e) plochá miskovitá ryha [4]

Voľba lepidla vzhľadom na to aký druh filmu vytvára, súvisí s tým na aký materiál je nanášané. Ak sú spojované rôzne odliatky, výlisky, platne z kovu alebo iné nepoddajné materiály, volí sa lepidlo s tvrdým filmom. Tým sú docielené maximálne hodnoty rázovej a šmykovej pevnosti. Pri lepení tenkých, ohybných a mäkkých materiálov sa využívajú lepidlá vytvárajúce tenký a vláchny film. Do tejto kategórie zaradujeme rôzne fólie alebo tkaniny. Lepidlá zaručujúce vznik tvrdého, ale húževnatého filmu s vysokou pevnosťou v odlupovaní a vhodnou pevnosťou v šmyku sú využívané pri kombinácii tvrdých neohybných materiálov s pružnými a ohybnými materiálmi.

Taktiež je nevyhnutné zvážiť akým tepelným podmienkam bude lepený spoj vystavený. Tepelná rozťažnosť je závislá na zložení materiálu, jeho štruktúre, tvare a veľkosti tepelného zaťaženia. Ak sú spojované adherenty s rovnakým materiálovým zložením lepidlom toho istého zloženia, tak zmeny rozmerov počas tepelného namáhania sú minimálne. Tento prípad nastáva pri lepení termoplastických hmôt rozpúšťadlovými lepidlami s obsahom toho istého polyméru.

2.1.2 Vlastnosti adheziva [4], [13]

Viskozita je určená mierou vnútorného trenia a má zásadný vplyv na to ako dobre sa bude lepidlo nanášať na podklad. Viskozitu ovplyvňujú použité plnidlá, množstvo obsiahnutého rozpúšťadla, polymerizačný stupeň filmotvornej látky a teplota. Fenolické, rezorcnolové močovínové a melamínové adheziva je nutné uskladňovať pri teplotách +5 až +15 °C, pretože ich viskozita samovoľne stúpa so zvyšujúcou sa teplotou okolitého prostredia. Taktiež je nutné aby boli lepidlá uskladňované v pôvodných obaloch a uzatvorené.

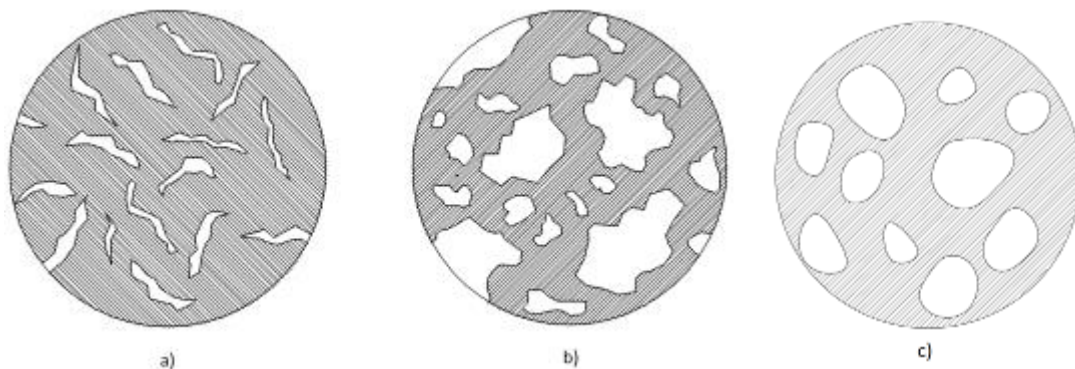


Obr. 10 Viskozimeter [13]

Pri nedodržaní tejto podmienky dochádza k odparovaniu rozpúšťadiel a to zvyšuje viskozitu. Hustota lepidla sa môže meniť primiešaním lepidla inej hustoty alebo pridaním plnidiel. Tieto úpravy by sa mali robiť podľa pokynov výrobcu. Následne sa dá hustota adheziva odmerať na výtokovom pohári, podľa ČSN 673013. Čas výtoku kvapaliny v sekundách je priamo úmerný hustote kvapaliny. Vyššie spomenutý polymerizačný stupeň je daný dĺžkou molekúl filmotvorného polyméru. So stúpajúcim stupňom sa zvyšuje viskozita roztoku a kohézia filmu lepidla, avšak adhézia klesá. Polyméry s nižším stupňom lepšie difundujú do mikropovrchu podkladu. Používajú sa lepidlá obsahujúce polyméry s polymerizačným stupňom 50 až 300.

Znalosť celkovej zásaditosti alebo kyslosti lepidla je dôležitá z hľadiska vplyvu adheziva na lepenú plochu. Zloženie lepidla môže oslabiť súdržnosť povrchovej vrstvy a tým oslabiť celý spoj. Počas starnutia niektoré prchavé látky reagujú s okolitým prostredím a vznikajú kyseliny, ktoré zhoršujú kvalitu spojenia alebo sú príčinou korózie. Týmto javom sa dá zabrániť vhodným zvolením plnidiel.

Plnidlá môžu byť použité organické alebo anorganické. Organické v podobe technickej žitnej múky alebo škrobu kladne pôsobia na rozloženie vnútorného pnutia a vďaka svojej hustote sa pomaly usádzajú. Dobré rozloženie vnútorného pnutia zabezpečuje guľatý tvar častíc. Avšak drevné múčky majú vláknitý tvar a tým zvyšujú viskozitu. Sú vhodné pre zahusťovanie tmelov. Lepy s organickými plnidlami sú ľahko obrábateľné kvôli svojej nízkej tvrdosti. Anorganické lepidlá sa delia na tri druhy a to na plnidlá s doštičkovou štruktúrou, vláknitou štruktúrou a plnidlá s ostrými hranami. Nevýhoda doštičkovej štruktúry je zníženie súdržnosti. Tak ako u organických plnidiel, tak aj u anorganických, vláknitý tvar častíc zvyšuje viskozitu. Posledný druh plnidla v správnom pomere môže zlepšovať napríklad tepelnú a elektrickú vodivosť. Taktiež je nevyhnutné brať do úvahy chemické zloženie tohto prídavného materiálu z dôvodu neznášanlivosti niektorých látok.



Obr. 11 Typy plnidiel a) a b) plnidlá s ostrými hranami zlepšujú elektrickú a tepelnú vodivosť c) plnidlá s oblými hranami rozkladajú vnútorné napätie [4]

2.1.3 Vytvrdzovanie lepidiel [4], [14], [15]

Vytvrdenie je prechod lepidla tekutého stavu do tuhého. Tento dej môže byť fyzikálny alebo chemický.

Fyzikálne vytvrdzované lepidlá vsakujú do adherentu a následne sa z nich odparuje voda alebo organické rozpúšťadlo. Iný fyzikálny spôsob je založený na roztavení alebo natavení adheziva a následnom ochladení na normálnu teplotu. Tepelne vytvrdzované

lepidla sa dajú rozdeliť do 3 skupín. Prvá skupina lepidiel tuhne pri izbových teplotách, od 15°C do 25°C. Ak by teploty boli nižšie ako 15°C, tak sa celý proces vytvrdzovania spomaľuje a môže dôjsť až k jeho úplnému zastaveniu. Druhá skupina obsahuje lepidlá, ktoré treba zahriať na teploty od 30°C do 100°C. Lepidlá v poslednej kategórii požadujú teplotu viac ako 100°C.

Chemické reakcie ktoré menia skupenstvo lepidla sú vyvolávané vo filmotvornej zložke pridaním tvrdidla, kontaktom s kovom alebo pôsobením vzdušnej vlhkosti poprípade UV žiarenia.

Maximálne vytvrdenie môže pri niektorých lepidlách spôsobiť že nebudú mať požadovanú húževnatosť ale budú príliš krehké.

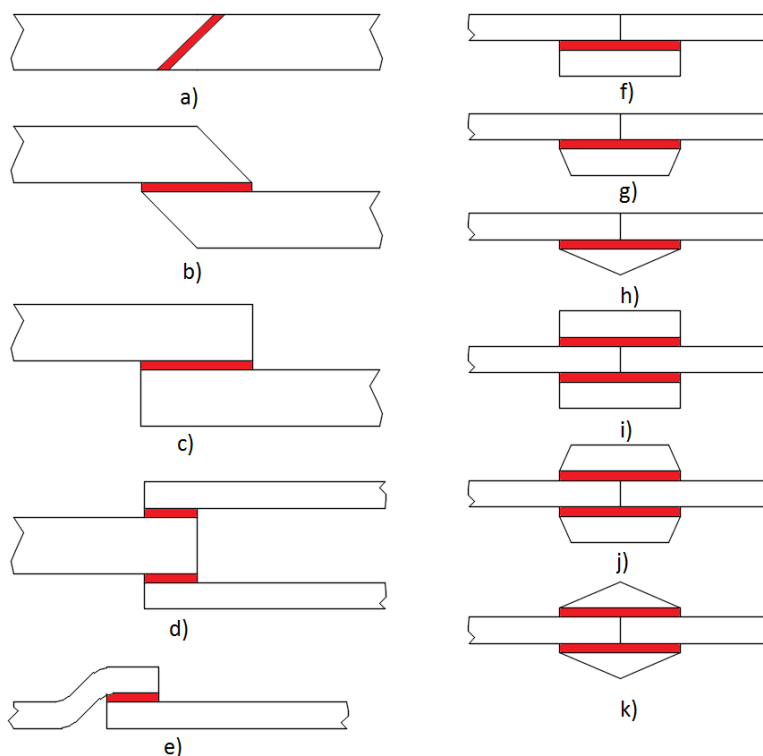
Obr. 12 UV komora na vytvrdzovanie lepidla [15]



2.1.4 Konštrukcia lepených preplátavaných spojov [4], [9]

Lepené konštrukcie dobre odolávajú ťahovým, tlakovým a šmykovým zaťaženiam. Avšak v prípade že sú dva objekty zlepené tupým spojom, ťahové zaťaženie je nepriaznivé ak sú malé styčné plochy. Spoje s využitím lepidla sa neodporúčajú používať na miestach, kde dochádza ku krúteniu alebo namáhaniu, ktoré spôsobuje odlupovanie.

Pri takýchto podmienkach je nutné zvoliť inú technológiu spojovania, kombinovať lepenie s inou technológiou spojovania alebo konštrukčne upraviť spoj. Stúpajúce zaťaženie v preplátavanom spoji sa koncentruje na koncoch preplátavaných častí. To má za následok zdeformovanie adherentov a vznik namáhania na odlupovanie.



