

Spojování kovů a plastů s pryží - spojovací prostředky

Miroslav Hlava

Bakalářská práce
2007



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

nascannované zadání s. 1

nascannované zadání s. 2

ABSTRAKT

Tato práce shrnuje zásady a postupy, které je nutné provést pro dosažení pevného a odolného spojení pryže s povrchy kovů a plastů při výrobě výrobků do náročných průmyslových aplikací. Udává ucelený popis jednotlivých kroků od přípravy až po vlastní proces síťování během vulkanizace.

Klíčová slova:

pryž, plast, primer, adhesivum, soudržnost, spojení pryže s kovem a plasty,

ABSTRACT

This paper summarizes principles and procedures that must be done to obtain a firm and durable bond between rubber and metal and plastic surfaces when manufacturing products for demanding industrial applications. It gives a rounded-off description of individual steps from preparation up to the crosslinking process itself during vulcanization.

Keywords:

rubber, plastic, primer, adhesive, adhesion, rubber to metal and plastic bonding,

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Jiřímu Malačovi, CSc. a konzultantům z firmy Rubena a.s. Hradec Králové za odborné vedení, cenné rady a připomínky při realizaci mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat zástupci firmy LORD Corporation ing. Marianu Kočíšikovi za zaslání propagačních materiálů o spojovacích systémech značky Chemosil a ing. Tomáši Ludvíkovi z firmy HSH Chemie Praha za zaslání propagačních materiálů o spojovacích systémech značky Megum a Thixon.

Motto

„Ať si myslíte, že něco dokážete, nebo že to nedokážete, máte pravdu.“

Henry Ford

OBSAH

ÚVOD	8
1 POSTUPY PŘÍPRAVY POVRCHU KOVU PŘED SPOJOVÁNÍM	10
1.1 ČIŠTĚNÍ POVRCHU - ODMAŠTĚNÍ	11
1.1.1 Odmašťování rozpouštědly	11
1.1.2 Odmašťování vodními čisticími prostředky.....	13
1.2 MECHANICKÁ PŘÍPRAVA POVRCHU	14
1.3 CHEMICKÁ PŘÍPRAVA POVRCHU	16
1.3.1 Fosfátování	16
1.3.2 Chromátování	18
1.3.3 Eloxování	20
2 CHARAKTERISTIKY JEDNOTLIVÝCH ČLÁNKŮ SPOJENÍ	22
2.1 CHARAKTERISTIKY SPOJOVACÍCH SYSTÉMŮ	22
2.2 CHARAKTERISTIKY PRYŽOVÝCH SMĚSÍ.....	25
2.3 SOUDRŽNOST.....	28
2.4 NANÁŠENÍ SPOJOVACÍHO SYSTÉMU	29
2.5 ZÁSADY PRO TVORBU KVALITNÍHO SPOJENÍ.....	31
2.6 SPOJOVÁNÍ ZVULKANIZOVANÉ PRYŽE	32
2.7 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ CELISTVOST SPOJENÍ	33
3 SPOJOVÁNÍ PRYŽE K PLASTOVÝM POVRCHŮM	34
3.1 TYPY PLASTŮ POUŽÍVANÝCH PRO SPOJENÍ S PRYŽÍ	34
3.1.1 Polyamidy.....	34
3.1.2 Polyestery	35
3.1.3 Polyuretany.....	35
3.1.4 Polykarbonáty.....	35
3.2 PŘÍPRAVA PLASTOVÝCH POVRCHŮ	36
3.3 ODMAŠTĚNÍ A ČIŠTĚNÍ PLASTŮ ROZPOUŠTĚDLY	37
3.4 VOLBA SPOJOVACÍHO SYSTÉMU.....	38
3.4.1 Vulkanizovaná spojení	38
3.4.2 Primery na povrchy plastů při vulkanizovaném spojení	38
4 TYPY VAD VYSKYTUJÍCÍCH SE U SPOJENÍ	39
4.1 ZKUŠEBNÍ POSTUPY KVALITY PRYŽE S KOVEM.....	40
5 DODAVATELÉ SPOJOVACÍCH SYSTÉMŮ	42
ZÁVĚR	43
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	44
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	45
SEZNAM OBRÁZKŮ	46

SEZNAM TABULEK.....	47
----------------------------	-----------

ÚVOD

Pryž, vzhledem ke svým fyzikálně mechanickým vlastnostem potřebuje v mnoha aplikacích podporu, nebo vyztužení různými druhy materiálů od polymerních vláken až po kovy. Pro zaručení optimálních vlastností budoucích výrobků po celou dobu jejich životnosti je nezbytné zajistit vhodnou úroveň soudržnosti spojovaných materiálů.

Pryžokovové a pryžoplastové výrobky nachází v dnešním moderním světě uplatnění v průmyslu automobilovém, leteckém, ocelářském, strojírenském, dřevařském, tiskařském, papírenském, textilním a u mnoha dalších. Výrobky používané v těchto odvětvích slouží k odstraňování vibrací, snižování a tlumení otřesů, spojení vychýlených součástí, utěsnění hmoty v různých fázích, ždímání textilu, potisku různých materiálů apod.

Například v automobilu je celá řada výrobků vyrobených spojením pryže a kovu použitých pro uchycení motoru, na spojky a průchodky v motoru, hřídelová těsnění v převodovce a motoru, uchycení ventilátoru, uchycení výfuku, rozvody chlazení, těsnění oken a mnoho dalších. Výše uvedené aplikace ukazují, jak široké je použití pryžokovových a pryžoplastových výrobků v každodenním životě.

S rozvojem nových materiálů a technologií rostou i požadavky na kvalitu, odolnost a funkčnost pryžokovových a pryžoplastových výrobků a s tím související spojení kovového nebo plastového dílu s pryží.

Zásadní rozdíl mezi spojením síťovacím mechanismem pomocí spojovacího systému a pouhým fyzikálním spojením pomocí lepidla, používaném v minulosti, je v dosahované pevnosti spoje a odolnosti proti působení vnějších vlivů prostředí. Zatímco u prostého fyzikálního spojení lepidlem se dosahuje pevnosti v tahu okolo 3 MPa, u síťovaného spojení je to až 12 MPa. Odolnost proti působení vnějších vlivů je u spojení vytvořeném síťovací reakcí mnohanásobně vyšší.

Ukázka pryžokovových výrobků je na obrázku 1.

Cílem této bakalářské práce je popsat hlavní kroky vedoucí k vytvoření kvalitního spojení odolávajícího vysokému dynamickému namáhání a zároveň působení různých vnějších vlivů prostředí (teplota, chemikálie, UV záření atd.).



Pouzdro závěsu

Zavěšení motoru

Hydraulická sestava

Obr. 1. Příklady výrobků vyrobených spojením pryže s kovem.

1 POSTUPY PŘÍPRAVY POVRCHU KOVU PŘED SPOJOVÁNÍM

V dnešní době se od spojení pryže s kovem očekává, že spoj bude trvale odolný vnějším vlivům, bude zabraňovat podkorodování povrchu kovu a bude mít trvalou pevnost. Z tohoto důvodu je spojení pryže ke kovu posuzováno především z hlediska jeho stability.

Prvním ze základních předpokladů optimálního spojení pryže ke kovu je vhodná a kvalitní příprava povrchu. Neupravené kovové povrchy obecně podléhají v průběhu času korozi a různým dalším změnám. Koroze je často popisována jako rozklad povrchu kovů chemickou nebo elektrochemickou reakcí. Korozi povrchu způsobuje většina prostředí, ale ne ve stejné míře. Prosté spojení vrstvy pryže na kovový povrch korozi nezastaví, ta pokračuje dále pod pryží v místě spojení. V případě, že podklad na který je spojovací systém nanášen je špatně připraven, může dojít u spoje v průběhu času i při silném primárním spojení k předčasnému selhání, popřípadě ke zkrácení jeho životnosti, zejména je-li spoj vystaven působení různých chemických látek. Prostředí, která podporují korozi jsou: vzduch a vlhkost, sladká i mořská voda, pára, chlór, amoniak, kyselina sírová, oxid siřičitý, minerální kyseliny, organické kyseliny, zásady, rozpouštědla a plynná paliva. U povrchů, kde již koroze začala, vede tato skutečnost často ke zhoršení kvality spojení. Postup čištění kontaminovaného povrchu se volí podle typu povrchu a látky, která znečištění způsobila.

Úkolem procesu čištění a přípravy povrchu je obecně:

- 1) odstranění všech látek znečišťujících povrch kovového dílu
- 2) zvýšení plochy povrchu kovového dílu
- 3) připravit kvalitní povrch pro spojení s pryží

V současné době se nejčastěji používají dva základní přípravné postupy:

- Mechanický postup
- Chemický postup

Vzhledem k nízkým nákladům a vysoké produktivitě jsou mechanické metody přípravy více rozšířené. Mechanická příprava je prakticky rozdělena do tří kategorií na úpravu oceli, barevných kovů a antikorozi oceli, zatímco chemická příprava vyžaduje pro každý typ spojovaného materiálů výběr speciálního postupu.

Při výběru vhodného postupu přípravy povrchu musí být zvažovány i místní vládní předpisy a regulace týkající se likvidace nebezpečných odpadů. Například při chemické přípravě oceli, jako je zinečnatý fosfát, obvykle vznikají jako vedlejší produkt nebezpečné kaly. V případě, že místní platné předpisy v dané oblasti předepisují pro tyto kaly nákladnou likvidaci, nebo je popisují pro danou oblast jako nevhodné, mohou být metody mechanické přípravy povrchu výhodnější.

1.1 Čištění povrchu - odmaštění

Kovové díly, dodané jejich výrobcem ve formě plechů, kulatin, výlisků, svařenců apod., určené na spojení s pryží, mívají často na povrchu určité množství oleje a tuků. Jedná se o látky používané v předcházejících výrobních procesech, jako je válcování, broušení, vrtání, lisování atd., nebo slouží k ochraně povrchu před korozí během transportu a skladování. Všechny tyto látky musí být před použitím kovu ke spojení s povrchu odstraněny i když nejsou viditelné, protože při zvýšené teplotě vulkanizace, kdy se stávají více pohyblivé a tekavé, může dojít k jejich dodatečnému uvolňování do místa spojení. Postup, kterým se tyto látky z povrchu odstraní, se nazývá odmaštění.

Základním úkolem odmaštění je tedy odstranit všechny mastné nečistoty s povrchu kovového dílu a tak jej připravit pro další povrchovou úpravu. Nedostatečné odmaštění může mít v pozdější fázi za následek znečištění tryskacích materiálů používaných pro následné úpravy povrchu. Jestliže je znečištěný tryskací materiál použit na čistý a odmaštěný povrch, dojde k jeho opětovnému znečištění. Nedostatečná příprava povrchu je velmi častou příčinou špatné soudržnosti s pryží. [1]

1.1.1 Odmašťování rozpouštědly

První krok přípravy povrchu kovu bývá obvykle odmaštění rozprašováním páry s nehořlavými rozpouštědly. Nejběžněji používaným rozpouštědlem je v gumárenském průmyslu perchloretylen. Z důvodu ochrany životního prostředí musí být perchloretylen používán pouze v uzavřených zařízeních. [2]

Používané rozpouštědlo musí mít neutrální pH, protože kyselé prostředí by mohlo způsobit pod nánosem spojovacího systému korozi. [4]

Kovové díly určené k odmaštění se vloží do drátěných košů, které jsou součástí odmašťovacího zařízení. Při vlastním procesu odmašťování působí na kovové díly v zařízení rozpouštědlo ve formě páry vystřikované z trysek, kde nejprve pára kondenzuje na studeném povrchu dílu, čímž rozpouští a odstraňuje usazený olej a tuk. Když kovové díly dosáhnou teploty páry rozpouštědla, kondenzace na povrchu skončí a kovy lze vyjmout ze zařízení ven, aniž by na nich ulpělo rozpouštědlo.

