

# Způsoby čištění forem od vulkanizačních zbytků

Bc. Klára Havlíčková

---

Diplomová práce  
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Klára Havlíčková**  
Osobní číslo: **T12588**  
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Výrobní inženýrství**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Způsoby čištění forem od vulkanizačních zbytků**

Zásady pro vypracování:

### Teoretická část

1. Vypracujte literární rešerši na dané téma  
Kaučukové směsi a vulkanizace  
Příčiny zanášení vulkanizačních forem  
Způsoby čištění forem  
Materiály pro výrobu forem a jejich povrchová úprava

### Praktická část

2. Provedte analýzu vulkanizačních zbytků
3. Otestujte několik způsobů čištění forem
4. Vyhodnoťte způsoby čištění technologicky i ekonomicky

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **DUCHÁČEK, V. Gumárenské suroviny a jejich zpracování (1990)**
2. **DVOŘÁK, Z. Zpracovatelské procesy gumárenské: pro konstrukční směry ( 2013)**
3. **KUBÍČEK, J. Renovace a povrchové úpravy. VUT v Brně (2006)**
4. **TOMIS, F. Gumárenská a plastikářská technologie, zpracovatelské procesy, 2.vyd. VUT v Brně (1987)**
5. **Časopisecké a knižní zdroje dostupné prostřednictvím knihovny UTB ve Zlíně**

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Eva Hnátková**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

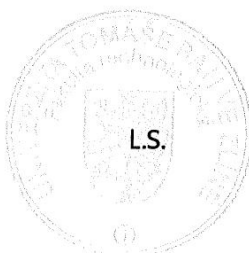
**10. února 2014**

Termín odevzdání diplomové práce:

**12. května 2014**

Ve Zlíně dne 10. února 2014

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



  
prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: Bc. Klára Havlíčková

Obor: Výrobní inženýrství

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 05.05.2014



.....

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá problematikou znečišťování forem od vulkanizačních zbytků. V teoretické části jsou popsány možné příčiny zanášení, kde patří např. vliv materiálu formy, vliv technologie a teploty nebo vliv jednotlivých složek kaučukové směsi. Taktéž byly uvedené různé způsoby čištění forem, které jsou běžně používány. V praktické části byly pomocí spektroskopie analyzovány dva typy výrobků, které v praxi znečišťují vulkanizační formu. Cílem analýzy bylo porovnat jednotlivá spektra ze složení směsi před vulkanizací s finálním výrobkem a vulkanizačním zbytkem. Dále byly popsány 3 způsoby čištění forem tryskáním pomocí suchého ledu, ocelových a plastových kuliček, u kterých byla popsána jejich technologie a taktéž ekonomické zhodnocení.

Klíčová slova: čištění forem, vulkanizační zbytky, tryskání, čištění ledem

## **ABSTRACT**

This master thesis deals with problems of mold impurities from vulcanization residues. The theoretical part describes the possible causes of fouling including the material of the moulding tool, influence of the technology and temperature used and the influence of the individual components of rubber compound. Various ways for tool cleaning that are currently being used are also mentioned. In the practical part two types of products, which cause the impurities of moulding forms in operation, were analysed by spectroscopy. The aim of the analysis was to compare particular spectres from the rubber compounds before vulcanization with the final product and with the vulcanization residues. The thesis also contains description of three methods of moulding tool cleaning, by blasting with dry ice (carbon dioxide), steel and plastic beads together with description of technology and economic evaluation.

Keywords: cleaning of moulding forms, vulcanization residue, blasting, cleaning by dry ice

Tímto bych velice ráda poděkovala mé vedoucí diplomové práce paní Ing. Evě Hnátkové, za její odborné vedení, rady a hlavně čas, který mi po celou dobu ochotně věnovala.

Také bych chtěla poděkovat paní Ing. Barboře Hanulíkové, která mi pomohla s měřením vzorků na spektrometru a poskytla mi odbornou konzultaci k výsledkům měření.