Obr. 13 Druhy plochých spojov: a) spoj tupý skosený b) jednoducho preplátavaný skosený spoj c) jednoducho preplátavaný spoj d) dvojito preplátavaný spoj e) lemový jednoducho preplátavaný spoj f) čelný spoj s jednou príložkou g) a h) čelné spoje s tvarovými príložkami i) čelný spoj s dvoma príložkami j) a k) čelné spoje s dvoma tvarovými príložkami [4]

2.1.3 Výhody a nevýhody lepených spojov [10], [16]

Lepenie je rýchlo rozvíjajúca sa technológia prinášajúca celý rad výhod.

- ❖ Rovnomerné rozloženie napätia do celej oblasti, kde je nanesené lepidlo.
- ❖ Schopnosť spojenia tenkých, hrubých, tvarovo zložitých dielcov.
- ❖ Možnosť spojovania rôznych materiálov, napríklad kov a plast.
- ❖ Vrstva lepidla zabraňuje vzniku korózie vo vnútri spoja.
- ❖ Táto technológia nenarúša povrch lepených častí.
- ❖ Vrstva lepidla medzi dvomi materiálmi môže slúžiť aj ako izolant elektrického prúdu.
- ❖ Spoj je vzduchotesný a vodotesný.
- ❖ Vhodne zvolené lepidlo v správnom množstve môže slúžiť aj ako tlmič vibrácií.
- ❖ Technológia lepenia je veľmi rýchla a lacná. Prebieha za studena a tak neovplyvňuje podkladový materiál.

Asi žiadna technológia nie je plne univerzálna a aj lepenie má svoje slabé stránky.

- ❖ Oproti iným technológiám na spojovanie je nutné klásť veľký dôraz na úpravu lepených plôch.
- ❖ Teplota pracovného prostredia, v ktorom sa bude daný spoj nachádzať, by nemala presiahnuť približne 177°C. Pri použití drahších špeciálnych lepidiel sa táto teplota zvýši približne o 200°C.
- ❖ Dobu životnosti spojenia ovplyvňuje vonkajšie prostredie.
- ❖ Pri tepelnom vytvrdzovaní sa môže celý proces predĺžiť v prípade, ak je dodávané menšie teplo.
- ❖ Lepidlá sú chemické látky, ktoré sú často zdraviu škodlivé.



Obr. 14 Vyznačenie lepených spojov na automobilovej karosérii [16]

2.1.4 Stroje a nástroje používané pri lepení [17], [18], [19]

Lepidlo môže byť na podklad nanesené rôznymi spôsobmi a preto treba zvážiť veľkosť a tvar lepenej plochy. Pre remeselníkov nie je ekonomicky výhodné kupovať automatizované zariadenia.

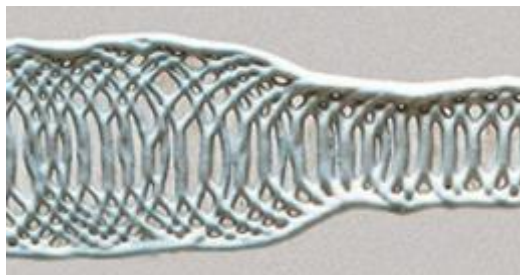
Pre nanášanie vodou riediteľných lepidiel je vhodná ručná valčeková nanášačka. Tá sa skladá z dávkovača, valčeka, ruky a stojana. Pre malé stykové plochy je tiež vhodná ručná pištoľ na kartuše, ktorá sa skladá z lisovaného oceľového rámu, rukoväte s piestom a demontážnou sponou. Aplikčné pištole na kartuše sú aj



Obr. 15 Ručné nástroje a) valčeková nanášačka b) aplikačná pištoľ na kartuše [17], [18]

Prístroj na nanášanie lepidla má tlakovú nádobu s väčším objemom než sú kartuše. Veľkou výhodou je možnosť jednoduchého premiestňovania, pretože nepotrebuje elektrickú energiu a tok lepidla zabezpečuje stlačený vzduch.

V sériovej výrobe je používanie ručných nástrojov nepraktické a neefektívne. Využitím počítačom riadených strojov sa dosiahne zrýchlenie procesu, zvýšenie presnosti dávkovania a umiestnenia nanášaného materiálu. Na konci počítačom ovládaného robotického ramena je umiestnená tryska. Tlakové trysky nanášajú spojenú alebo prerušovanú vrstvu lepidla. Rotačné trysky aplikujú adherend v špirále.



Obr. 16 Lepidlo nanesené rotačnou tryskou [19]

2.2 Nitovanie [2], [20]

Nitovanie je jedna z najstarších spojovacích technológií. Už na prelome 19. a 20. storočia to bola najpoužívanější technológia nerozoberateľného spojovania materiálov. Neskorší rozvoj zvarovania začal postupne túto metódu vytláčať hlavne z oblastí, kde boli požiadavky na tesnosť, odolnosť voči korózií alebo malú hmotnosť. Do popredia sa začali dostávať výhody nitov. Sú nimi možnosť spojenia dvoch rôznych materiálov, funkcia nitu ako otočného čapu, izolantu alebo vodiča.

Pre vytvorenie tohto typu spojenia je vo väčšine prípadov potrebné vytvorenie dier do spojovaných materiálov v mieste prekrytia. Následne sa do diery osadí nit, ktorý je hlavičkárom zdeformovaný do tvaru, ktorý mu zabraňuje z diery vypadnúť.



Obr. 17 Využitie nitov ako otočných čapov na nitovacích nožniciach [20]

Je nutné splniť niekoľko podmienok, aby bol nitovaný spoj čo najpevnejší. Medzi vytvorenými otvormi nesmie byť vzájomná excentricita a okraje otvorov nesmú byť nijak poškodené. Otvory pre nity musia mať taký priemer, aby medzi nitom a otvorom nevznikala žiadna vôľa. Takto uložený nit dostatočne neplní svoju funkciu, vzniká preťaženie okolitých nitov z dôvodu nedostatočného prenosu zaťaženia. Aby sa zabránilo ohybovému namáhaniu nitu musia byť spájané materiály v dokonalom kontakte.

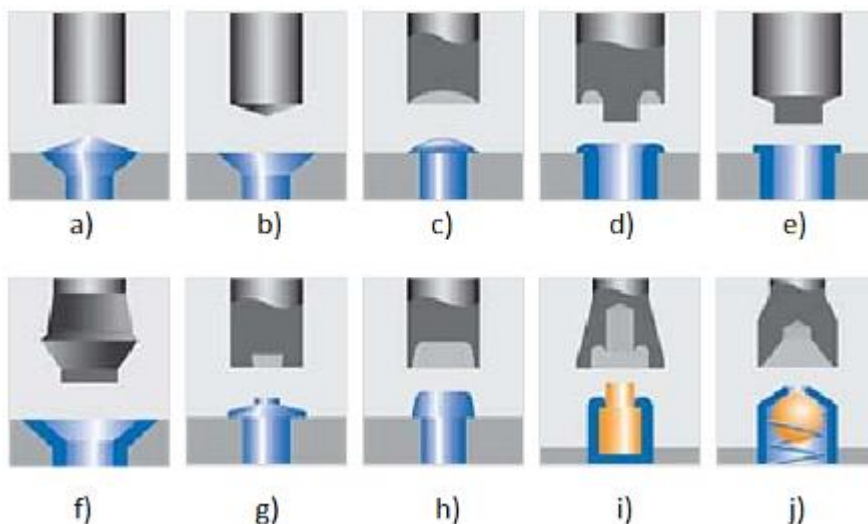
2.2.1 Tvar nitu [2], [21]

V dnešnej dobe je na trhu nespočetné množstvo druhov nitov. Zadávateľ má možnosť výberu z rôznych tvarov a materiálov, podľa toho v akých pracovných podmienkach bude nit použitý.

Telo nitu sa skladá z drieku, ktorý je väčší o 1,0 až 1,7 násobku jeho priemeru ako súčet hrúbky nitovaného plechu, opornej a závornej hlavy. Oporná hlava býva často už vytvorená výrobcom. Pol guľové hlavy sa využívajú pre oceľové konštrukcie z dôvodu jednoduchej výroby diery pre nit. Pri ťahovom zaťažení sa musí ako prvý roztrhnúť driek nitu a nie hlava. Na základe tejto podmienky sa volí veľkosť nitu. Náročnejšie na prípravu diery sú nity so šošovkovitou, čiastočne alebo s úplne zapustenou hlavou. Tieto nity sa používajú tam, kde by vyčnievajúca hlava narúšala hladkosť povrchu.

Záporná hlava vzniká tlakovým pôsobením hlavičkára.

V minulosti úderom kladiva na koniec nitu. Hlavičkár má negatívny tvar závornej hlavy. Celková dĺžka nitu nesmie byť väčšia ako 5 násobok jeho priemeru, pretože by mohlo dôjsť k jeho roztrhnutiu.



Obr. 18 Tvary záporných hláv a) plochý b) kónický c) plošne vypuklý d) dutý s lemom e) dutý klinčovaný f) dutý rozšírený g) valcovitý h) vysoko vypuklý i) krimpovaný j) vtiahnutý [21]

2.2.2 Druhy nitových spojení [22], [23], [24]

V dnešnej dobe je široká ponuka druhov nitových spojení. Azda najznámejšie sú trhacie nity. K tým najnovším patria lisovanie polodutých nitov, lisovanie plných nitov, radiálne nitovanie alebo kombinácia clinchovania a nitovania známa aj ako TOX®-ClinchRivet.

Je veľké množstvo druhov trhacích nitov z rôznych materiálov a s odlišnými tvarmi hlavy. Hlavnou prednosťou je prístup k miestu aplikácie len z jednej strany. Technológia zavádzania nitu je veľmi jednoduchá. Nit stačí vložiť do predprípravenej diery v plechoch a nitovacím nástrojom sa vytiahne a odtrhne trň nitu. Pri vyťahovaní

tŕňu sa z púzdra nitu, v ktorom sa nachádza tŕň, vytvára záporná hlava a driek. Deformáciou sa vyplní diera a spájané dielce sa pritlačia k sebe. Pri prekročení medze pevnosti materiálu, z ktorého je nit vyrobený sa tŕň nitu odtrhne vo vopred určenom mieste. Táto metóda je vhodná pre duté telesá, kryty a všade tam kde nie je možný prístup z oboch strán.