Jelikož se rozpouštědlo s povrchu odpařilo, je prakticky vyloučené, aby se tuk na kovových částech znovu usadil, protože kovové díly přicházejí do styku pouze s čistým rozpouštědlem, nebo jeho parou. Odstraněný tuk a olej se hromadí v rozpouštědle, z čehož plyne, že kondenzát rozpouštědla se musí neustále čistit destilací.

Předestilovaný a vyčištěný kondenzát se musí před použitím stabilizovat (např. hydrogenuhličitanem sodným, nebo trietanolaminem), protože nestabilizované chlorované uhlovodíky, které jsou v něm obsaženy, se mohou vlivem tepla a světla rozkládat za vzniku kyseliny chlorovodíkové. Kyselina vznikající z nestabilizovaných rozpouštědel může být parou přenášena a na vysoce reaktivním povrchu kovu způsobit korozi. Jednoduchá metoda zjišťování, zda je rozpouštědlo dostatečně stabilní je měření jeho pH. Provádí se tak, že se důkladně promíchá 1 díl perchloretylenu s 2 díly destilované vody. Po usazení a rozdělení roztoku na dvě fáze se změří pH horní vodní fáze indikátorovým papírkem. Jestliže je vodní fáze alkalická, je roztok dostatečně stabilizován. Je-li vodní fáze neutrální, nebo její hodnota je nižší jak pH 7, musí být do roztoku rozpouštědla přidáno více stabilizátoru, nebo se roztok musí vyměnit. Zařízení na odmašťování musí odpovídat a vyhovovat všem přísným předpisům, zejména co se týká bezpečnosti práce a ochrany životního prostředí.

V případě že není k dispozici vhodná odmašťovací technologie a zařízení, lze kovové díly odmastit jejich ponořením do nádrže s rozpouštědlem. U tohoto postupu ovšem hrozí reálné nebezpečí, že již uvolněný tuk na povrchu kovového dílu znovu ulpí. Jestliže byl kovový díl nedostatečně odmaštěn, zůstanou na něm po odpaření rozpouštědla skvrny od oleje nebo tuku. Tento efekt může být minimalizován při použití dvou nádrží s rozpouštědlem. Většina tuku a oleje je z povrchu kovového dílu odstraněna v první nádrži a zbytek v nádrži druhé. Po určitém čase druhá nádrž přebírá roli první nádrže, která se naplní novou náplní rozpouštědla a stává se tak druhou nádrží. Většina vysoce znečištěného rozpouštědla může být destilací regenerována a znovu použita. Aby bylo odmašťování dostatečně účinné, rozpouštědlo v nádržích musí být pravidelně kontrolováno a v případě potřeby

ihned vyměněno. Jak již bylo uvedeno, v případě použití této metody je vždy určité riziko potíží při následných operacích.

1.1.2 Odmašťování vodními čisticími prostředky

Stále přísnější environmentální požadavky na zařízení a zajištění prostoru pro odmašťování vyvolávají snahu o nalezení nových, k přírodě šetrnějších postupů čištění. Možnou alternativou je čištění kovů ve vodní fázi. Toto čištění se dělí do tří základních skupin:

- a) kyselé čisticí prostředky pH 3,5 – 5,5
- b) neutrální čisticí prostředky pH 7,5 – 8
- c) zásadité čisticí prostředky pH > 8

Do lázní se přidávají detergenty, které mají zajistit smáčení kovu a emulgovat nečistoty.

a) Kyselé čisticí prostředky

Tyto produkty čistí povrch kovového dílu a zároveň s ním reagují. Jestliže byl kovový díl očištěn působením kyseliny fosforečné, velmi tenká vrstva fosforečnanu železnatého, která se působením kyseliny na povrchu vytvoří, jej chrání proti působení prostředí v období několikadenního skladování před dalšími úpravami povrchu.

b) Neutrální čisticí prostředky

Neutrální čisticí prostředky obsahují navíc inhibitory koroze. Kovové díly, potom co byly dostatečně očištěny, projdou oplachem a na závěr jsou vysušeny v sušící komoře. Po vysušení je lze před dalšími úpravami uskladnit na několik dnů do meziskladu.

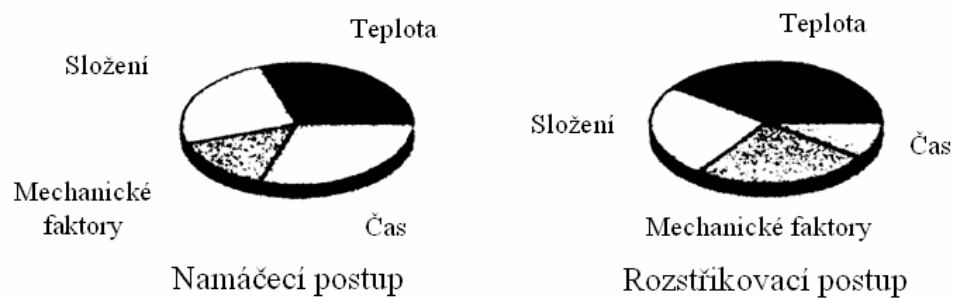
Účinnost čištění není u těchto prostředků tak velká jako u alkalických čisticích prostředků.

c) Alkalické čisticí prostředky

Nevýhodou tohoto způsobu čištění je to, že se obzvláště u oceli může již během několika dnů skladování na povrchu vytvořit slabá vrstva koroze. Čištění se provádí rozstříkáním čisticího prostředku z trysek, nebo namáčením kovových dílů v lázni, stejně jako u odmašťování rozpouštědly.

Při rozstříkacím postupu jsou čisticí prostředky na povrch kovového dílu aplikovány pod vysokým tlakem. Vysoký tlak posiluje čisticí účinek a proto tato metoda je efektivnější než namáčení.

Aby se zvýšila účinnost namáčecích postupů, jsou často namáčecí zařízení vybavena ultrazvukovými přístroji. Čistící účinnost závisí především na složení a koncentraci používaných čisticích produktů, podpůrných mechanických faktorech, teplotě a délce působení. Jestliže je některý z těchto parametrů změněn, musí se změnit jeden nebo dva další, aby se dosáhlo stejné úrovně účinnosti čištění. Vzájemný vztah jednotlivých faktorů ovlivňujících účinnost čištění je vidět na obrázku 2.



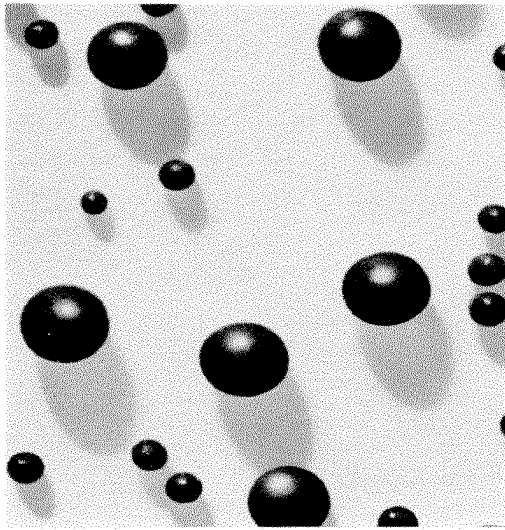
Obr. 2. Postupy vodního čištění – vzájemný vztah změny faktorů

1.2 Mechanická příprava povrchu

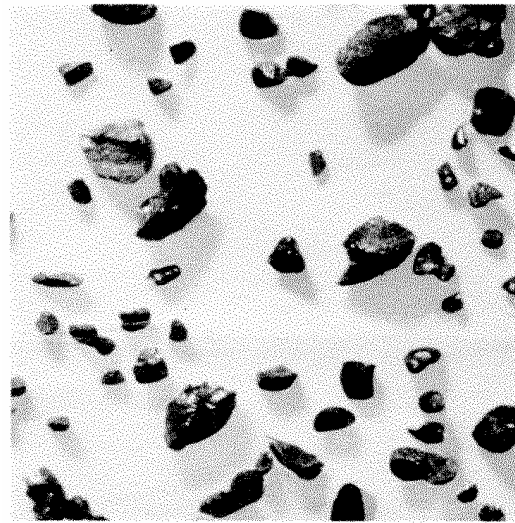
Postupy mechanické přípravy povrchů kovových dílů zahrnují tryskání, obrušování, kartáčování, nebo u rotačních součástí třískové obrábění. Smyslem těchto postupů je odstranit s povrchu vrstvu koroze a oxidů příslušného kovu a vytvořit čistý povrch připravený pro následující fáze přípravy.

Tryskání prostřednictvím stlačeného vzduchu nebo metacích kol je průmyslově hodně využívané pro svou vysokou účinnost. Jako tryskacích materiálů se používá drť z tvrdé litiny, ocelové popouštěné broky, korund, karbidy křemíku a oxidy křemíku. Oxidy křemíku mohou být použity pouze v uzavřeném, dobře odsávaném tryskacím zařízení, nebo musí obsluha používat odpovídající ochranné pomůcky, protože zde hrozí silikóza (poškození plic vdechováním křemičitanů). [1]

Ukázka běžně používaných tryskacích materiálů je na obrázku 3.



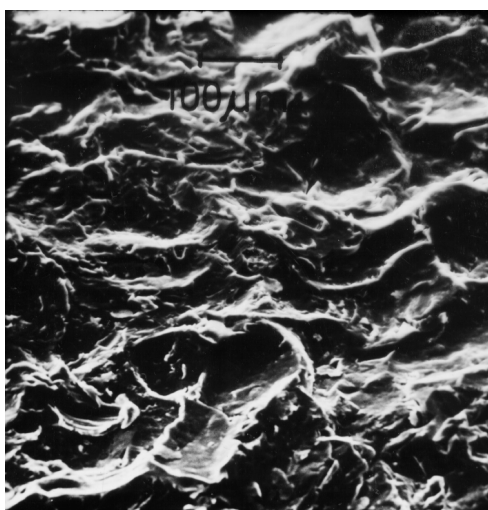
Ocelové broky



Drt' z tvrzené litiny

Obr. 3. Ukázka používaných tryskacích materiálů [2]

Ostrý a křehký materiál používaný pro tryskání by měl otevřít strukturu povrchu kovu, zvětšit jeho plochu a odstranit z něho vrstvu oxidů. Velké částice drtě se při dopadu na kovový povrch rozbíjejí na několik menších ostrých částic. Délka ostří tryskacích částic by měla být od 0,5 do 1,2 mm. U zařízení vybavených metacími koly je vhodné používat částice s délkou ostří 0,8 až 1,2 mm. Doba použitelnosti měkkých tryskacích materiálů není tak dlouhá jako u tvrdých, ale jejich účinnost je daleko vyšší, protože tvrdší materiály se postupně zaoblují a stávají se zcela kulatými. [1]



Drt' z tvrzené litiny



Ocelové broky

Obr. 4. Účinek tryskacích materiálů na povrch kovu

Jak je vidět na obrázku 4., drť z tvrzené litiny otevře povrch kovu, čímž se odstraní vrstva oxidů, zatímco ocelové broky povrch pouze deformují, ale vrstvu oxidů neodstraní a pouze ji do povrchu kovu zatlačí. Tryskáním ocelovými broky se s povrchu odstraní pouze šupinky, třísky a volně držíací rez, a proto tento způsob přípravy není vhodný pro přípravu povrchů na velmi namáhané spoje.

Vysoce reaktivní povrchy prošlé správnou mechanickou přípravou mají působením kyslíku a vzdušné vlhkosti sklon ke korozi. Různé druhy kovů korodují různou rychlostí. Nejprve začne na povrchu kovu probíhat relativně jednoduchý proces oxidace, který nemá žádný významný vliv na stabilitu spojení mezi kovem a pryží. Postupně se však tvoří smíšené oxidy a hydroxylové skupiny, které již stabilitu spojení negativně ovlivňují.