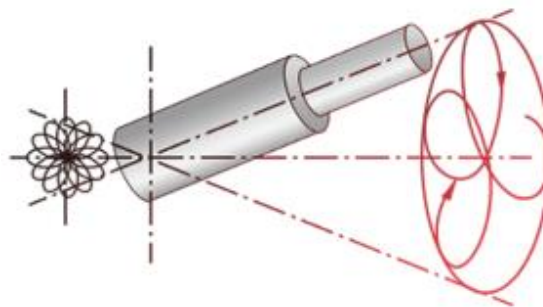
Obr. 19 Schéma zavedeného trhacieho nitu [22]

Spojovanie plnými lisovacími nitmi využíva súčasne dve technológie. Prvou je strihanie materiálu a tá druhá je spojovanie. Nit je razníkom vtlačaný do plechu, kde si vytvára otvor, v ktorom zostáva uchytený vďaka deformácii okolitého materiálu. Túto deformáciu vyvoláva špeciálne tvarovaná matrica a držiak. Pri zavedení plného nitu je potrebná štvornásobne väčšia sila ako pri polodutom nite. Veľká prerážacia sila umožňuje využitie týchto nitov na ťažko tvarovateľné materiály. V automobilovom priemysle si našli uplatnenie pri uchytení chladičov nákladných áut, v ovládacom mechanizme bočných a strešných okien osobných áut.



Obr. 20 Využitie plných lisovacích nitov na dverách automobilu [23]

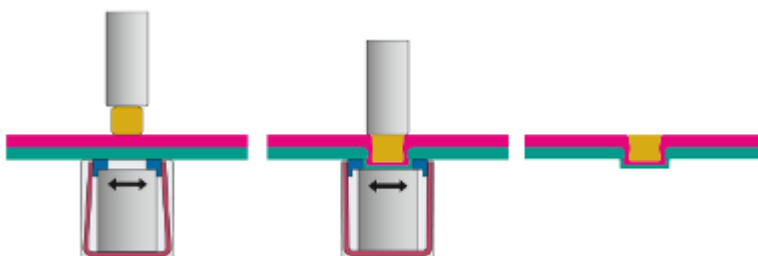
Pre radiálne nitovanie je potrebný špeciálny stroj a hlavičkár, ktorý je vyosený z pozdĺžnej osy a koná hypocykloidný pohyb. Nástroj je v kontakte len s malou časťou zápornej hlavy a nie s jej celou plochou. To má za následok zníženie pritlačnej sily. Táto metóda je vhodná aj pre krehké materiály.



Obr. 21 Znázornenie pohybu pri radiálnom nitovaní [24]

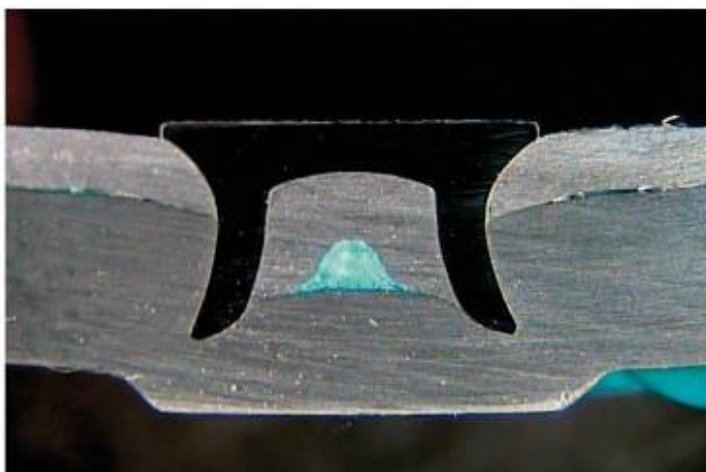
TOX®-ClinchRivet je technológia patentovaná firmou TOX-PRESSOTECHNIK. Valcový nit spojovaný materiál neporušuje, ale len tvaruje spolu s matricou. Touto vlastnosťou sa viac približuje k metóde klinčovania.

Obr. 22 Postup zavedenia valcového nitu [23]



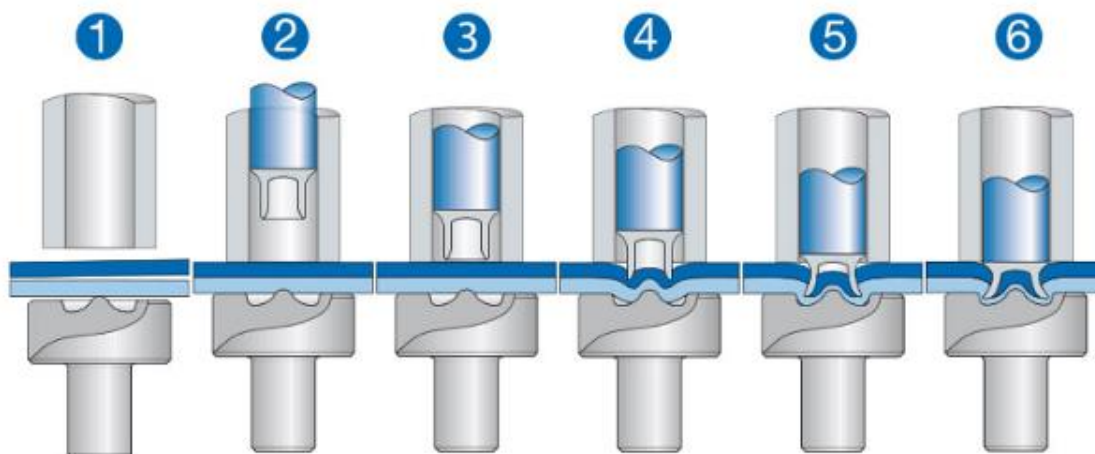
Jednoduchý tvar nitu zamedzuje zaseknutiu sa v nástroji. Takto vytvorený spoj je pevnejší ako iné druhy lisovaných nitov. Využitie nachádza v spojení tenkých povrchovo upravených plechov alebo v deformačných zónach osobných automobilov.

Lisovanie polodutých nitov môžeme označiť aj ako samorázne nitovanie. Metóda nachádza využitie nielen v automobilovom priemysle, ale aj pri výrobe spotrebičov ako sú práčky alebo umývačky riadu. Možnosť spojenia viac ako dvoch vrstiev z rozličných materiálov s celkovou hrúbkou 1 až 10 mm. Hlavnou podmienkou pri lisovaní týchto nitov, je umiestnenie tvárneho materiálu na strane s matricou a prístup z oboch strán. Lisovaním polodutých nitov odpadá povinnosť vytvorenia dier pre samotné nity do spojovaných materiálov. Preto je táto metóda veľmi rýchla, ekonomická a ekologická. Zautomatizovaním celej procedúry sa dosahuje vysoká efektivita. Trúbkový nit je vyrobený tvárnením za studena. Polodutý nit má vo svojom drieru dieru na jednom konci zaslepenú hlavou nitu. Hlava môže byť poglobulátá, plochá alebo zápustná. Priemer drieru býva najčastejšie 3 až 6 mm. Diera je do drieru vytvorená za účelom zníženia sily potrebnej na aplikáciu nitu. Pri nitovaní sú ako prvé plechy uchytané držiakom a matricou.



Obr. 23 Prierez hybridného spojenia dvoch hliníkových platní s využitím lepidla a polodutého nitu [23]

Následne je nit tlačný razičom cez prvé vrstvy až do poslednej, ktorá zostáva neprederavená a tým je zaručená vodotesnosť a vzduchotesnosť spoja. Počas tohto deja sa nit rozširuje tak ako je to vidno na obrázku. Spojovaný materiál je deformovaný nitom a matricou. Konečnou fázou procesu je spätný pohyb raziča a uvoľnenie zovretia matrice a držiaka.



Obr. 24 Postup zavádzania polodutého nitu: 1) umiestnenie 2) uchytenie 3) vniknutie 4) lisovanie 5) tvárnenie 6) dokončenie [22]

Využitie nitov v automobilovom priemysle je veľmi široké a rozsah tejto práce neumožňuje sa venovať všetkým aplikáciám. Vysoké zastúpenie tohto spojovacieho materiálu je v karosárskej výrobe pri spájaní jednotlivých dielov karosérie. Svoj význam majú aj v ovládacích prvkoch automobilov. Nitované sú časti riadiacej páky, ručnej brzdy, brzdové obloženie, stĺpik riadenia alebo rôzne hriadele. Bezpečnostné prvky ako sú pracky bezpečnostných pásov, zámky dverí alebo rozbuška airbagu sú tiež vyrobené pomocou nitovania. V interiéry sa tiež nachádzajú znitované súčiastky. Sú nimi dorazová časť zámku, polohovanie sedačky, madlá dverí alebo závesy piatych dverí.



Obr. 25 Dorazová časť zámku [24]

2.2.3 Nitovacie stroje a nástroje [22], [23], [24], [25], [26], [27]

Pred samotným procesom nitovania je nutné zvoliť si správny nástroj. Firmy zaoberajúce sa touto problematikou ponúkajú rôzne stroje a nástroje od ručných klieští až po CNC nitovacie lisy.

Pákové ručné nitovacie kliešte sú nenáročné na obsluhu a s podporou pákových prevodov sa znižuje sila, ktorú musí užívateľ vynaložiť. Rôzne varianty ručných klieští umožňujú zavádzanie trhavých nitov až do priemeru 6,4 mm. Nity môžu byť vyrobené z hliníku, medi, ocele alebo nehrdzavejúcej ocele.



Obr. 26 Ručné nitovacie kliešte [25], [26]

Pojem ručné kliešte nemusí nutne znamenať, že silu potrebnú na zavedenie nitu vytvára človek. Lisovacia silu môžu zabezpečovať pneumaticko-hydraulické alebo hydraulické pohony. S využitím poháňaných klieští sa práca výrazne zefektívni a človek len umiestňuje jedno alebo dvojručné kliešte do miesta spoja. Samotné nástroje sú pripevnené na rám v tvare C ako aj pohon. Pohon sa môže nachádzať mimo klieští. Olej a stlačený vzduch sú privádzané pomocou hadíc, tie však môžu sťažovať manipuláciu a zhoršovať prístup k niektorým zložitým tvarom. Existujú aj akumulátorové náradia ktoré nepotrebujú prívod



Obr. 27 Ručné



Obr. 28 Pneumaticko-hydraulické akumulátorové kliešte [22] ručné kliešte [23]

stlačených kvapalín alebo plynov. Zhoršenie prístupu môže spôsobovať aj pás na ktorom sú nity prichytené a pripravené na použitie. Proces nitovania spúšťa pracovník stlačením nožného pedálu alebo ručného spínača. Pohony ručných klieští sú schopné vyvinúť silu až 80kN.

Robotické kliešte sa tiež skladajú z rámu v tvare C, nástrojov a pohonu, ktorý môže byť priamo na ráme alebo mimo neho. Častokrát býva k rámu klieští pripevnené aj elektronické zariadenie na zaznamenávanie a kontrolu pracovných parametrov. Materiál je umiestnený k nepohyblivému nástroju pomocou robotického manipulátora. Existuje však možnosť pripevnenia klieští na robotické rameno a spojované plechy sú pevne uchytené do prípravku. Firma BalTec ponúka CNC nitovacie stroje, ktoré využívajú posuvné stoly v osiach X a Y alebo rotačné stoly.



Obr. 29 CNC nitovací stroj s otočným stolom [24]

Na tieto stoly sú spojované pláty pevne uchytené do prípravkov. Nitovací nástroj sa pohybuje len vo zvislom smere. Nity sú privádzané do nástroja pomocou magazínového pásu s nitmi alebo potrubím na ktorého začiatku je vibračný bubon alebo násypník. Takto zautomatizovaná výroba výrazne znižuje pracovné časy a zvyšuje presnosť zavedenia nitu.



Obr. 30 Robotické rameno s nitovacími kliešťami [27]

3 Praktická časť [28], [29], [30], [31]

Nitovanie a lepenie prebiehalo v spolupráci s firmou SW-MOTECH. Táto firma sa špecializuje na práce v kovovýrobe a strojárstve. Ich výrobky sú prevažne z kovových polotovarov, plechov, trubiek a tyčí. Tieto materiály delí, ohýba, zvara a povrchovo upravuje. Spoločnosť bola založená v Nemeckom Rauschenbergu v roku 1999. Už v roku 2001 otvorila ďalšiu pobočku neďaleko od Brna v obci Vojkovice.

Boli použité poloduté oceľové lisovacie nity s dĺžkou 8mm, priemerom drieku 5 mm a priemerom hlavy 8mm. Zalisované boli na stroji, ktorý si firma SW-MOTECH vyrobila sama. Zakúpila si len rám v tvare C s razníkom a matricou. Nity sú pripevnené na magazínovom páse a namotané na cievke.

Plech s rozmermi 60 x 60 x 4mm a dva plechy s rozmermi 100 x 25 x 1,5mm sa ručne umiestnili medzi razník a matricu. Proces nitovania sa spúšťa nohou stlačením pedálu na podlahe. Takéto riešenie polohovania je rýchle, avšak veľmi nepresné. Počas lisovania nitu sa hliníkové pláty po sebe šmýkali a pláty s hrúbkou 1,5mm sa deformedovali, pretože človek nie je schopný rukou eliminovať vznikajúce sily. Výsledný stav by vo výrobe nebol prijateľný. Plech s hrúbkou 4mm bol umiestnený na strane matrice, pretože obsahuje viac materiálu potrebného na tvárnenie. Použitím hrubšieho materiálu namiesto dvoch plechov s hrúbkou 1,5mm by sa deformácia po zavedení nitu zminimalizovala. K výraznému zníženiu tejto deformácie by pomohla aj voľba menšieho nitu alebo zníženie nitovacej sily. Boli použité dva plechy hrúbky 1,5mm, pretože pri prvom pokuse bol použitý iba jeden a výsledný spoj nespĺňal požadovanú kvalitu. Hrozilo, že dôjde k porušeniu materiálu na strane tvarovanej matricou.



Obr. 31 Nitovacie zariadenie vo firme SW-MOTECH



Obr. 32 Deformované plechy s hrúbkou 1,5mm

Nitovaný materiál bol použitý hliník, v podobe plechov s rozmermi 100 x 25 x 1,5mm, 60 x 60 x 4mm a 150 x 31 x 3mm. Použitý materiál má označenie podľa EN AW 5050 alebo podľa hutného označenia AlMg1.

Tab. 1 Chemické zloženie AlMg1

Prvok	Al	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ostatné samostatne	Ostatné spolu	Si	Zn
Min.	-	-	-	-	1,1	-	-	-	-	-
Max	-	0,1	0,2	0,7	1,8	0,1	0,05	0,15	0,4	0,25

Tab. 2 Mechanické vlastnosti pre hrúbku materiálu od 0,5 do 1,5 mm

Vlastnosť	R _{p0,2}	R _m	Ťažnosť A	Tvrdosť (HB)
Hodnota	≥ 45	130 – 170	≥ 17	36
Jednotka	MPa	MPa	%	HBW

Tab. 3 Mechanické vlastnosti pre hrúbku materiálu od 1,5 do 3,0 mm

Vlastnosť	R _{p0,2}	R _m	Ťažnosť A	Tvrdosť (HB)
Hodnota	≥ 45	130 – 170	≥ 19	36
Jednotka	MPa	MPa	%	HBW

Tab. 4 Mechanické vlastnosti pre hrúbku materiálu od 3,0 do 6,0 mm

Vlastnosť	R _{p0,2}	R _m	Ťažnosť A	Tvrdosť (HB)
Hodnota	≥ 45	130 – 170	≥ 21	36
Jednotka	MPa	MPa	%	HBW

Pri lepení bola použitá pastová tesniaca hmota Sikaflex-222i UV od firmy Sika. Balenie bolo vo forme kartuše s objemom 600 ml a hmotnosťou 720g. Pasta je chemicky založená na jednozložkovom polyuretáne. Tento tmel je vytvrdzovaný vzdušnou vlhkosťou až do vzniku trvalého elastomeru. Vyznačuje sa vysokou odolnosťou voči poveternostným podmienkam a UV žiareniu. Taktiež odoláva vode, slanej vode, splaškom ale aj slabým kyselinám. Vyhovuje aj počas krátkeho pôsobenia pohonných hmôt, tukov a olejov. Je nevyhovujúci pri styku s alkoholom, riedidlami a silnejšími kyselinami. Doporučené pracovné teploty sú v intervale od -40°C do 90°C, v produktovom liste sa uvádza odolnosť pri teplote 120°C trvajúcej 4 hodiny a 150°C trvajúcej jednu hodinu. Tento univerzálny tmel je určený pre kovové, plastové, a drevené podklady. Ďalej výrobca uvádza možnosť naniesenia povrchovej vrstvy vo forme laku alebo farby, ale až po vytvrdení.

Použitých bolo 16 plechov z toho istého materiálu, ale s rozmermi 150 x 31 x 3mm. Styčné plochy boli očistené a odmastené. Následne bola nanosená tesniaca hmota a vzorky boli ponechané v pokoji, aby lepidlo vytvrdlo. Po vytvrdnutí bolo 5 vzoriek znitovaných rovnakými nitmi na tom istom troji za rovnakých podmienok ako iba nitované vzorky.



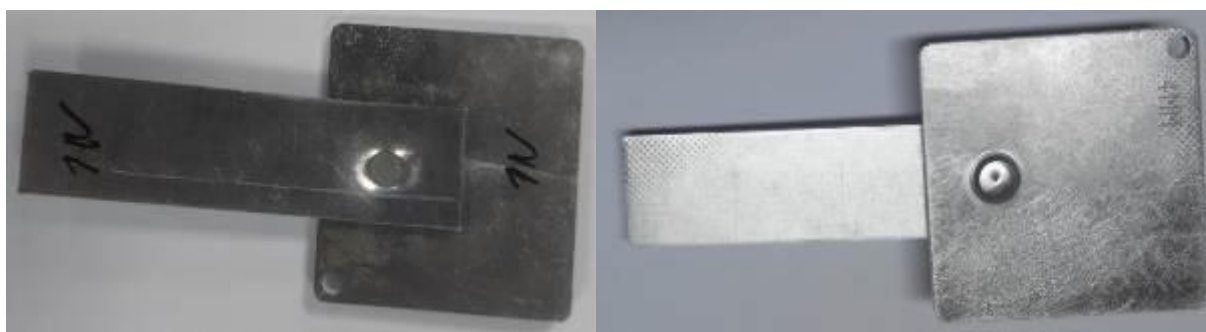
Obr. 33 Sikaflex-222i UV [30]



Obr. 34 Vzorka s lepeným spojom, pohľad z hora a z boku



Obr. 35 Vzorka s hybridným spojom, pohľad zhora, zdola a z boku



Obr. 36 Vzorka s nitovaným spojom, pohľad zhora a zdola

Druhá časť praktickej časti bakalárskej práce spočívala vo vykonaní ťahových skúšok a ich vyhodnotení. Táto časť bola vykonaná v Brnenskej pobočke SVV Praha. Zvaračský vývojový a vzdelávací ústav bol založený v roku 1992 a zaisťuje doškoľovacie semináre, odborné kurzy a konferencie pre zvaračov. V roku 2014 založili Centrum Lepenia Brno, kde je laboratórium určené na skúšanie lepených spojov. Je to aj školiace stredisko pre odborné vzdelávanie ohľadom lepenia.

Ťahové skúšky sa robili na elektromechanickom testovacom systéme MTS Criterion Model 43. Zariadenie je vybavené servopohonom na striedavý prúd, ktorý vytvára malé vibrácie. Sila tohto modelu je v rozmedzí 100 N až 50 kN. Rýchlosť vzdľavovania čelustí bola nastavená na 10 mm/min. Výsledky testov boli vyhodnocované programom TW Elite.



Obr. 37 MTS Criterion Model 43 [31]

Vzorky boli trhané podľa normy ČSN EN 1465. Táto norma stanovuje metódu určenia pevnosti v šmyku pri ťahovom namáhaní preplátavaných lepených sústav.

3.1 Postup pri ťahových skúškach

Vzorka bola umiestnená do čeľustí tak, aby po utiahnutí nebola ohnutá alebo vykrútená. Následne sa do programu zadala šírka a dĺžka samotného preplátavania a číslo vzorky. Po vynulovaní počiatočných napätí bol spustený test. Čeľuste sa začali oddaľovať. Na monitore bolo možné pozorovať prudko narastajúcu silu potrebnú na pretrhnutie spoja. Na vzorkách s hybridným spojom a s nitovým spojom bola pozorovaná deformácia plechu na strane s nitovou hlavou. Po pretrhnutí nastal prudký pokles sily a test bol automaticky ukončený. Program zostavil graf a tabuľku výstupných parametrov. Do tabuľky bolo potrebné uviesť typ vzniknutého lomu. Čeľuste boli povolené kľúčom a pretrhnutá vzorka vytiahnutá. Potom sa celý postup zopakoval.