Proti těmto vlivům chrání tryskaný povrch kovu okamžitý nános spojovacího systému. V praxi je definována doporučená doba, kdy může být tryskaný povrch bez nátěru. Pro ocel je to 8 hodin a pro barevné kovy 2 – 3 hodiny. U antikorozi oceli by tento čas neměl překročit 30 – 60 minut od tryskání. Kovové díly opatření vrstvou spojovacího systému mohou být před následným nanesením pryže a vulkanizací dlouhodobě skladovány. Doba skladování závisí na doporučení výrobce spojovacího systému pro konkrétně použitý typ. Nejčastěji se maximální doba skladování pohybuje okolo dvou týdnů. Při skladování by měly být kovové díly chráněny polyetylenovou fólií.

1.3 Chemická příprava povrchu

Chemická příprava se skládá z řady kroků vedoucích k optimální úpravě povrchu. Prakticky pro každý typ kovu musí být vytvořen speciální postup, který závisí na následujícím použití a požadované kvalitě spojení pryže s kovem. Při výběru vhodné technologie je třeba brát v úvahu mimo ekonomických faktorů i faktory ekologické. Například čištění odpadních vod z fosfátování stojí až 50 % celkových výdajů na provedení této povrchové úpravy.

V praxi se k výrobě pryžokovových výrobků nejčastěji používá ocel, galvanizovaná ocel a hliník. Jako náhrady kovů se stále více uplatňují různé druhy plastů.

1.3.1 Fosfátování

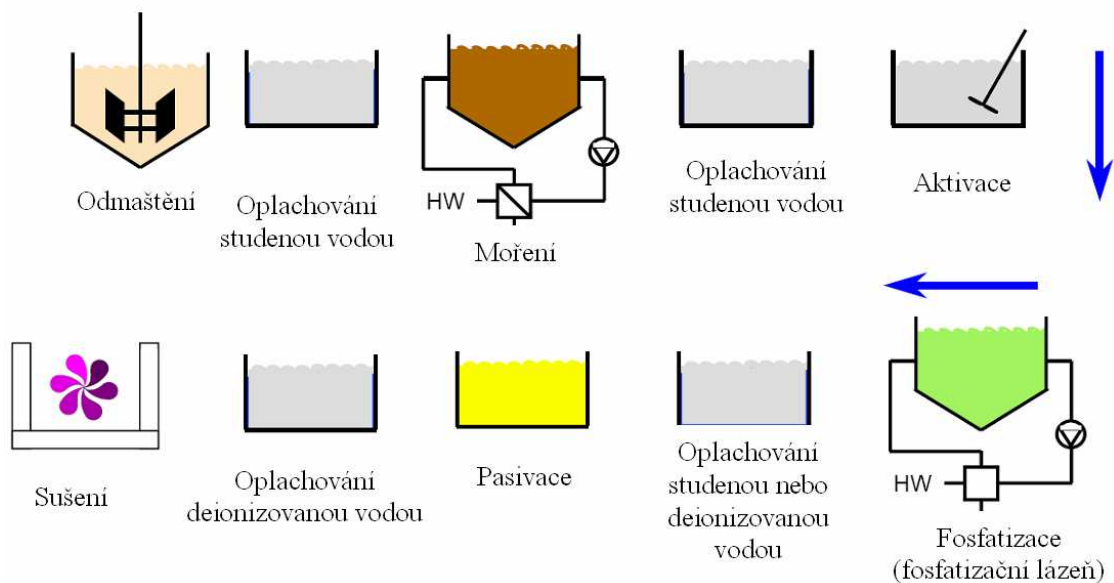
U oceli je nejvhodnější chemická příprava povrchu fosfátováním. [2]

Fosfátování je způsob chemické úpravy povrchu železa, zinku, hliníku, hořčíku a jejich slitin, kterým se na povrchu kovu ponořeného v lázni, vytváří souvislá a dobře lnoucí vrstva fosforečnanů železa, zinku nebo manganu. Podle technologie a použitých lázní je řada druhů fosfátování, například bonderizování, coslettování, granodizování atd.

Pro přípravu povrchu před aplikací spojovacího systému se v gumárenském průmyslu používá bonderizování (zinečnatý fosfát), které se provádí ve fosfatizační lázni složené z dihydrogenfosforečnanu zinečnatého (kyselého fosforečnanu zinečnatého) a kyseliny fosforečné. K urychlení procesu se používají různé přídavné látky, například kyselina dusičná, popřípadě sloučeniny mědi. [5]

Vytvořená fosfátová vrstva následně poskytuje velmi dobrou ochranu povrchu proti korozi. Obecně může být použita mikrokrystalická fosfátová vrstva zinku s tloušťkou 1 – 2 μm , což odpovídá 1 – 2 g/m^2 . Pro vytvoření této vrstvy musí být dodržen předepsaný čas fosfátování a teplota a koncentrace roztoku během vlastního procesu. [2]

Na obrázku č. 5 je schéma pořadí kroků při procesu fosfátování.



Obr. 5. Pořadí jednotlivých kroků při fosfátování

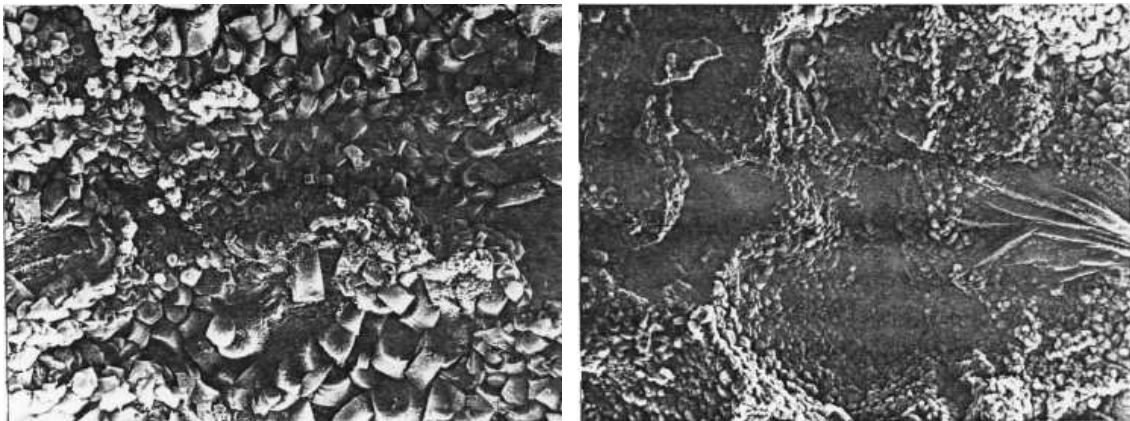
Moření slouží k odstranění oxidu železitého vzniklého při předchozím zpracování, např. odlévání. Jak již bylo dříve uvedeno, vrstvu oxidu železitého lze odstranit také mechanicky tryskáním.

Vlastní proces vytváření vrstvy fosfátu na povrch kovového dílu probíhá po aktivaci povrchu a následném ponoření dílu do fosfatizační lázně.

V průběhu pasivace, která se většinou provádí v kyselých roztocích trojmocných nebo šestimocných chromových solích, se jejich působením tvoří na povrchu kovového dílu fosfátové komplexy (redukuje se tloušťka fosfátové vrstvy a zaplňují se případné díry). Tato vrstva zvětšuje plochu povrchu kovového dílu, prodlužuje dobu jeho skladování a zlepšuje odolnost povrchu proti korozi.

Aby bylo zajištěno odstranění veškeré vlhkosti s povrchu po předchozích procesech, následuje proces sušení. V průběhu sušení by měla být udržována minimální teplota 110 °C, protože zbylá vlhkost by mohla způsobit zvednutí spodní vrstvy primeru nebo adhesiva vlivem páry, která by se vytvořila při vysokých teplotách vulkanizace.

Vzhled povrchu po zinečnatém fosfátu je na obrázku 6.



Zinečnatý fosfát alkalicky čištěného povrchu

Zinečnatý fosfát tryskaného povrchu

Obr. 6. Ukázka povrchů po zinečnatém fosfátu

1.3.2 Chromátování

Pro povrchovou úpravu hliníku se běžně používají dva postupy a to chromátování a eloxování. Chromátování je jedním z nejstarších postupů přípravy povrchů a poskytuje velmi dobrou ochranu proti korozi. Dělí se na žluté, zelené a transparentní. Podle použitého typu chromátování se musí na základě doporučení výrobce volit typ spojovacího systému.

Žluté chromátování se provádí v kyselině dusičné za přítomnosti fluoridů a urychlovačů, jako je například směs molybdenu, vanadu, nebo wolframu. Tloušťka chromátové vrstvy pro budoucí spojení s pryží by měla být od 0,05 do 0,4 μm , což odpovídá množství 0,1 až 1 g/m^2 .

Zelené chromátování je založeno na použití kyseliny fosforečné. Urychlovač se v tomto případě obvykle nepřidává. Zelené chromátování poskytuje mnohem menší ochranu proti korozi než žluté.

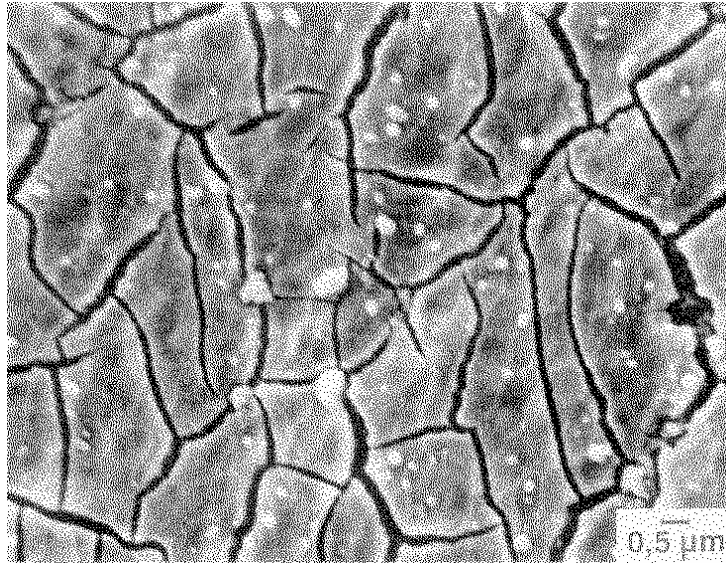
Transparentní chromátování poskytuje jen mírnou ochranu proti korozi a není tedy vhodné pro úpravy povrchu před spojováním. Tento postup nachází široké využití zejména v elektrotechnickém průmyslu.

V tabulce 1. je uvedeno 8 základních operací procesu chromátování.

Tab. 1. Operace při chromátování

Název operace	Funkce
Alkalické odmašťování	Odstranění oleje, tuků a mechanických nečistot.
Oplachování	Odstranění možných alkálií z předchozího procesu.
Moření (Dekapování)	Odstranění nežádoucích povlaků z povrchu působením kyselin.
Oplachování	Odstranění případných kyselých složek.
Chromátování	Vytváření chromátové ochranné vrstvy.
Oplachování	Odstranění zbytků kyseliny a solí po chromátování.
Oplachování deionizovanou vodou	Odstranění zbytků látek z lázní $T < 60\text{ °C}$
Sušení	Odstranění veškeré vlhkosti z povrchu $T < 100\text{ °C}$

Vrstva chromátu má typickou strukturu „popraskané země“, způsobenou dehydratací v průběhu sušení. Tato struktura je vidět na obrázku 7.



Obr. 7. Hliníkový povrch po žlutém chromátování

Zkoušky prokázaly, že trhliny se nerozšiřují až dolů k povrchu kovu, ale bariérová vrstva tvoří na povrchu hliníku tloušťku 3 až 10 nm. Další chromátová vrstva pak roste na vrstvě první.