3.2 Vyhodnotenie výsledkov

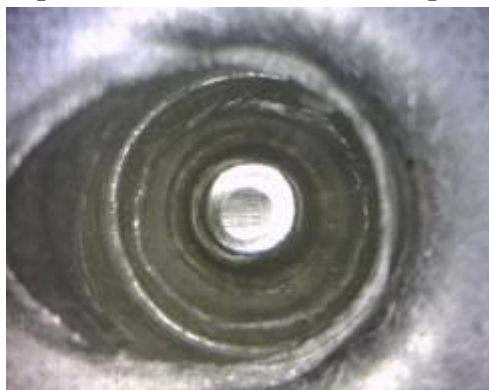
Nitované vzorky dosahovali najväčších pevností. Vzorky 1 až 4 obsahovali dva plechy hrúbky 1,5mm a jeden plech hrúbky 4mm. Vzorka 5 mala len jeden plát hrúbky 1,5mm. Prvé štyri testy dosiahli maximálne zaťaženie od 5870 N do 7177 N. Posledný dosiahol maximálne zaťaženia len 4392 N.

Z grafu možno vyčítať, že na vzorkách 1 a 4 po dosiahnutí maximálneho zaťaženia nasleduje prudký pokles sily takmer na polovicu. Tento jav je spôsobený pretrhnutím jedného hliníkového pásu s hrúbkou 1,5mm, zatiaľ čo ten druhý ešte odolával. Potom nasledoval mierny nárast zaťaženia po ktorom opäť prišiel jeho pokles. To znamená, že aj druhý hliníkový pás s hrúbkou 1,5mm bol porušený zatiaľ čo nit zostal uchytený v plechu s hrúbkou 4mm.

Pri 2. a 3. teste možno na grafe pozorovať prudký nárast zaťaženia. Po dosiahnutí maximálnej hodnoty nasleduje rýchly pokles sily. Pri predĺžení 6,3mm dochádza k úplnej strate pevnosti spoja. Túto stratu pevnosti spôsobilo vytrhnutie nitu z materiálu s hrúbkou 4mm. Hliníkové plechy s hrúbkou 1,5mm boli značne deformované, avšak neporušené. Nit bol tak isto neporušený.



Obr. 38 Vzorka 1 nitovaného spoja na konci testu



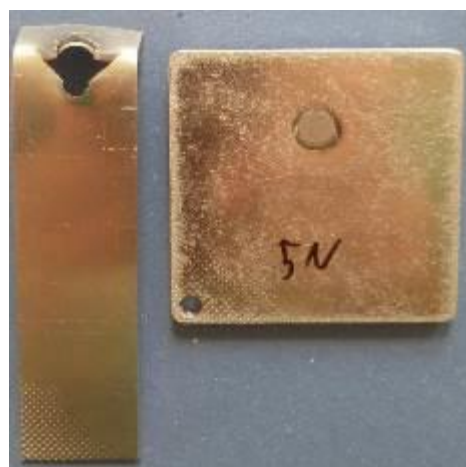
Obr. 39 Pohľad na dieru po vytrhnutí nitu v materiáli s hrúbkou 4 mm

Vzorka 5 dosiahla najnižšej pevnosti. To bolo spôsobené len jednou vrstvou hliníkového plechu s hrúbkou 1,5mm. Z grafu vyplýva, že po prudkom náraste zaťaženia až na hodnotu 4392 N nedochádza až k takému prudkému poklesu. Na vzorke bola pozorovaná veľká deformácia v oblasti plechu za nitom. Po deformácii nasledovalo postupné porušovanie plechu s hrúbkou 1,5mm. Nit zostal neporušený a zalisovaný na svojom pôvodnom mieste.

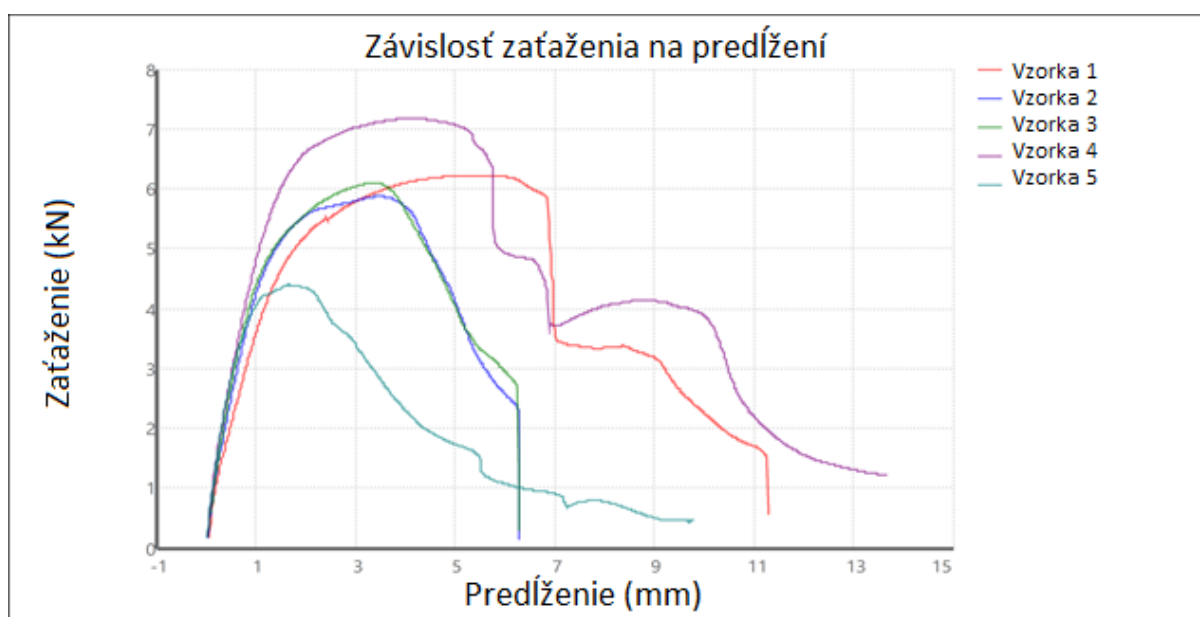
Obr. 40 Vzorka 2 nitovaného spoja po ťahovej skúške



Obr. 41 Pohľad na nit zhora zo zbytkami horného plechu hrúbky 1,5mm



Obr. 42 Vzorka 5 nitovaného spoja po ťahovej skúške



Obr. 43 Graf závislosti zaťaženia na predĺžení pre nitované spoje

Tab. 5 Hodnoty z ťahovej skúšky nitovaného spoja

Názov	Poznámky	Číslo Vzorky (počet)	Druh Porušenia	Maximálne Predĺženie (mm)	Maximálne Zaťaženie (N)
Vzorka 1	-	1,000	Porušenie materiálu	11,247	6219,836
Vzorka 2	-	2,000	Vytrhnutie nitu	6,296	5870,274
Vzorka 3	-	3,000	Vytrhnutie nitu	6,272	6096,206
Vzorka 4	-	4,000	Porušenie materiálu	13,670	7176,551
Vzorka 5	-	5,000	Porušenie materiálu	9,785	4392,042

Lepené vzorky dosahovali najnižších pevností. Maximálne dosiahnuté zaťaženie bolo v rozsahu od 430 N do 631 N. Nárast zaťaženia nie je taký prudký ako u nitovaných spojov. To je spôsobené rozdielnymi mechanickými vlastnosťami lepidla oproti ocelovému nitu. Po dosiahnutí maximálneho zaťaženia nastal o niečo prudší pokles ako bol jeho nárast. Všetky vzorky niesli známky adhézneho lomu. Lepidlo sa odlepilo od svojho podkladu. V strede každej lepenej oblasti bolo vidieť nevytvrdené lepidlo.

Použitím primeru by sa zlepšila adhézia lepidla voči hliníku a nedošlo by k adhézному lomu, ale ku kohézному. Takisto by sa neobjavilo miesto s nevytvrdeným lepidlom. Spoj s použitým primerom by dosahoval oveľa väčšiu pevnosť ako bez neho.

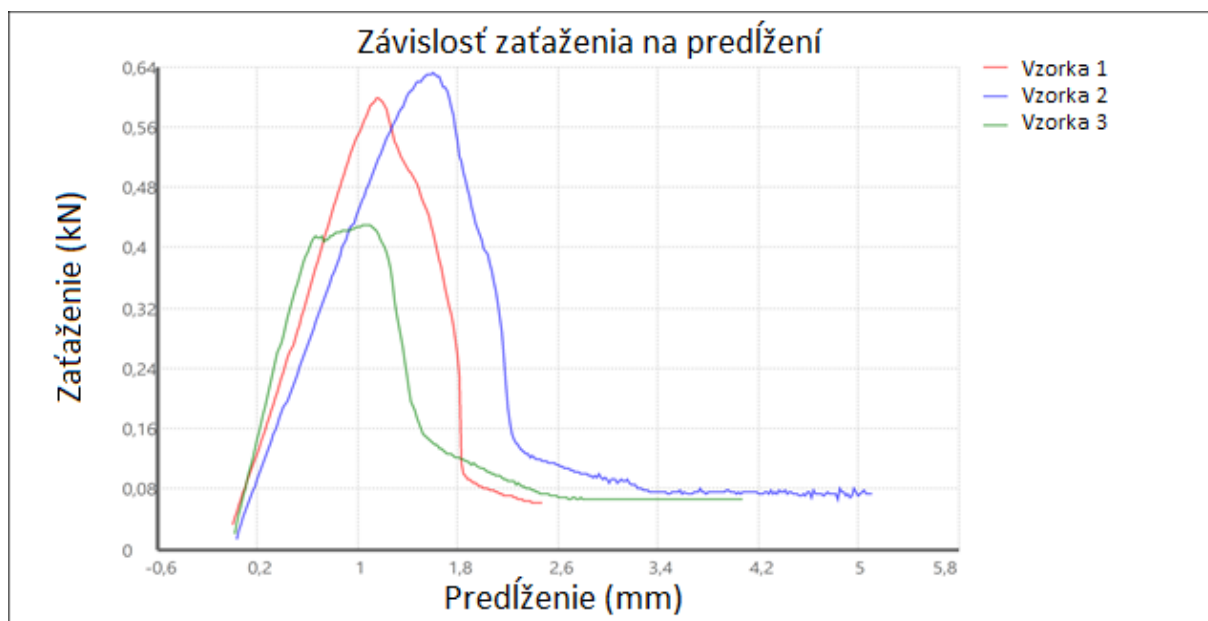
Obr. 44 Pohľad na vzorku 1 po ťahovej skúške



Obr. 45 Vzorka s použitým primerom



Obr. 46 Vzorka bez použitého primeru



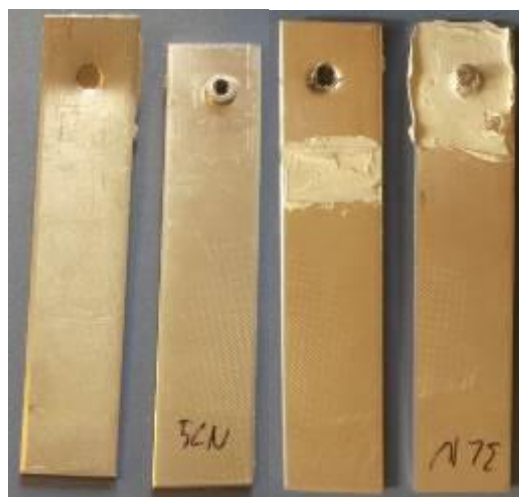
Obr. 47 Graf závislosti zaťaženia na predĺžení pre nitované spoje

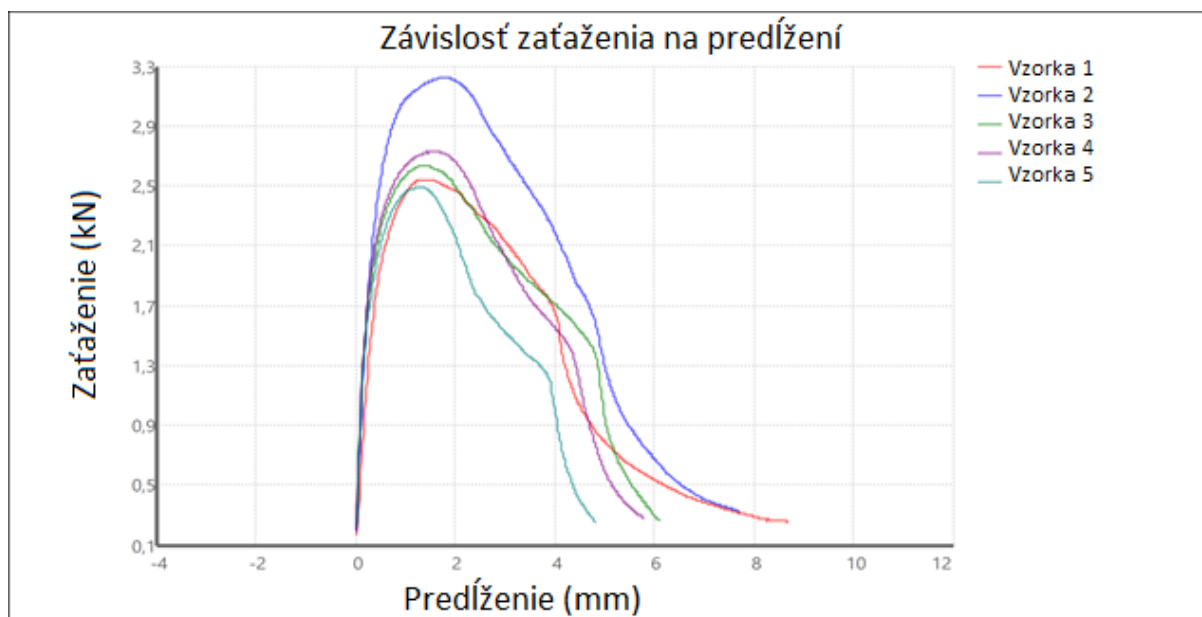
Tab. 6 Hodnoty z ťahovej skúšky lepeného spoja

Názov	Poznámky	Číslo Vzorky (počet)	Druh Porušenia	Maximálne Predĺženie (mm)	Maximálne Zaťaženie (N)	Pevnosť Materiálu (N/mm ²)	Šírka (mm)
Vzorka 1	-	1,000	Adhézny lom	2,539	597,227	0,448	31,0
Vzorka 2	-	2,000	Adhézny lom	5,103	631,124	0,473	31,0
Vzorka 3	-	3,000	Adhézny lom	4,087	430,418	0,323	31,0

Hybridne spojené vzorky vykazovali väčšiu pevnosť ako lepené, ale menšiu ako nitované. Namerané hodnoty maximálneho zaťaženia boli v intervale od 2489 N až po 3225 N. Zaťažovacia sila prudko rástla tak ako aj u nitovaných vzoriek. Po dosiahnutí maximálneho zaťaženia sila klesala. Z toho možno určiť, že lepidlo nesplnilo svoju funkciu a nezastavilo pokles sily po tom čo bol nit vytrhnutý. Po vytiahnutí vzoriek z čelustí bol pozorovaný adhézny lom lepidla. Ak by bol aj v tomto prípade použitý primer lom by bol kohézny a bol by značne pevnejší. Na grafe by sa dalo pozorovať v určitej časti zastavenie poklesu zaťažovacej sily a opätovného mierneho nárastu, až do maximálneho zaťaženia, ktorému odoláva lepený spoj. Ďalej bolo spozorované, že dno bolo odrhnuté. Tento fakt vysvetľuje to, prečo tieto vzorky nedosiahli ani polovičnej pevnosti nitovaného spoja. Určitý podiel na rozdielnych maximálnych zaťažovacích silách má aj rozdielny tvar skúšobných materiálov.

Obr. 48 Pohľad na vonkajšie a vnútorné strany hybridného lepeného spoja po ťahovej skúške



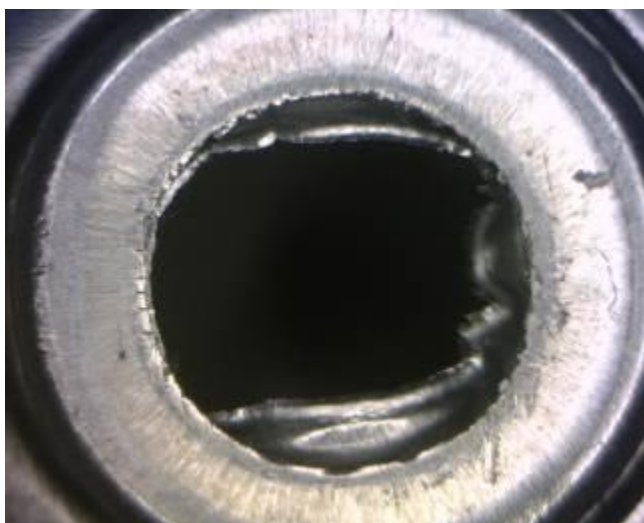


Obr. 49 Graf závislosti zaťaženia na predĺžení pre hybridné spoje

Tab. 7 Hodnoty z ťahovej skúšky lepeného spoja

Názov	Poznámky	Číslo Vzorky (počet)	Druh Porušenia	Maximálne Predĺženie (mm)	Maximálne Zaťaženie (N)	Pevnosť Materiálu (N/mm ²)	Šírka (mm)
Vzorka 1	-	1,000	Adhézny lom Vytrhnutie nitu	8,716	2541,776	1,907	31,0
Vzorka 2	-	2,000	Adhézny lom Vytrhnutie nitu	7,749	3224,862	2,419	31,0
Vzorka 3	-	3,000	Adhézny lom Vytrhnutie nitu	6,113	2637,133	1,978	31,0
Vzorka 4	-	4,000	Adhézny lom Vytrhnutie nitu	5,804	2727,983	2,046	31,0
Vzorka 5	-	5,000	Adhézny lom Vytrhnutie nitu	4,843	2489,403	1,868	31,0

Na obrázku 50 je vidieť odstrihnuté dno spodného materiálu lisovacím nitom spolu s vtiahnutým materiálom horného plechu. Horný materiál má byť pretrhnutý, spodný nie. Odtrhnutie dna mohla spôsobiť veľká lisovacia sila alebo zlá voľba veľkosti nitu. Ak by bol zvolený menší lisovací nit nemuselo by dôjsť k odtrhnutiu dna. Nie je vylúčené, že porušenie spôsobila kombinácia oboch spomenutých prípadov.



Obr. 50 Pohľad zdola na odtrhnuté dno

Závery

Bolo zhotovených celkom 13 vzoriek, z toho 5 vzoriek bolo nitovaných ocel'ovými polodutými lisovacími nitmi s priemerom hlavy 8mm, priemerom drieku 5mm a s dĺžkou drieku 8mm. Spodný nitovaný plech bol s rozmermi 60 x 60 x 4mm a vrchný materiál sa skladal z dvoch hliníkových platní s rozmermi 100 x 25 x 1,5mm. V jednom prípade bol použitý iba jeden plech s hrúbkou 1,5mm. Ďalšie 3 vzorky boli lepené spoje z hliníkových plechov s rozmermi 150 x 31 x 3mm. Na lepenie bolo použité lepidlo Sikaflex-222i UV vytvrdzované vzdušnou vlhkosťou. Posledných 5 vzoriek bolo spojených hybridnou metódou za použitia lisovacích nitov a lepidla. Boli použité tie isté nity ako pri nitovaných vzorkách a aj lepidlo bolo použité také ako pri lepených vzorkách. Lepené plechy mali rozmer 150 x 31 x 3mm. Označenie hliníku vo všetkých prípadoch bolo AlMg1.

Nitovaný spoj mal najväčšiu pevnosť zo všetkých testovaných druhov spojení. Vzorka 4 vydržala najväčšie zaťaženie 7177 N a dosiahla pri tom aj najväčšie predĺženia 13,7mm. Samotný nit toto zaťaženie vydržal, zatiaľ čo plechy s hrúbkou 1,5mm boli porušené natoľko, že spoj stratil svoju pevnosť. Pri vzorkách 2 a 3 došlo k vytrhnutiu nitu z materiálu s hrúbkou 4mm. Vzorka s jedným plechom s hrúbkou 1,5 mm odolala zaťaženiu 4392 N a predĺženiu o 9,7mm. Toto predĺženie je väčšie ako v prípade keď došlo k vytrhnutiu nitu.