1.3.3 Eloxování

Alternativním postupem úpravy hliníkového povrchu je eloxování, což je způsob elektrolytické oxidace povrchu hliníku a jeho slitin obvykle stejnosměrným proudem. Eloxovaná vrstva zajišťuje dlouhodobou ochranu povrchu hliníku proti korozi. U eloxování stejnosměrným proudem slouží část hliníku jako anoda a jako záporný pól slouží katoda z antikorozní oceli. Eloxování probíhá v lázni 20 % kyseliny sírové, jejíž teplota je regulována od 25 do 30 °C, při stejnosměrném napětí od 15 do 18 voltů (1,5 – 3 A/dm²). V průběhu eloxování hliník tvoří velmi odolnou vrstvu oxidů. Jedna třetina vrstvy proniká do hliníku a dvě třetiny jsou nad povrchem. Bariérová vrstva tvoří na povrchu hliníku porézní krycí vrstvu. Po eloxování musí obvykle následovat dodatečný krok, ve kterém se vrcholy pórovité vrstvy utěsní za pomoci páry. Během tohoto kroku by měl povrch hliníku dosáhnout teploty 97 až 98 °C.

Tabulka 2. ukazuje celkový přehled vhodných mechanických a chemických úprav povrchů u jednotlivých materiálů před jejich spojením s pryží. [2]

Tab. 2. Vhodnost použití tryskacích materiálů na kovy

Typ povrchu	Způsob přípravy povrchu	
	Mechanický postup - typ tryskacího materiálu ¹⁾	Chemický postup
Ocel	drť z tvrzené litiny	fosfátování
Antikorozní ocel	korundová drť	silné alkalické čištění
Hliník	korundová drť	chromátování ²⁾ eloxování
Měď	korundová drť	silné alkalické čištění
Bronz	korundová drť	silné alkalické čištění
Mosaz	korundová drť	silné alkalické čištění
Zinek	korundová drť	chromátování ²⁾
Titan	korundová drť	

¹⁾ Po odmaštění povrchu ²⁾ Chromátovací postupy nejsou identické

Bez ohledu na používanou přípravu povrchu je pro dosažení trvale dobrých výsledků soudržnosti důležité mít neustálou kontrolu nad procesem. Měli bychom se vyhnout používání maziv a antikoročních olejů, které obsahují chlorovaný parafín nebo silikon. Tyto látky se velmi obtížně odstraňují a mohou výrazně zasáhnout do kvality soudržnosti. Všechny používané odmašťovací rozpouštědla, čisticí roztoky, tryskací a brousící prostředky se musí udržovat v čistotě, aby nemohlo dojít k jejich znečištění a v případě potřeby se musí ihned vyměnit. Kontrolovat je třeba i proplachovací vodu a sušící vzduch, které se musí vhodnou průběžnou filtrací čistit od oleje a nečistot. Jednoduchý test k určení rozsahu účinnosti přípravy kovového povrchu se nazývá „test vodního zlomu“ („water-break test“). V tomto testu se připravená kovová část krátce ponoří do demineralizované vody a potom vytáhne. Upravený povrch ponořené části by neměl jevit známky špatného smáčení. Kovový povrch je považován za čistý v případě, že je na něm souvislý vodní film bez jakýchkoli zlomů a ok. Zkouška vodního zlomu je popsána v ASTM jako zkušební metoda pod označením F22.

2 CHARAKTERISTIKY JEDNOTLIVÝCH ČLÁNKŮ SPOJENÍ

2.1 Charakteristiky spojovacích systémů

Účelem použití spojovacích systémů je spojování pryže s různými druhy povrchů. Jedná se o patentově chráněné produkty se speciálním složením. Spojovací systémy obvykle obsahují směs polymerů, pryskyřic, vulkanizačních činidel, pigmentů, plniv a dalších přísad, jako například inhibitory koroze, nebo stabilizátory viskozity. Tyto složky jsou buď rozpustitelné, nebo suspendované v kapalném prostředí. Spojovací systémy jsou dvouvrstvé (primer + adhesivum), nebo jednovrstvé (adhesivum). Výběr druhu spojovacího systému závisí na materiálu spojovaného dílu, typu pryže a vnějších vlivech, které budou na finální výrobek působit. Výrobce spojovacích systémů je na základě těchto informací schopen doporučit nejvhodnější systém pro danou aplikaci.

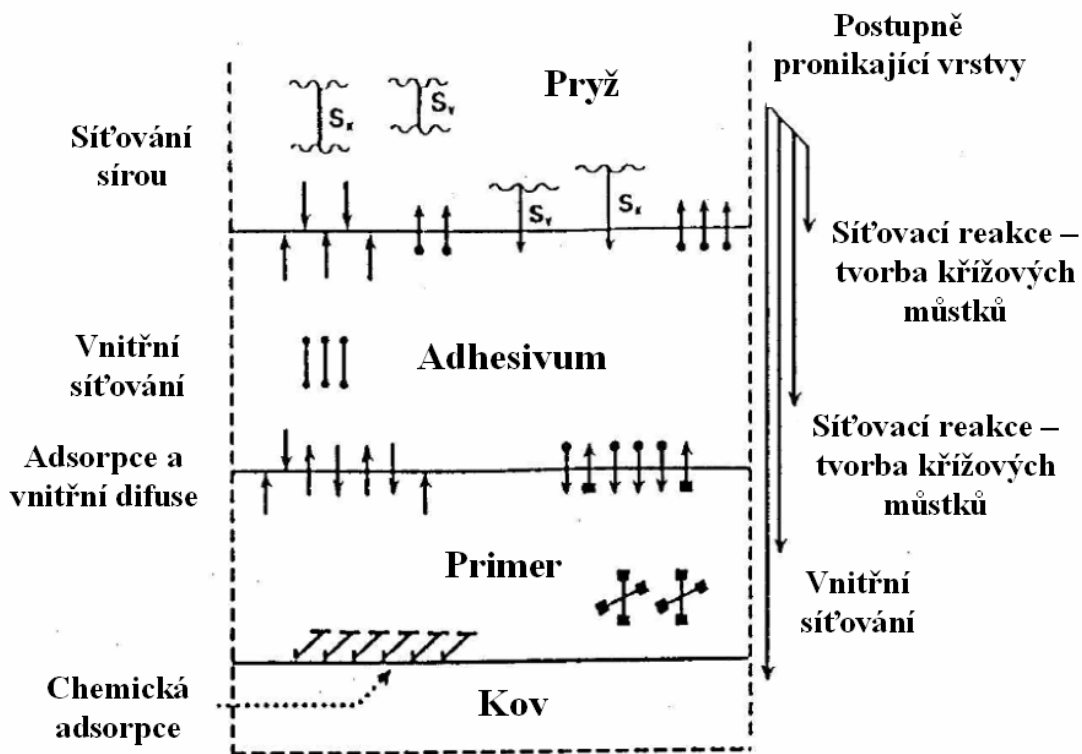
Primer, jako základní vrstva při spojení pryže s kovem, obsahuje organickou pryskyřici, která reaguje s většinou kovových povrchů (ocel, hliník, nerezová ocel, měď, mosaz) a během vulkanizačního procesu vytváří s kovy pevnou chemickou vazbu. V primeru jsou také obsaženy polymery, které napomáhají k vytváření rovnoměrné slabé vrstvy a k lepšímu vzájemnému provázání s vrstvou adhesiva, jehož nános po dostatečném zaschnutí primeru následuje.

Adhesivum obsahuje polymerní materiály, které jsou slučitelné s přísadami v primeru a také s pryžovou směsí, která má být spojována. Velká část adhesiv je založena na halogenovaných polymerech.

Halogenované polymery, nebo pryskyřice jsou známé účinným smáčením kovových povrchů a proto jsou obsaženy v primeru i v adhesivu. Halogenované polymery také poskytují účinné bariéry proti chemikáliím, které mohou narušovat spojení. Adhesiva obsahují velmi silná vulkanizační činidla, která mohou reagovat s polymery obsaženými v pryži a polymery v adhesivu. Difunkční a polyfunkční chemikálie sice nevytvářejí na povrchu kovu vrstvu spojovacího systému snadno, ale jsou schopné vytvořit slabou vrstvu termosetu a zároveň působením napříč rozhraním vrstvy vytvořit vazbu s pryží.

Mechanismus spojení pryže s kovem je velmi komplikovaný, protože při něm probíhá několik reakcí současně. Aby se vytvořilo silné a pevné spojení odolné vnějšímu prostředí,

musí všechny tyto reakce proběhnout ve velmi krátké době (např. při lisování v průběhu vulkanizace pryže). Reakce které během procesu spojování probíhají jsou vidět na obr. 8.



Obr. 8. Schéma spojovacího procesu během vulkanizace

Každá ze tří základních vrstev ve spojení pryž - kov (primer, adhesivum, pryž) síťuje, nebo vulkanizuje během procesu konečného tvarování výrobku (např. lisování). Zdrojem tohoto síťování je buď přítomnost zahřáté reaktivní pryskyřice, nebo chemická látka iniciující síťování přidaná z vnějšku. Tato vnitřní vulkanizace zvyšuje molekulovou hmotnost a kohezní pevnost (soudržnou sílu) vrstev navzájem. Navíc každá vrstva podstoupí reakce s vrstvami nad a pod ní. Reakce v mezivrstvách jsou způsobené stejnými chemickými přísadami nacházejícími se uvnitř jednotlivých vrstev.

První článek spojení pryže s kovem je rozhraní mezi primerem a kovem. Jak již bylo dříve uvedeno, kromě vnitřního síťování, které probíhá uvnitř primeru, organická pryskyřice obsažená v primeru reaguje s oxidy kovů na povrchu kovu a tvoří s ním velmi silné kovalentní vazby. Tento typ reakce se nazývá chemická adsorpce. Tato adsorpce se liší od běžné adsorpce, nebo fyzikálního spojení lepidlem v tom, že spojení vytvořená chemickou adsorpcí jsou velmi odolná vůči působení vody, tepla a chemikálií.

Další článek ve spojení pryže s kovem je vzájemné spojení mezi primerem a adhesivem. Vulkanizační činidla přítomná ve vrstvě adhesiva se během vulkanizace přesouvají, nebo difundují do vrstvy primeru a vytvářejí vzájemnou chemickou vazbu. Vytvořený polymerní film přítomný v primeru difunduje a proplétá se s vrstvou adhesiva, čímž dále posiluje pevnost vzájemného spojení, vzhledem k jeho slučitelnosti s polymery přítomnými ve vrstvě adhesiva.

Závěrečný článek spojení pryže s kovem je vzájemné spojení adhesiva s pryží. Vulkanizační činidla přítomná ve vrstvě adhesiva během vulkanizace difundují také do pryže a vytváří s ní chemickou vazbu. Tato spojení vytvořená napříč vrstvami se nazývají křížové můstky (crossbridges), aby se odlišily od příčných vazeb (crosslinks), které se vyskytují pouze uvnitř pryže samotné. Navíc ještě samotná síra, přítomná v pryžové směsi, z ní difunduje do vrstvy adhesiva a pomáhá tak k vytvoření dalších křížových můstků mezi pryží a adhesivem.

Jak již bylo uvedeno, spojovací systémy pro spojování pryže s kovem se obvykle vyskytují ve dvou typech. Jsou to systémy dvouvrstvé, skládající se z vrstvy primeru a vrstvy adhesiva a systémy jednovrstvé s vrstvou adhesiva.