Najpevnejší z testovaných lepených spojov vydržal maximálne zaťaženie 631 N a predĺženie o 5,1mm. Na všetkých vzorkách vznikol adhézny lom, čo znamená, že lepidlo nemalo dobrú príľnavosť k danému materiálu. Taktiež bola pozorovaná oblasť nevytvrdeného lepidla v strede každej vrstvy lepidla. Príľnavosť sa dá výrazne zvýšiť použitím primeru, čím sa niekoľkonásobne zvýši aj pevnosť lepeného spoja.

Technológia hybridného lepeného spojenia odolala maximálnemu zaťaženiu s hodnotou 3225 N pri predĺžení o 2,4mm. Takto vytvorený spoj by mal dosiahnuť maximálne zaťaženia odpovedajúce pre nitované spoje a po zlyhaní by mal ešte ďalej odolávať sile a predĺženiu, ktoré dosahujú lepené spoje. V tomto prípade nedošlo k dosiahnutiu maximálneho zaťaženia, ktoré dosahujú nitované spoje. Predĺženie tiež nezodpovedalo technológii lepeného spoja. Nižšia celková pevnosť bola spôsobená odstrihnutým dnom lisovacím nitom. Celkové predĺženie bolo kratšie ako by malo, pretože lepidlo nemalo dobrú príľnavosť k povrchu a vznikol adhézny lom.

V prípade ďalších ťahových skúšok by mal byť na povrch hliníku aplikovaný primer aby sa zistilo, akému zaťaženiu odolá vzorka pri vzniku kohézneho lomu. V prípade nitovaných vzoriek by mala byť použitá menšia lisovacia sila, menší nit alebo hrubšie plechy.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

1. TKÁČOVÁ, Jana a J. TKÁČ. Vývojové trendy v strojárskych technológiách - hybridné technológie. *STROJÁRSTVO/STROJÍRENSTVÍ* [online]. 2018, **2018**, 1 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <http://www.engineering.sk/strojarstvo-extra/3503-vyvojove-trendy-v-strojarskych-technologiach-hybridne-technologie>
2. DOUBRAVSKÝ, Miroslav. *Technologie I*. Praha: SNTL, 1982, 246 s.
3. Fig. 1. Sketch of an adhesive/bolted (hybrid) joint. In: *Science Direct* [online]. USA, 2001 [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143749600000476?via%3Dihub>
4. OSTEN, Miloš. *Práce s lepidly a tmely*. 3. vyd. Praha: SNTL, 1986, 285 s.
5. Hybrid joints. *ResearchGate* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Hybrid-joints_fig1_275487956
6. *Materiály a jejich svařitelnost: Učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. 2., upr. vyd. Ostrava: ZEROSS, 2001, 292 s. : il. ; 30 cm. ISBN 80-85771-85-3.
7. Clinchovací systémy rivclinch. *Boellhoff* [online]. c2018 [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.boellhoff.com/cz-cs/vyroby-a-sluzby/montazni-technika/clinchovaci-systemy-rivclinch.php>
8. KUBÍČEK, Jaroslav a Pavla HANÁČKOVÁ. *Hybridní spojování*. Praha, 2017.
9. PETERKA, Jindřich. *Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1980, 788 s. : obr., čb. fot., tabulky, grafy.
10. EBNE SAJJAD, Sina, ed. *ADHESIVES TECHNOLOGY HANDBOOK*. 2. Norwich, N Y, USA: William Andrew, 2008. ISBN ISBN: 978-0-8155-1533-3.
11. BISON SPRAY CLEANER AEROSOL 400 ML: Univerzální čistící a odmašťovací sprej na kovy. In: *BISON* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.bison-lepidla.cz/cs/p/bison-spray-cleaner-aerosol-400-ml-8710439177137.html>
12. Vliv drsnosti ocelového povrchu na pevnost lepeného spoje. *MM průmyslové spektrum* [online]. 2003, **2003**(9), 1 [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/vliv-drsnosti-oceloveho-povrchu-na-pevnost-lepeneho-spoje.html>
13. Fordov lievik (Viskozimeter výtokový). *SMART REPAIR* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.smartrepair.sk/kategoria/zariadenia-naradie-a-pomocky-pre-autolakovne-a-servisy/naradie-pomocky/fordov-lievik-viskozimeter-vytokovy/>
14. Jak lepidla vytvrzují?. *Lepidla* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <https://www.lepidla.cz/cs/a/jak-lepidla-vytvrzuji.html>
15. Loctite UVALOC 1000 UV Cure Chamber. In: *CUREUV* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <https://www.cureuv.com/products/loctite-uvaloc-1000-uv-curing-chamber>

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

16. Body shop adhesives. In: *Sika* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: https://automotive.sika.com/en/solutions_products/solution-finder.html
17. Pištol' na kartuše. In: *Igm: Nástroje a Stroje* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.igm.sk/pistol-na-kartuse/>
18. Ručná nanášačka lepidla 74 mm so stojanom. In: *Igm: Nástroje a Stroje* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.igm.sk/igm-rucna-nanasacka-lepidla-74-mm-so-stojanom/>
19. Lepení ve výrobě karoserie. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2017, **2017**(7), 1 [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/lepeni-ve-vyrobe-karoserie.html><https://www.igm.sk/tematicke-clanky/ako-nanasat-disperzne-lepidlo-efektivne-.html>
20. KREATOR nýtovací kleště pro kroužky 4mm. In: *NÁŘADÍ HORNIG* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: https://www.naradihornig.cz/kreator-nytovaci-kleste-pro-krouzky-4mm-krt616101_z10710/
21. Tvary závěrné hlavy. In: *OK-Strojservis* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.ok-strojservis.cz/produkty/baltec/produkty/produkt-3/>
22. *TOX-PRESSOTECHNIK* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://sk.tox-pressotechnik.com/>
23. *BOELLHOFF* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.boellhoff.com/cz-cs/index.php>
24. *BalTec* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://baltec.com/cs/content/home>
25. Kliešte nitovacie, 200mm. In: *Fortum* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.fortum.sk/naradie/rucne-naradie/klieste/nitovacie-klieste/4770600/>
26. Kliešte nitovacie pákové, 360mm. In: *Fortum* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.fortum.sk/naradie/rucne-naradie/klieste/nitovacie-klieste/4770613/>
27. KUKA ready2_rivet. In: *KUKA* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: https://www.kuka.com/en-de/products/robot-systems/ready2_use/kuka-ready2_rivet
28. *SW-MOTECH* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.sw-motech.cz/>
29. *SVV* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://svv.cz/cesky>
30. PRODUKTOVÉ LISTY SKUPINY PRODUKTOV SIKAFLEX. *SIKA* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: https://svk.sika.com/sk/solutions_products/dokumentacia/PDS/PDS_G_Sikaflex.html
31. Elektromechanické systémy MTS Criterion. *MTS* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://cz.mtsmonotonic.com/mts-criterion/criterion-em/>
32. 5050. *Euralliage* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: http://www.euralliage.com/5050_english.htm
33. *CITACE PRO* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <https://www.citacepro.com/>

ZOZNAM OBRÁZKOV

- Obr. 1 Hybridný lepený spoj s využitím skrutky a lepidla
- Obr. 2 Hybridný lepený spoj s využitím nitu a lepidla
- Obr. 3. Hybridný lepený spoj s využitím bodového zvaru a lepidla
- Obr. 4. Spojenie rivclinch – hore je obdĺžnikový spoj, dole kruhový
- Obr. 5. Hybridný lepený spoj s využitím lemovania a lepenia
- Obr. 6 Graf porovnania pevnosti lepeného, nitovaného a hybridného spoja
- Obr. 7 Zmäčanie povrchu kvapalinami
- Obr. 8 Odmasťovač
- Obr. 9 Charakter rýh na povrchu
- Obr. 10 Viskozimeter
- Obr. 11 Typy plnidiel
- Obr. 12 UV komora na vytvrdzovanie lepidla
- Obr. 13 Druhy plochých spojov
- Obr. 14 Vyznačenie lepených spojov na automobilovej karosérii
- Obr. 15 Ručné nástroje
- Obr. 16 Lepidlo nanesené rotačnou tryskou
- Obr. 17 využitie nitov ako otočných čapov na nitovacích nožniciach
- Obr. 18 Tvary záporných hláv
- Obr. 19 Schéma zavedeného trhacieho nitu
- Obr. 20 Využitie plných lisovacích nitov na dverách automobilu
- Obr. 21 Znázornenie pohybu pri radiálnom nitovaní
- Obr. 22 Postup zavedenia valcového nitu
- Obr. 23 Prierez hybridného spojenia dvoch hliníkových platní s využitím lepidla a polodutého nitu
- Obr. 24 Postup zavádzania polodutého nitu
- Obr. 25 Dorazová časť zámku
- Obr. 26 Ručné nitovacie kliešte
- Obr. 27 Ručné akumulátorové kliešte
- Obr. 28 Pneumaticko-hydraulické ručné kliešte
- Obr. 29 CNC nitovací stroj s otočným stolom
- Obr. 30 Robotické rameno s nitovacími kliešťami
- Obr. 31 Nitovacie zariadenie vo firme SW-MOTEC
- Obr. 32 Deformované plechy s hrúbkou 1,5mm
- Obr. 33 Sikaflex-222i UV
- Obr. 34 Vzorka s lepeným spojom, pohľad zhora a z boku
- Obr. 35 Vzorka s hybridným spojom, pohľad zhora, zdola a z boku
- Obr. 36 Vzorka s nitovaným spojom, pohľad zhora a zdola
- Obr. 37 MTS Criterion Model 43
- Obr. 38 Vzorka 1 nitovaného spoja na konci testu
- Obr. 39 Pohľad na dieru po vytrhnutí nitu v materiáli s hrúbkou 4 mm
- Obr. 40 Vzorka 2 nitovaného spoja po ťahovej skúške

ZOZNAM OBRÁZKOV

- Obr. 41 Pohľad na nit zhora zo zbytkami horného plechu hrúbky 1,5mm
- Obr. 42 Vzorka 5 nitovaného spoja po ťahovej skúške
- Obr. 43 Graf závislosti zaťaženia na predĺžení pre nitované spoje
- Obr. 44 Pohľad na vzorku 1 po ťahovej skúške
- Obr. 45 Vzorka s použitým primerom
- Obr. 46 Vzorka bez použitého primera
- Obr. 47 Graf závislosti zaťaženia na predĺžení pre nitované spoje
- Obr. 48 Pohľad na vonkajšie a vnútorné strany hybridného lepeného spoja po ťahovej skúške
- Obr. 49 Graf závislosti zaťaženia na predĺžení pre hybridné spoje
- Obr. 50 Pohľad zdola na odtrhnuté dno

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1 Chemické zloženie AlMg1

Tab. 2 Mechanické vlastnosti pre hrúbku materiálu od 0,5 do 1,5 mm

Tab. 3 Mechanické vlastnosti pre hrúbku materiálu od 1,5 do 3,0 mm

Tab. 4 Mechanické vlastnosti pre hrúbku materiálu od 3,0 do 6,0 mm

Tab. 5 Hodnoty z ťahovej skúšky nitovaného spoja

Tab. 6 Hodnoty z ťahovej skúšky lepeného spoja

Tab. 7 Hodnoty z ťahovej skúšky lepeného spoja

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha č. 1 Produktový list Sikaflex-222 UV [30]

Príloha č. 2 Materiálový list AlMg1 [32]

Sikaflex®-222 UV

UV-žiareniu odolný tmel

Materiálové hodnoty

Chemický základ	jednozložkový polyuretán
Farba (CSQP ¹⁾ 001-1)	čierna, biela
Mechanizmus vytvrdzovania	vzdušnou vlhkosťou
Hustota (pred vytvrdením) (CSQP 006-4)	cca. 1,25 kg/l
Tvarová stabilita	dobrá
Teplota pri aplikácii	+10 °C až + 35 °C
Čas tvorby kože ²⁾ (CSQP 019-1)	cca. 60 minút
Rýchlosť vytvrdzovania (CSQP 049-1)	viď diagram
Zmena objemu (CSQP 014-1)	cca. 1 %
Tvrdosť Shore A (CSQP 023-1/ ISO 868)	cca. 35
Pevnosť v ťahu (CSQP 020-3/ ISO 8339)	cca. 1,1 N/mm ²
Ťažnosť (CSQP 020-4/ ISO 8339)	cca. 500 %
Predĺženie pri roztrhnutí (CSQP 045-1/ ISO 34)	cca. 5 N/mm
Teplota prechodu k sklovitosti	cca. -45 °C
Celková prípustná deformácia	12,5 %
Tepelná odolnosť (CSQP 513-1) trvalá krátkodobá	-40 °C až + 90 °C 120 °C 150 °C
Skladovateľnosť (do 25 °C) (CSQP 016-1)	12 mesiacov pre kartušu 9 mesiacov pre hoboky a sudy

1) CSQP = Corporate Sika Quality Procedures

2) Teplota 23 °C, 50 % relatívna vlhkosť vzduchu

Popis:

Sikaflex®-222 UV je pastová jednozložková PUR tesniaca hmota, ktorá vytvrdzuje vzdušnou vlhkosťou do trvalého elastomeru. Sikaflex®-222 UV je vysoko odolný voči poveternostným vplyvom a UV žiareniu. Sikaflex®-222 UV je vyrábaný v systéme zabezpečenia kvality ISO 9001 a ISO 14001 a v programe Responsible Care.

Prednosti výroby:

- 1-zložkový
- extrémne dobrá odolnosť voči poveternostným vplyvom a UV žiareniu
- nekorozívny
- vykazuje široké spektrum priľnavosti
- neobsahuje rozpúšťadlá

Oblasť použitia:

Sikaflex®-222 UV je univerzálne použiteľná tesniaca hmota. Je vhodná na rôzne trvalé elastické utesnenia. Vhodné podkladové materiály sú kovy, plasty, keramické materiály, laky a nátery (2-zložkové systémy) ako aj drevo. Pri transparentných podkladoch a podkladoch, ktoré sú náchylné na tvorbu trhlín z dôvodu vnútorného napätia, je potrebné poradenstvo vzťahujúce sa priamo na objekt.



Vytvrdzovanie:

Reakcia zosietenia Sikaflex®-u-222 UV sa uskutočňuje vzdušnou vlhkosťou. Pri nižšej teplote je obsah vody vo vzduchu nižší a reakcia prebieha pomalšie (pozri diagram 1).

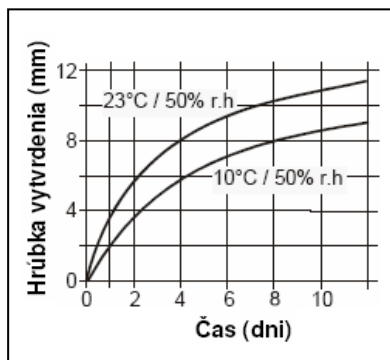


Diagram 1:
Rýchlosť vytvrdzovania Sikaflex®-222 UV

Chemická odolnosť:

Sikaflex®-222 UV je odolný proti vode, morskej vode, vápennej vode a komunálnym splaškom ako aj proti slabým kyselinám a lúhom, krátkodobu je odolný proti pohonným hmotám, minerálnym olejom ako aj rastlinným a živočíšnym tukom a olejom, nie je odolný proti organickým kyselinám, alkoholom, silnejším minerálnym kyselinám a lúhom ako aj riedidlám lakov. Tieto údaje sú len orientačné. Závaznosť údajov si vyžaduje konkrétne poradenstvo.

Spracovanie:

Príprava podkladu. Spájané podklady musia byť čisté, suché a bez masťnôt, oleja a prachu. Obvykle musia byť materiály pripravené podľa inštrukcií v aktuálnej tabuľke Sika Primer. Rady pre špecifické aplikácie získate od technika Sika Industry.

Aplikácia

Kartuše: prepichnete membránu na kartuši.

Unipaky: Umiestnite unipak do aplikáčnej pištole a uvoľnite otvor. Špicu prerežte podľa šírky škáry a tesniacu hmotu naneste vhodnou

ručnou alebo vzduchovou pištoľou do škáry tak, aby sa nevytvorili vzduchové bubliny. Otvorené balenie musí byť v krátkom čase spracované.

Teplota spracovania nesmie klesnúť pod +10 °C a nesmie prekročiť +35 °C. Optimálna teplota tesniacej hmoty a tesneného materiálu leží medzi +15 °C až +25 °C.

Pre radu ohľadne výberu a použitia vhodnej aplikáčnej sústavy ako aj metódy aplikácie, prosím kontaktujte technika Sika Industry.

Zahladenie a dokončenie.

Zahladenie a dokončenie musí byť urobené v intervale času tvorby kože. Na zahladenie doporučujeme Sika® Tooling Agent N (zahladzovač). Iné zahladzovacie prostriedky musia byť vyskúšané na vhodnosť/ kompatibilitu.

Odstraňovanie zvyškov tesniacej hmoty:

Nevytvrdený Sikaflex®-222 UV sa môže odstrániť z náradia a nástrojov pomocou prípravku Sika® Remover-208 alebo iným vhodným rozpúšťadlom. Vytvrdený materiál môže byť odstránený už len mechanicky.

Ruky/ telo ihneď umyte použitím Sika® Handclean utierok alebo vhodným priemyselným čističom a vodou. Nepoužívať rozpúšťadlá!

Prelakovanie. Po vytvorení povrchovej kože môže byť Sikaflex®-222 UV prelakovaný. Znášanlivosť laku musí byť overená predbežnými skúškami. Vypaľované, práškové a tepelne vysušené laky môžu byť aplikované len na úplne vytvrdenom Sikaflex®-222 UV. Je potrebné zohľadniť, že tvrdosť a hrúbka laku môže obmedziť lepiacu hmotu v jej rozťažnosti, čo môže viesť k tvorbe trhlín.

Ďalšie informácie:

Na požiadanie sú k dispozícii kópie nasledovných dokumentov:

- Bezpečnostný list materiálu
- tabuľka Sika Primer Chart
- Všeobecný návod pre tesnenie s výrobkami Sikaflex®

Balenia:

Kartuša	310 ml
Unipak	600 ml
Hobok	23 l

Dôležité

Informácie ako aj rady, vzťahujúce sa na dopravu, manipuláciu, skladovanie a odstránenie chemických výrobkov používateľa nájdú na aktuálnej karte bezpečnostných údajov, ktorá obsahuje fyzikálne, ekologické, toxikologické a iné údaje týkajúce sa bezpečnosti.

Upozornenie

Informácie, a najmä odporúčania, vzťahujúce sa na aplikáciu a konečné využitie Sika produktov sa podávajú v dobrej viere vyplývajúcej zo súčasných poznatkov a skúseností s výrobkami pri správnom skladovaní, manipulácii a aplikácii za normálnych podmienok. V praxi rozdiely v materiáloch, substrátoch a v skutočných podmienkach na stavbe sú také, že nemôže byť poskytnutá žiadna záruka, čo sa týka predajnosti alebo vhodnosti a použiteľnosti pre určitý účel, ani žiadny záväzok vyplývajúci z akéhokoľvek právneho vzťahu. Nemôže byť vyvodený žiadny záväzok ani z tejto informácie, ani zo žiadnych písomných odporúčaní alebo poskytnutých rád. Vlastnícke práva tretích strán musia byť dodržané. Všetky objednávky sa akceptujú podliehajú našim platným všeobecným a obchodným podmienkam.

Užívateľia by sa mali vždy odvolávať na posledné vydanie technických listov pre konkrétny výrobok.



Sika Slovensko spol. s r.o. Technická kanc. Bratislava Technická kanc. Košice
Rybničná 38/e Divízia Industry Divízia Industry
831 07 Bratislava Rybničná 38/e Mlynská 16
Tel. 02/4920 0403 Tel. 02/4920 0406 Tel. 055/677 1864
Fax 02/4920 0443 – obj. Fax 02/4920 0444 Fax 055/678 9147



PRÍLOHA Č. 2

Nominal chemical compound % (according to the standard EN 573-1):

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Others		Al
							Each	Total	
0,4	0,7	0,2	0,1	1,1-1,8	0,10	0,25	0,05	0,15	Reste

Specific mechanical characteristics:

Sheets (according to the standard EN 485-2):

State	Specified thickness (mm)		Rm (MPa)		Rp0.2 (MPa)		A % mini		Bending radius		Hardness HBS
	More than	until	mini	maxi	mini	maxi	A 50	A	180°	90°	
F	≥ 2,5	80,0	130	-	-	-	-	-	-	-	-
O/H111	0,2	0,5	130	170	45	-	16	-	0 t	0 t	36
	0,5	1,5	130	170	45	-	17	-	0 t	0 t	36
	1,5	3,0	130	170	45	-	19	-	0,5 t	0 t	36
	3,0	6,0	130	170	45	-	21	-	-	1,0 t	36
	6,0	12,5	130	170	45	-	20	-	-	2,0 t	36
	12,5	50	130	170	45	-	-	20	-	-	36