U dvouvrstvého systému obsahuje primer hlavně látky, které tvoří silné a trvalé spojení s kovovým povrchem. Hodnoty modulů z vulkanizovaného primeru vloženého mezi pryž a kov jsou blíže k hodnotám modulu kovu. Naproti tomu adhesivum, obsahující zejména materiály tvořící spojení s pryží, se hodnotami modulu po z vulkanizování blíží hodnotám modulů z vulkanizované pryže. Kompletní spojovací systém poskytuje postupný přechod v modulu mezi pryží a kovem a tím vytváří lepší rozdělení napětí.

U jednovrstvých spojovacích systémů je nezbytně nutné, aby obsahovaly materiály reagující s kovovým povrchem a materiály, které reagují s pryží. V mnoha případech nejsou tyto materiály pohromadě dlouhodobě stabilní a podléhají stárnutí, což omezuje dobu jejich skladovatelnosti.

Každý spojovací systém má svoje výhody a nevýhody. Typické dvouvrstvé systémy (primer + adhesivum) jsou více odolné proti působení extrémních podmínek vnějšího prostředí jako je například horký olej, nebo dlouhodobé působení solí. Naproti tomu používání dvouvrstvých systémů je více nákladné a vyžaduje zařízení umožňující aplikaci dvou složek, tj. zařízení na aplikaci primeru a zařízení na aplikaci adhesiva. Jednovrstvé systémy

potřebují pouze jedno aplikační zařízení, protože nános adhesiva se provádí pouze v jednom stupni, což je proti dvouvrstvému systému výrazně snadnější. Toto je důvod, proč jsou pracovní postupy u jednovrstvých systémů méně komplikované a nákladné. Nevýhodou jednovrstvých systémů je jejich nízká odolnost proti působení vnějšího prostředí a jejich nízká stabilita.

2.2 Charakteristiky pryžových směsí

Úspěšný vývoj organických spojovacích systémů určených pro spojení pryže s různými povrchy a jejich široké využití v praxi umožňuje chemickým inženýrům používat pro splnění náročných provozních podmínek stále kvalitnější syntetické pryžové materiály a přitom u nich stále dosahovat vysoce kvalitního spojení s podkladem. Zde jsou shrnuta některá hlavní pravidla, která by měla být dodržena pro vytvoření kvalitního spojení průmyslově používaných materiálů s pryží.

Prvním pravidlem je použít nejsnáze spojitelný typ pryže, který bude zároveň schopný dostatečně plnit požadovanou funkci v provozních podmínkách po dobu celé své životnosti.

Co způsobuje rozdíly v soudržnosti je stále věcí diskuse. Původně byly rozdíly v soudržnosti u dostupných druhů pryže přisuzovány rozdílům v jejich polaritě, chemické reaktivitě, rozpustnosti a symetrii molekul. Bez ohledu na příčinu je soudržnost pryže s různými materiály obecně rozdělena od nejlepší po nejhorší takto:

Nejlepší soudržnost	Butadien-akrylonitrilová pryž (NBR)
	Polychloroprenová pryž (CR)
	Butadien-styrenová pryž (SBR)
	Přírodní nebo polyisoprenová pryž (NR nebo IR)
	Ethylen-propylenová pryž (EPDM)
Nejhorší soudržnost	Butylová pryž (IIR)

Častokrát je volba správného druhu pryže dána provozními požadavky. Odolnosti některých typů pryže jsou uvedeny v tabulce 3. Dokonce i stejné druhy pryží mají různé stupně soudržnosti, které jsou závislé na charakteristice vybraného druhu elastomeru a na přísadách, které jsou v něm obsaženy. [1]

Tab. 3. Obecné odolnosti pryží proti působení vnějších vlivů [4]

Elastomer Odolnost	NR	SBR	NBR	CR	VMQ	FKM
Schopnost tlumení	++	+	+	+	-	-
Nízká teplota	++	+	+	++	++	+
Vysoká teplota	-	+	+	++	++	++
Odolnost proti oleji	--	-	++	++	++	++
Pevnost v tahu	++	++	++	++	--	+

+ velmi vhodná + vhodná - nevhodná -- zcela nevhodná

Na soudržnost může mít zásadní vliv výběr vulkanizačního systému. [1]

Vulkanizační systémy s obsahem síry:

- Konvenční (sirné) – poměr koncentrace urychlovače ke koncentraci síry je do 0,5 (např. 0,8 dsk urychlovače a 2,5 dsk síry)
- SEV (semi-efficient vulkanisation) – poměr koncentrace urychlovače ke koncentraci síry je do asi 1 (např. 1,5 dsk urychlovače a 1,5 dsk síry)
- EV (efficient vulkanisation) - poměr koncentrace urychlovače ke koncentraci síry je do asi 5 a více (např. 5 dsk urychlovače a 0,4 dsk síry) [6]

U pryží vulkanizovaných konvenčními vulkanizačními systémy (sírou) se obecně dosahuje lepšího spojení, než u pryží vulkanizovaných donory síry, nebo peroxidy. Má se za to, že toto je způsobeno vzájemnou interakcí síry s vulkanizačními činidly ve spojovacím systému. Čím je vyšší obsah síry, tím je více vzájemných interakcí a tím se zvyšuje šance na dobrou soudržnost. Spojovat pryže vulkanizované SEV a EV vulkanizačními systémy je obtížnější, protože mají nízký obsah volné síry. EV vulkanizační systémy tvoří převážně monosulfidické nebo disulfidické příčné vazby, zatímco tradiční sirné vulkanizační systémy vytvářejí ve většině případů příčné vazby polysulfidické. SEV vulkanizační systémy se schopností vytváření příčných vazeb zapadají mezi EV a sirné systémy vulkanizace.

Vulkanizační proces postupuje v různých rychlostech s různou účinností a u různých typů elastomerů, takže množství síry nutné k přípravě EV vulkanizačních systémů bude také kolísat. Například EV vulkanizační systém ve směsi NR obecně obsahuje 0,4 – 0,8 dsk volné elementární síry, zatímco u NBR je obsah volné elementární síry ve směsi menší než 0,3 dsk.

Urychlovače, přidávané do pryžových směsí slouží k zrychlení vulkanizace a zvýšení výrobní kapacity. Jako urychlovače, které zlepšují soudržnost pryže se ukázaly MBT (2-merkaptobenzothiazol) a MBTS (merkaptobenzothiazol disulfid). Jako urychlovač, který negativně ovlivňuje soudržnost je označen TMTD (tetrametylthiuram disulfid).

Peroxidem vulkanizované pryže se s kovem spojují běžnými spojovacími systémy obtížněji, protože volný radikál peroxidického vulkanizačního systému snižuje počet reaktivních míst obsažených v hlavním řetězci se kterými reagují vulkanizačními činidla obsažená ve spojovacím systému.

Důležitou roli v soudržnosti hrají také plniva obsažená v pryži. Platí, že čím více plniv pryž obsahuje, tím snadněji se spojuje. Běžný obsah plniv v pryžových směsích bývá v rozsahu 20 – 50 dsk. Se zvyšujícím se obsahem plniv v pryži stoupá její modul a ten se přibližuje modulu spojovacího systému, čímž se redukuje rozdíl napětí na rozhraní spoje. Jako plniva zlepšující soudržnost pryže jsou preferovány termické saze, retortové saze a oxid křemičitý.

Oleje jsou často nezbytné k zajištění dobrého toku a řádného zaplnění formy při výrobě. Bohužel jejich používání může vážně bránit soudržnosti z důvodu jejich schopnosti migrovat do rozhraní spojovacího systému s pryží během vulkanizace a reagovat s křížovými můstky. Pro lepší soudržnost jsou preferovány při výrobě pryžových směsí nižší obsahy olejů. Nejmenší vliv na soudržnost mají oleje naftenické, zatímco použití aromatických olejů a olejů na bázi esterů by se mělo při vývoji pryžové směsi určené pro spojení s kovovým nebo plastovým dílem pokud je to možné vyhnout.

Pro vysokou odolnost proti vnějším vlivům působícím na výrobek v provozních podmínkách je důležitá přítomnost antidegradantů, vosků, antiozonantů, antioxidantů a inhibitorů vulkanizace v pryžové směsi. Bohužel tyto látky mohou také snižovat soudržnosti, protože migrují na povrch pryže a zasahují do reakcí vytvářejících křížové můstky. Je preferováno

nejnižší možné množství těchto látek nezbytné k dosažení přijatelných odolností pryže v provozních podmínkách, aby nedocházelo k jejich vykvétání na povrch.

2.3 Soudržnost

Výběr nejvhodnějšího spojovacího systému pro jednotlivá specifická spojení ovlivňuje několik faktorů:

- typ pryže, který bude spojován
- vládní předpisy a nařízení platné v dané oblasti
- použitý způsob vulkanizace pryže (lisování, vstřikování, přetlačování, volná vulkanizace apod.)
- požadovaná úroveň odolnosti proti působení vnějších vlivů
- schopnost spojovacího systému přizpůsobit se používanému způsobu nanášení na povrch dílu
- cena.

Základem pro správné a kvalitní spojení je použití spojovacího systému, který je určen pro spojení s daným typem pryže. Některé spojovací systémy jsou vyvinuty pro spojování široké škály NR a obecně pro spojení pryží syntetických. Další spojovací systémy jsou navrženy tak, aby umožňovaly spojení speciálních pryží, jako jsou EPDM nebo IIR. Jiné spojovací systémy jsou speciálně navrženy pro spojování uretanů, HNBR, silikonů a fluorových pryží. Z tohoto plyne, že typ spojované pryže musí být z chemického hlediska předem jasně specifikován, aby nedošlo k záměně spojovacího systému. Spojovací systémy pro speciální pryže jsou často založeny na organofunkčních silanech, nebo reakcích formaldehydových pryskyřic. Spojovací systémy na bázi silanů se silně váží na leštěné až sklovité povrchy kovů jakými jsou například hliník, mosaz, železo, ocel, titan, a další slitiny.

Při výběru vhodného spojovacího systému je také velmi důležité přihlédnout k vládním předpisům a nařízením týkajících se limitů množství škodlivých emisí v dané oblasti.

Pro volbu vhodného spojovacího systému je dále důležité zvážit způsob vulkanizace pryže. Některé spojovací systémy působí lépe při vulkanizačních teplotách nižších než 155 °C a s dlouhými vulkanizačními časy, např. u některých typů lisování a volné vulkanizaci. Jiné

spojovací systémy jsou navrženy tak, aby byly schopny pracovat při teplotě vyšší než 170 °C s velmi krátkými vulkanizačními časy, např. vstřikolisové technologie výroby.

Na základě požadované úrovně odolnosti vnějšímu prostředí, dostupnosti technického vybavení a doporučení výrobce je možné se rozhodnout pro dvouvrstvý spojovací systém, nebo pro spojovací systém jednovrstvý.

Poslední důležitý faktor při výběru vhodného spojovacího systému je posouzení nákladů na jeho pořízení a nákladů souvisejících s nákupem technologie a zařízení k jeho nanášení.

2.4 Nanášení spojovacího systému

Spojovací systém se zpravidla aplikuje nástřikem, namáčením, nátěrem štětcem, nebo nánosem v bubnu. Každá z těchto aplikačních metod má své výhody a nevýhody. Volba aplikační metody závisí na technickém vybavení, velikosti a tvaru kovových dílů, jejich počtu a zda má být pokrytý celý díl, nebo pouze jeho část.

Nastříkování je vhodná aplikace tam, kde je požadován okamžitý rovnoměrný nános a snaha proces automatizovat. Nástřik lze provádět pomocí tlakového vzduchu, stříkáním bez vzduchu, nebo elektrostatickým stříkáním. Nastříknutá vrstva obvykle dává pokrytým částem nejlepší estetický vzhled bez kapek a čmouh. Při tomto způsobu nanášení se velmi snadno reguluje tloušťka nanášené vrstvy po zaschnutí úpravou koncentrace nastříkovaného roztoku, regulací tlaku a proudu vzduchu. V aplikacích, kde spojovacím systémem má být pokryta pouze určitá část dílu, nástřik nejlépe dovoluje s použitím stříkacích ochran pokrýt pouze tuto část. Nevýhodou tohoto postupu je, že v důsledku snahy o rovnoměrné pokrytí povrchu je část spojovacího systému strhávána do odsávání a dochází tak k jeho ztrátám. Efektivitu lze zvýšit použitím elektrostatického stříkání nebo zařízením aplikujícím vysoký objem při nízkém tlaku. Stříkací pistole musí být konstruována a seřízena tak, aby nástřik spojovacího systému byl rovnoměrný a nedocházelo k jeho zasychání a hromadění v ústí pistole a k následnému ucpávání. Součástí stříkací linky by mělo být zařízení na odstraňování vody a oleje ze vzduchu, aby nedocházelo k znečištění spojovacího systému, což bývá příčinou problémů. Spojovací systém by měl být v lince před aplikací neustále míchán, aby byl v celém objemu homogenní. Zařízení by mělo být pravidelně čištěno a udržováno.

Pro malé série kovových dílů je vhodná aplikace namáčením. Jedná se o ekonomicky výhodnou metodu, kterou lze automatizovat na vyšší rychlosti použitím dopravního pásu. Aplikace namáčením dílu do spojovacího systému umožňuje jeho lepší přenos na povrch a jeho úsporu, protože jakmile se díl po namočení z vany vyjme, přebytečný spojovací systém, který neulpí na povrchu, stéká zpět do vany. Namáčecí postup je z hlediska nákladů výhodnější než nastřikování, protože namáčecí zařízení je jednodušší, lépe ovladatelné a nevznikají zde ztráty rozprachem. Nevýhodou namáčení je, že zde není mnoho možností regulace tloušťky vrstvy po zaschnutí, jelikož podíl pevných látek a viskozita spojovacího systému v době použití jsou pevně dány. Při namáčecích aplikacích se dosahuje po vyschnutí nestejnětloušťky vrstvy spojovacího systému, protože mokrá vrstva je vlivem gravitace stahována po povrchu dílu dolů. Namáčená vrstva je také náchylná k tvorbě trhlin a kapek. Tyto kapky mohou způsobit znečištění v lisovací formě během lisování. Namáčení je nejvhodnější pro díly, u kterých není potřeba některé části zakrývat, tzn. celý díl bude pokryt pryží. Spojovací systém používaný při namáčecí aplikaci by měl být ve vaně z důvodu homogenity neustále míchán rotačním míchadlem.

Natírání štětcem je nejvhodnější použít pro prototypy, nebo v kusové výrobě. I přesto, že se jedná o nejjednodušší metodu aplikace spojovacího systému, není tento způsob doporučován, protože zde nelze nikterak zajistit rovnoměrnou tloušťku jeho vrstvy. Po zaschnutí nátěru mohou na povrchu zůstat nenatřené štěrby a různá zvrásnění, což způsobí v těchto místech snížení pevnosti spoje. Spojovací systém by měl být před vlastní aplikací velmi dobře rozmíchán a měl by být nanášen ve stejné tloušťce po celé ploše kovového dílu. Příklad, od kterého je především vyžadována maximální odolnost vůči působení vnějšího prostředí, musí být před aplikací adheziva zcela suchý. Na stejnoměrnost nanesené vrstvy má vliv udržování doporučené viskozity roztoku ve velmi úzkém rozsahu hodnot. V případě, kdy se aplikuje více jak jedna vrstva adheziva, musí být zajištěna dostatečná teplota a doba sušení, aby došlo k úplnému odpaření rozpouštědla mezi jednotlivými vrstvami.

Při ruční konfekci pryže na kov, jako je výroba pogumovaných válců, vyložení nádob a potrubí, je pro spojení pryže s kovem velmi důležitá tzv. „konfekční lepivost“. Za tímto účelem je potřeba na dostatečně suchou vrstvu adheziva nanést ještě vrchní nátěr, čímž se potřebná lepivost získá. Tento nátěr se provádí zpravidla ručně štětcem. Vrchní nátěr se skládá z pryže rozpuštěné ve vhodné směsi rozpouštědel, jako například benzín + toluen nebo xylen v poměru 1:1 nebo 2:1.

2.5 Zásady pro tvorbu kvalitního spojení

I po pokrytí kovových částí spojovacím systémem je potřeba zabezpečit, aby nedošlo ke znečištění vrstvy spojovacího systému před aplikací pryže. Nečistoty na rozhraní mezi adhesivem a pryží zabrání vytvoření silné chemické vazby a zapříčiní nízkou kvalitu spoje. Obsluha manipulující s natřenými díly by měla nosit vždy čisté bavlněné rukavice, aby se zabránilo přenosu nečistot na povrch spojovacího systému. Díly by neměly být před použitím uloženy v místech, kde hrozí jejich potřísnění látkami vznikajícími při lisování, jako jsou kapičky separačního prostředku, prach a vlhkost. Jestliže mají být díly opatřené nánosem spojovacího systému dlouhodobě skladovány, měly by být přikryté kartónovým nebo sulfátovým papírem a uloženy v místech, kde nebudou dlouhodobě vystaveny působení UV záření.

Nejdůležitějším krokem v procesu spojování pryže ke kovu nebo plasty je zcela jistě vulkanizace. Během tohoto procesu dochází působením teploty a tlaku v průběhu nastaveného času k vulkanizaci pryže a v místě pokrytém spojovacím systémem se současně vytváří vzájemná vazba mezi pryží a povrchem dílu. Aby se dosáhlo odpovídající kvality spojení, musí být každý krok vulkanizace pečlivě řízen a kontrolován. Kvalitu spojení na výrobku z pohledu vulkanizace nejvíce ovlivňuje lisovací tlak, teplota a tvarovací forma.

Pro dobrou soudržnost je důležité v průběhu celého vulkanizačního cyklu udržovat dostatečný lisovací tlak a konstantní teplotu. Jestliže je lisovací tlak nedostatečný, pevnost spojení bude nízká a pryžová vrstva bude po vulkanizaci pórovitá. Nízká teplota v některých místech lisovací formy může způsobit podvulkanizování pryže a následnou špatnou soudržnost. Naopak vysoká teplota může způsobit převulkanizování pryže, nebo začátek síťování samotného spojovacího systému dříve, než přijde do kontaktu s pryží.

Konstrukce lisovací formy by měla být navržena tak, aby vkládání kovových dílů a jejich vyjímání po vulkanizaci bylo co nejsnazší. Časy potřebné ke vkládání kovových dílů do formy by měly být minimální. Delší časy vkládání, kdy jsou kovové díly v horké otevřené formě bez pryže, mohou též způsobit předčasné zahájení síťování spojovacího systému na povrchu kovu a následné snížení, nebo dokonce ztrátu soudržnosti. Lisovací forma by měla být konstrukčně navržena tak, aby místa, kde se koncentruje napětí, byla co nejdále od styčných ploch pryže s kovem. Dělicí rovina formy by měla být umístěna tak, aby neprocházela žádnou oblastí spojení. Rozváděcí a vtokové kanály by měly být u formy navrženy

tak, aby tok pryže přicházející do dutiny formy nezpůsobil stírání spojovacího systému s povrchu spojovaného dílu. Lisovací forma může způsobovat problémy při spojování v případě, že je příliš přesná, nebo příliš volná. Jestliže je forma příliš těsná, plyny vznikající při vulkanizaci nemají kam uniknout. V případě, že je forma příliš volná, začne pryžová směs vlivem tlaku vytékat z formy ven. Nadměrné vytékání pryže z formy může způsobit, že tokem pryže dojde k setření spojovacího systému z kovového povrchu a snížení celistvosti spojení. Nadměrné vytékání pryžové směsi z formy může také způsobit pokles tlaku v dutině formy a jedním z faktorů, nezbytných pro vytvoření kvalitního spoje je právě dostatečný tlak. Součástí lisovací formy by měl být systém odvodu těkavých složek (vakuační apod.), vznikajících během procesu sítování spojovacího systému a pryže. V případě, že těkavé složky nebudou moci z dutiny formy uniknout, mohou následně začít reagovat s pryží a způsobit tak její navulkanizování ještě dříve, než je dutina formy zcela zaplněna, nebo mohou znečistit povrch spojovacího systému a tak snížit pevnost spoje. Po vulkanizaci jsou následně na spojovaných částech malé „spletené linky“ („knit lines“), nebo se na povrchu pryže vytvoří malé trhliny. Linky a trhliny často výrazně zkracují dobu používání výrobku, což se projevuje vznikem předčasných únavových trhlin během provozu.

2.6 Spojování z vulkanizované pryže

Spojování předem z vulkanizované pryže, označované také jako PV spojování je speciální varianta spojení pryže ke kovovému nebo plastovému dílu. Při PV spojování je spojovací systém aplikován na díl, stejně jako u spojování vulkanizací, ale při tomto postupu je pryž už zcela z vulkanizovaná a má již svůj konečný tvar. Ne všechny spojovací systémy zaručují vyhovující výsledky a proto při tomto postupu je výběr vhodných spojovacích systémů více omezený, než při vulkanizaci celého dílu najednou. Obvykle je povrch předem z vulkanizované pryže pokrytý materiály, které zabraňují jejich přilepení v lisovací formě, jako jsou separační prostředky a vykvetlé přísady. Pro úpravu povrchu před spojováním lze použít metody chemické i mechanické. Chemické postupy v sobě zahrnují úpravu povrchu chlorací.

Chlorací se na povrchu pryže vytváří reaktivní místa, se kterými může následně spojovací systém reagovat. Tímto postupem se také mění povrchová energie, což zajišťuje snadnější smáčitelnost spojovacího systému při nanesení na pryžový povrch.

Při mechanické úpravě povrchu se obvykle používá jeho zdrsňení smirkovým papírem. Upravený povrch dílů je následně spojen přes spojovací systém a vložen do formy, nebo do jiného zařízení, aby se zajistila přesná pozice pryže na dílu a jejich vzájemný kontakt, dokud působením tepla nedojde k zesíťování. V závislosti na velikosti a množství dílů lze jako zdroj tepla použít sušárnu, autokláv, nebo topné těleso umístěné přímo ve formě. Proti lisování je výhodou PV spojování úspora nákladů za nákladné formy a úspora energií, protože při spojování nejsou potřeba vysoké tlaky a síťování probíhá při nižších teplotách (125 – 150 °C). Nevýhodou je, že tento postup vyžaduje provedení několika kroků. Nejprve je potřeba samostatně vylisovat pryžový díl, následně upravit povrch spojovaného dílu a nakonec díly při zvýšené teplotě spojit k sobě. Další nevýhodou je, že zvulkanizovaná pryž má již omezené síťování ve styčné ploše se spojovacím systémem, což může způsobit snížení kvality finálního spojení.

2.7 Faktory ovlivňující celistvost spojení

Po vytvoření spoje následují další výrobní operace obecně požadované pro dokončení výrobku před expedicí k zákazníkovi. Tyto operace mohou mít také vliv na kvalitu spojení jestliže nejsou provedeny dostatečně opatrně.

Nejprve je třeba dát pozor při vyrážení zvulkanizovaných výrobků z lisovací formy, aby nedošlo k přetržení spoje v době, kdy je část výrobku ještě při vulkanizační teplotě, protože při této teplotě je mez pevnosti pryže a mez pevnosti spoje výrazně nižší.

Odstraňování přebytečné pryže drátěným kartáčem nebo broušením se musí provádět dostatečně opatrně, aby místo spojení nebylo vystaveno nadměrnému teplu a mechanickému namáhání.

Elektrolytické pokovování může snížit pevnost vazby, jestliže není regulována proudová hustota, nebo jestliže se galvanizační roztok dostane na spojovací systém.

Prostředky proti korozi a barvy na bázi silných rozpouštědel použité pro ochranu nepogumovaných částí kovového povrchu mohou způsobit bobtnání, jestliže použitý spojovací systém není chemikáliím, obsaženým v těchto přípravcích, odolný.

Na kvalitu spojení může mít vliv i galvanická koroze vznikající při vzájemném kontaktu různých druhů materiálů.

3 SPOJOVÁNÍ PRYŽE K PLASTOVÝM POVRCHŮM

Tato část zahrnuje hlavní praktické zásady spojování pryže s různými typy plastů. Tato kapitola se bude soustředit na ty druhy plastů a pryží, u kterých je velká pravděpodobnost použití jejich vzájemné kombinace v průmyslové výrobě.

Plasty jsou stále více používány jako náhrada kovů pro svou nízkou cenu, hmotnost, dobré mechanické vlastnosti a svou dobrou zpracovatelnost. Materiály používané pro spojování jsou ve formě tvarových výlisků, desek, trubek nebo tyčí.

Nejčastěji bývá pryž na povrch plastového dílu opatřeného vrstvou spojovacího systému aplikována následujícími technikami:

- vstřikování do forem
- reakční vstřikování
- lisování
- přetlačování
- vytlačování
- laminace
- vulkanizace v autoklávech (válce, kola, trubky, statory)
- lití do forem (odlitky z PU).

Níže uvedené základní postupy lze použít na jakýkoli tvar plastů a na jakýkoli způsob aplikace pryže.

Je zde i možnost na již vyrobený pryžový zvulkanizovaný výrobek nanést plastový materiál, ale to je velmi ojedinělý postup. V praxi se tento výrobní postup používá například při lepení předem zvulkanizované pryže.

3.1 Typy plastů používaných pro spojení s pryží

3.1.1 Polyamidy

Polyamidy jsou lineární polymery obsahující v řetězcích polární amidové skupiny NH-C=O . [3]

Amidová skupina je schopna tvořit vodíkové můstky, aktivované přes vazbu C=O a přes vazbu N-H. Vazba N-H představuje reaktivní místo pro chemickou reakci se silany, epoxidovými pryskyřicemi, isokyanáty a některými dalšími chemickými sloučeninami. Je potřeba, aby amidová skupina byla na povrchu a mohla tvořit vodíkový můstek nebo chemické reakce. Sterické zábrany snižují schopnost této skupiny podílet se na spojení, které je zvláště důležité v případě aromatických polyamidů. [1]

Všechny polyamidy odolávají účinku pohonných látek, olejů a velké řady technických rozpouštědel i roztoků alkálií. [3]

3.1.2 Polyestery

Polyestery jsou polymery, u nichž jsou kyslíkaté atomy řetězce odděleny aromatickými, cykloalifatickými nebo alifatickými zbytky s nejméně dvěma atomy uhlíku. [3]

Esterová vazba C(=O)O umístěná v hlavním řetězci se v tomto případě bude podílet na vodíkovém můstku přes oba atomy kyslíku aktivované zejména karbonylovou skupinou. Sterické zábrany mohou u některých typů polyesterů způsobit zhoršení tvorby spojení. Například PBT se spojuje velmi obtížně a proto je u něho často před spojováním vyžadována speciální příprava povrchu.

3.1.3 Polyuretany

Polyuretany by měly být teoreticky velmi aktivní ke spojování, protože obsahují stejně jako polyamidy aktivovanou N-H skupinu a karbonylovou skupinu. PU však nelze tak snadno spojovat, což je způsobeno povrchovou oxidací a hydrolyzou. Tato vrstva se musí z vrchní části nejprve odstranit odmaštěním. [1]

3.1.4 Polykarbonáty

Polykarbonáty jsou polyestery kyseliny uhličitě. [3] U těchto polymerů je pro tvorbu vodíkových můstků a polární přitažlivost přítomna pravidelně se opakující karbonylová skupina.

3.2 Příprava plastových povrchů

Jak bylo uvedeno v části 1. této práce, při přípravě kovových povrchů před spojením je nutné vytvořit ostrý nepravidelný povrch bez nečistot, snadno smáčitelný, aby podporoval spojovací mechanismus a reguloval oxidaci povrchu. Naštěstí u běžně používaných kovů nastává regulace oxidace přirozeně po nárazu tryskacího média na povrch, nebo mořením kyselinou. V případě plastů se žádné takové oxidační procesy neuskutečňují. I přesto každý druh plastu obsahuje v povrchové vrstvě specifická místa pro potencionální spojení.

Základním předpokladem použití plastů pro vulkanizované spojení s pryží je jejich tepelná odolnost vulkanizační teplotě. U volné vulkanizace je tato teplota 150 °C a u lisovacích technologií 170 °C. [1]

U průmyslově využívaných plastů mohou být použity pro mechanickou přípravu povrchů ocelová drť, nebo oxidy hliníku jako pro kovy. V mnoha případech nelze běžně tryskání povrchu plastu provádět z několika důvodů:

- ztráta tvaru výrobku v tenkých místech
- zmenšení rozměrů a s tím související problémy při vkládání do forem
- tvorba poškození – tvorba vláken tokem materiálu
- uzavření tryskacích materiálů a dalších látek znečišťujících povrch v plastu.

Z tohoto plyne, že pro mechanické úpravy povrchu jsou vhodnější tvrdší a pevnější povrchy. S tím souvisí to, že vysoce plněné plasty jsou mnohem vhodnější pro tryskání, než plasty neplněné. Zejména termosety plněné sklem jsou obvykle velmi účinně připravovány tryskáním.

Jestliže standardní tryskací materiál používaný v tryskacích zařízeních způsobuje problémy, je nutné v zařízení prakticky otestovat jiné materiály a na základě testů zvolit jejich druh a velikost.

Zdrsňování a chemické technologie přípravy plastových povrchů zahrnují následující:

- úprava brusnými pásy
- čištění ultrazvukem
- čištění vysokotlakou vodou a saponáty

- moření kyselinou
- úprava polyamidů fenolem
- alkalické moření
- oxidace poměrně mírnými oxidačními činidly (peroxid vodíku a chlornan sodný)
- obrušování ve vodné brusné suspenzi (tato technologie představuje vznik odpadních vod a proto není ve velkém měřítku používána, ale je vhodná pro laboratoře, zvláště s přidavkem slabé kyseliny, zásady, popř. slabého oxidačního činidla)
- přímé okysličování plamenem, nebo horkým vzduchem (vhodné pro jednoduché tvary jako je deska, trubka, nebo tyč)
- úprava působením UV záření (má opět omezené použití, vhodné na desky)
- úprava působením korónového výboje (ionizační pochod, který se projevuje klidným modrofialovým výbojem)
- chlorace

3.3 Odmaštění a čištění plastů rozpouštědly

Odmaštění bylo vždy považováno za nedílnou součást ideální přípravy povrchu, ale s aktuálními tlaky na snižování látek poškozujících životní prostředí, je dnes již zcela běžné, že v technologiích přípravy povrchu bylo odmašťování výrazně omezeno, nebo dokonce úplně vyřazeno. I přesto se potřeba důkladného odmaštění povrchu stává více významnou tam, kde je důležitá odolnost spojení proti působení vnějších vlivů prostředí a tam, kde po zdrsnění zůstal kontaminovaný povrch.

Odmašťování plastů rozpouštědly může způsobit následující problémy:

- trhliny vzniklé povrchovým napětím, které vzhledem ke své velikosti mohou zůstat neodhalené.
- vstřebávání rozpouštědla podobného parametru rozpustnosti do plastového materiálu, což je velmi závažný problém, protože rozpouštědlo může působit pod vrstvou spojovacího systému jako separátor.

K odmaštění je nejlepší použít rychleschnoucí rozpouštědlo, které má směrem k plastům relativně nízkou solvatační sílu.

Vodní odmašťování může být také účinné, zejména je-li plně automatizováno, nicméně každý vodný proces může zanechat povrch vyžadující desorpci vody, která by jinak přecházela do dalšího procesu.

Desorpce vody z povrchu je důležitá především u spojení vytvořených nízkotlakým lisováním nebo litím, protože adsorbovaná voda a plyny často výrazně ovlivňují pevnost spojení. Toto se nejvíce projevuje u polyamidů, některých polyesterů a PU.

U vysokotlakých technologií lisování se při krátkodobých testech ukázalo, že adsorbovaná voda a plyny kvalitu spojení nikterak neovlivňují.

Obecně lze účinky vodní adsorpce odstranit sušením povrchu plastového dílu a následně jeho sušením s nánosem spojovacího systému, popř. plastový díl s naneseným spojovacím systémem před tvářecím procesem předehřát. Doba předehřevu závisí na druhu materiálu a jeho velikosti od 10 do 30 minut při teplotě 70 – 150 °C.

3.4 Volba spojovacího systému

3.4.1 Vulkanizovaná spojení

Jedná se o spojení vznikající během vulkanizace pryže. V ideálním případě není potřeba žádný spojovací systém, ale to je v praxi velmi vzácné. Ve většině případů je nezbytné pro kvalitní spojení přidat spojovací systém přímo do pryže, nebo spojovací systém nanášet na spojovaný povrch, což je častěji používaný postup.

3.4.2 Primery na povrchy plastů při vulkanizovaném spojení

Teoreticky by se mohla polarita primeru rovnat polaritě povrchu plastu, ale to by vyžadovalo celou řadu primerů v závislosti na druhu plastu, který má být spojován. V praxi primery obsahují polární vulkanizační pryskyřice a méně polární kaučukové polymery, které mohou, nebo nemusí tvořit příčné vazby. To dává určitou přizpůsobivost při spojování s řadou polárních plastů.

Obecně platí, že čím je primer více reaktivní, tím se dosahuje u spojení lepší soudržnosti a odolnosti proti působení vnějšího prostředí.

4 TYPY VAD VYSKYTUJÍCÍCH SE U SPOJENÍ

Pryž s kovem drží pomocí příčných vazeb, které zajišťují jejich vzájemné spojení. Každá vazba je jen tak silná, jaké je její nejslabší místo. Z tohoto vyplývá, jestliže se vyskytne ve spoji kovového či plastového dílu s pryží vada, stává se toto místo jeho nejslabší částí. Existuje zkušební metoda, která se speciálně zabývá testováním soudržnosti mezi pryží a spojovaným dílem. Její označení je ASTM D429-03e1. Velká většina nedostatků vzniklých ve spojení může být přisuzována jedné vadě, nebo kombinaci vad, které mají podle ASTM následující označení:

R – vada pryže: vada v pryžové části.

RC – vada pryž / adhesivum: vada na rozhraní mezi pryží a adhesivem.

CP – vada adhesivum / primer: vada na rozhraní mezi adhesivem a primerem.

CM – vada primer / díl: vada na rozhraní mezi primerem a povrchem spojovaného dílu. U jednovrstvého spojovacího systému se jedná o vadu na rozhraní adhesiva a povrchu spojovaného dílu.

Poškození R není vada spojení, nýbrž selhání vzájemné soudržnosti pryže. Znamená to, že spojení mezi pryží a vrstvou spojovacího systému je silnější, než odolnost pryže proti přetržení (strukturní pevnost).

Poškození RC ukazuje, že nejslabší spojení je na rozhraní mezi pryží a adhesivem. Toto selhání je charakterizováno relativně hladkým povrchem s drobným výskytem pryže, nebo bez ní. Příčinou RC selhání může být nesprávná volba spojovacího systému, nedostatečné zaschnutí spojovacího systému v celé tloušťce, jeho nedostatečné rozmíchání (nebylo dosaženo rovnoměrné disperze před jeho aplikací), navulkanizování spojovacího systému před spojením s pryží (způsobené dlouhou dobou setrvání kovového dílu s nánosem spojovacího systému v dutině formy bez pryže), nízkým tlakem v dutině formy, podvulkanizování některé části, přestupem změkčovadel a dalších přísad obsažených v pryžové směsi na rozhraní mezi pryží a spojovacím systémem, nebo znečištění části povrchu dílu pokrytého spojovacím systémem.

Poškození CP jsou charakterizována výskytem primeru na povrchu spojovaného dílu a adhesivu na povrchu pryže. Obvykle bývá adhesivum a primer různé barvy, pro snadnější identifikaci vrstev. CP selhání bývá obvykle způsobeno znečištěním povrchu primeru před

aplikací adhesiva, přestupem změkčovadel z pryže na rozhraní adhesiva a primeru, nedostatečným zaschnutím nánosu primeru před aplikací adhesiva, nebo vzájemnou neslučitelností mezi primerem a adhesivem.

Poškození CM ukazuje problém při přípravě kovu, nebo chybu při aplikaci primeru, popř. adhesiva u jednovrstvého spojovacího systému. Obvykle je tento typ vady charakterizován výskytem čistých ploch na kovovém povrchu, tzn. bez vrstvy spojovacího systému. Příčinou CM selhání je špatná příprava kovu, znečištění vrstvy primeru před aplikací adhesiva, nedostatečné zaschnutí vrstvy primeru, nedostatečné rozmíchání primeru před aplikací, působení okolního prostředí (sůl, voda) na rozhraní primeru a povrchu dílu, suchý nástřik primeru, který neposkytne dostatečné navlhčení povrchu dílu, nebo setření vrstvy spojovacího systému z povrchu během vstřikování pryže do lisovací formy.

V mnoha případech se v místě poškození objeví kombinace výše uvedených vad. Například v poškozené části se může projevit nějaká R vada a zároveň vady RC a CM. Kroky přijaté k odstranění vad musí vést k tomu, aby se zvýšil poměr R vad při současném snižování dalších nežádoucích druhů poškození. Výskyt jednotlivých druhů vad spojení je obvykle uváděn procentuelně, podle rozsahu poškození způsobeného daným typem vady. Například porušená část s označením „65R, 15RC, 20CM“ znamená, že v oblasti spoje je 65 % poškození v pryži, 10 % poškození na rozhraní pryž – adhesivum a 20 % poškození je na rozhraní primer – spojovaný díl, nebo adhesivum – spojovaný díl.

4.1 Zkušební postupy kvality pryže s kovem

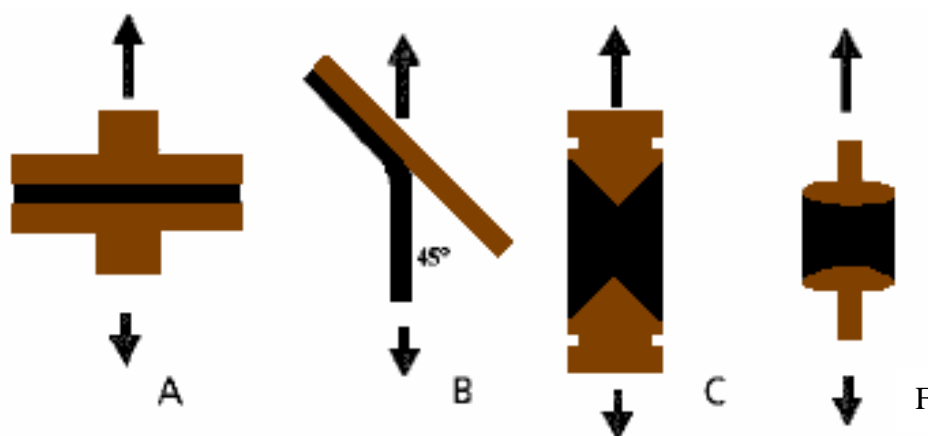
Stále vzrůstající požadavky na kvalitu pryže a jejího spojení k různým povrchům vedlo postupem času k zavedení celé řady destrukčních i nedestrukčních zkoušek na zkušebních vzorcích simulujících finální výrobky nebo přímo na výrobcích samotných.

V průběhu let byla jako oficiální testovací metodika vytvořena norma pod označením ASTM D429-03e1. Tato norma popisuje tvar zkušebních tělísek a jednotlivé způsoby zkoušení vzájemné soudržnosti pryže s různými druhy materiálů. Typy zkoušek jsou v normě označeny písmeny A – H.

Zkušební Metoda A používá jednoduché ploché spojení dvou dílů mezi kterými je pryž, aby se dala měřit pevnost spoje namáhaného tahem. Metoda B byla vyvinuta jako odlupovací typ zkoušky spíše k tomu, aby přesněji ukazovala, kde se u pryžokovového spojení

nejpravděpodobněji objeví poškození na skutečném výrobku než pouze pro chování spoje při namáhání prostým tahem. Po několika letech používání ASTM D429-03e1 byla do normy přidána Metoda C, která využívá kuželový tvar vzorku k tomu, aby se vytvořilo maximální namáhání na tahové pnutí spoje mezi pryží a dílem. Později byla zavedena Metoda D pro testování dílů s PV spojením. Uspořádání je shodné s Metodou A kromě toho, že pryž byla z vulkanizována před spojením s dílem. Metoda E je speciální test výhradně pro měření soudržnosti pryžových vložek v nádržích. Pro posuzování pevnosti spojení byla navržena Metoda F, která vyžaduje použití menšího konvexního (vydutého) vzorku, někdy označovaného jako tlumicí vzorek. Toto uspořádání dává lepší názornost o skutečném rozložení sil vyskytujících se u praktických aplikací. Metoda G a F se používá pouze pro testování speciálních aplikací.

Tvar některých zkušebních tělísek a směr působení sil při jejich namáhání je na obrázku 9.



Obr. 9. Zkušební tělíska pro zkoušky dle ASTM

Různé testovací metody spojení ne vždy přinášejí výsledky vztahující se těsně k podmínkám pevnosti vazby, nebo případným poškozením na skutečných výrobcích. U některých z těchto kontrastů ve výsledcích jsou podstatné rozdíly podle toho, v kterých místech byl spoj pryže s povrchem dílu namáhán. To je významné u skutečných aplikací pro určení místa, kde by mohlo dojít k poškození vlivem namáhání, než jak je spoj ve skutečnosti namáhán, např. stříh, tah, tlak nebo odtrhávání.

Konstrukce zkušebního tělíska umožňuje porovnávat pevnost vazeb při různých postupech výroby a porovnávat jednotlivé spojovací systémy. Pro základní rozlišení by měla být použita Metoda A, přičemž použití ostatních metod zkoušení závisí na oblasti použití daného výrobku. [1]

5 DODAVATELÉ SPOJOVACÍCH SYSTÉMŮ

V současné době je několik společností zabývajících se výrobou a distribucí primerů a adhesiv pro chemické spojování pryže s kovem. Dodavatelé spojovacích systémů pro Evropu jsou uvedeni v tabulce 4. [4]

Tab. 4. Významní světoví výrobci primerů a adhesiv

Název výrobce	Obchodní označení výrobku	Podíl na Evropském trhu v % ¹⁾
Rohm and Haas Company	Megum, Thixon, RoBond	42
Lord Corporation	Chemosil, Chemlok	55
Compounding Innovations Limited (CIL)	Cilbond	3

¹⁾ V roce 2000

ZÁVĚR

Spojení pryže s různými druhy materiálů je komplikovaná a mnohostranná kombinace nauky o materiálech, nauky o povrchových jevech, nauky o soudržnosti, nauky o chemickém složení pryže a zpracovatelských postupech s velkým množstvím vzájemného ovlivňování.

Jestliže mají být vyráběny kvalitní výrobky, je nutné ve všech částech procesu přípravy povrchů, aplikace spojovacího systému, vulkanizace a dokončovacích operací dodržovat přísnou čistotu a technologické postupy. Pro zaručení standardního výrobního procesu je nezbytné jednotlivé kroky podrobně popsat a následně se jimi řídit. Při výběru vhodného spojovacího systému by mělo být zváženo několik faktorů. Spojovací systém by měl být schopen povrch smáčet a rovnoměrně se rozptýlit po povrchu kovu i plastu. Systém by měl být schopný vytěsnit a vstřebat určité množství nečistot s povrchu a pryže, včetně těkavých látek. Systém by měl mít dostatečnou soudržnou sílu, aby například při vstřikovávání do lisovací formy za vyšších teplot nedošlo k jeho poškození.

Pryžokovové a pryžoplastové musí vydržet v provozních podmínkách bez poškození po celou dobu používání výrobku.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] CROWTHER, Bryan.: *The Handbook of Rubber Bonding*. Rapra technology LTD. United Kingdom, 2001. 3-97 s. ISDN 1-85957-394-0.
- [2] Propagační a prezentační materiály od firmy LORD Corporation.
- [3] MLEZIVA, Josef.: *POLYMERY – výroba, struktura, vlastnosti a použití*. Sobotáles Praha, 1993. 159, 165, 199 s. ISDN 80-901570-4-1.
- [4] Transportation adhesives [online]. Dostupný z WWW:
WWW.rohmhaas.com/AdhesivesSealants.
- [5] Internetová encyklopedie www. Seznam.cz [online].
- [6] Prof. Ing. DUCHÁČEK, Vratislav, DrSc.: *Gumárenské suroviny a jejich zpracování*. Vydavatelství VŠCHT Praha, 1999. 83 s. ISDN 80-7080-077-1.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ABS	Polymer na bázi akrylonitrilu, butadienu a styrenu
Adhesivum	Krycí vrstva aplikovaná u dvouvrstvých spojovacích systémů na vrstvu primeru, nebo jako samostatná vrstva u spojovacích systémů jednovrstvých.
ASTM	Americká společnost pro materiály a testování (American Society for Testing and Materials).
CR	Polychloroprenový kaučuk
dsk	Hmotnostní podíl dané chemikálie na 100 % eleastomeru v pryžové směsi.
EP	Epoxidová pryskyřice
EPDM	Etylen-propylenový kaučuk
HNBR	Hydrogenovaný butadien-akrylonitrilový kaučuk
IIR	Butylkaučuk
NBR	Butadien-akrylonitrilový kaučuk
NR	Přírodní kaučuk
PA	Polyamidy
PBT	Polybutylentereftalát
PC	Polykarbonát
PF	Fenolformaldehydová pryskyřice
pH	Vodíkový exponent – míra kyselosti vodného roztoku
POM	Polyoxometylen
PP	Polypropylen
Primer	Základní vrstva používaná u dvouvrstvých spojovacích systémů
PTFE	Polytetrafluoretylen
PU	Polyuretan
UP	Nenasycené polyesterové pryskyřice

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Příklady výrobků vyrobených spojením pryže s kovem.</i>	9
<i>Obr. 2. Postupy vodního čištění – vzájemný vztah změny faktorů</i>	14
<i>Obr. 3. Ukázka používaných tryskacích materiálů [2]</i>	15
<i>Obr. 4. Účinek tryskacích materiálů na povrch kovu</i>	15
<i>Obr. 5. Pořadí jednotlivých kroků při fosfátování</i>	17
<i>Obr. 6. Ukázka povrchů po zinečnatém fosfátu</i>	18
<i>Obr. 7. Hliníkový povrch po žlutém chromátování</i>	20
<i>Obr. 8. Schéma spojovacího procesu během vulkanizace</i>	23
<i>Obr. 9. Zkušební tělíska pro zkoušky dle ASTM</i>	41

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Operace při chromátování.....</i>	19
<i>Tab. 2. Vhodnost použití tryskacích materiálů na kovy.....</i>	21
<i>Tab. 3. Obecné odolnosti pryží proti působení vnějších vlivů [4]</i>	26
<i>Tab. 4. Významní světoví výrobci primerů a adhesiv</i>	42