Děkuji i firmě Continental Barum, s. r. o. v Otrokovicích, že mi poskytla informace a své zkušenosti s problematikou znečišťování forem a také chci poděkovat doc. Ing. Zdeňku Dvořákovi, CSc., že mi zajistil návštěvu přímo v provozu této firmy.

Dále bych chtěla poděkovat všem pracovníkům firmy United Polymers, s.r.o. v Hranicích, kteří mi pomáhali při zajištění vzorků, sběru dat a poskytnutí dalších informací pro praktickou část mé diplomové práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 05. 05. 2014

.....

Klára Havlíčková

# OBSAH

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ÚVOD .....</b>   | <b>10</b> |
| <b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>  | <b>11</b> |
| <b>1 KAUKUKOVÉ SMĚSI .....</b>  | <b>12</b> |
| 1.1 TYPY KAUKUKŮ .....  | 12        |
| 1.2 SKLADBA KAUKUKOVÉ SMĚSI .....   | 12        |
| 1.3 ZPRACOVÁNÍ KAUKUKOVÝCH SMĚSÍ .....  | 14        |
| 1.4 VULKANIZACE .....   | 17        |
| <b>2 PŘÍČINY ZANÁŠENÍ VULKANIZAČNÍCH FOREM.....</b>   | <b>19</b> |
| 2.1 PODSTATA A MECHANISMY ZNEČIŠTĚNÍ FOREM .....  | 19        |
| 2.2 VLIV MATERIÁLU FORMY A JEJÍHO ŘEŠENÍ NA ZNEČIŠŤOVÁNÍ FOREM .....                                      | 21        |
| 2.3 VLIV TECHNOLOGIE A TEPLoty ZPRACOVÁNÍ NA ZNEČIŠTĚNÍ FOREM .....                                       | 25        |
| 2.4 VLIV JEDNOTLIVÝCH SLOŽEK KAUKUKOVÉ SMĚSI NA ZNEČIŠTĚNÍ FOREM .....                                    | 26        |
| 2.5 MOŽNOSTI SNÍŽENÍ ZNEČIŠTĚNÍ FOREM .....   | 27        |
| <b>3 ZPŮSOBY ČIŠTĚNÍ FOREM .....</b>  | <b>30</b> |
| 3.1 MECHANICKÉ METODY ČIŠTĚNÍ FOREM .....   | 30        |
| 3.1.1 Tryskání .....  | 30        |
| 3.1.2 Čistění ocelovým kartáčem, ruční škrábání (odírání), broušení, odírání<br>brusnými prostředky ..... | 36        |
| 3.2 CHEMICKÉ METODY .....   | 36        |
| 3.3 OSTATNÍ METODY ČIŠTĚNÍ .....  | 39        |
| 3.3.1 Tepelné (působením tepla) .....   | 39        |
| 3.3.2 Elektrolyza .....   | 39        |
| 3.3.3 Ultrazvuk .....   | 40        |
| 3.3.4 Laser .....   | 41        |
| <b>4 MATERIÁLY PRO VÝROBU FOREM.....</b>  | <b>43</b> |
| <b>5 POVRCHOVÉ ÚPRAVY FOREM .....</b>   | <b>46</b> |
| <b>6 SHRNUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI.....</b>  | <b>48</b> |
| <b>II PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>   | <b>49</b> |
| <b>7 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE .....</b>   | <b>50</b> |
| <b>8 ANALÝZA VULKANIZAČNÍCH ZBYTKŮ .....</b>  | <b>51</b> |
| 8.1 SPEKTROSKOPIE .....   | 51        |
| 8.2 ANALYZOVANÉ VZORKY .....  | 52        |
| 8.3 POSTUP MĚŘENÍ .....   | 54        |
| 8.4 VÝSLEDKY ANALÝZY .....  | 55        |
| <b>9 ČIŠTĚNÍ FOREM.....</b>   | <b>57</b> |
| 9.1 ČIŠTĚNÍ SUCHÝM LEDEM A OCELOVÝMI KULIČKAMI .....  | 57        |
| 9.2 ČIŠTĚNÍ PLASTOVÝMI KULIČKAMI .....  | 67        |
| <b>10 SEPARAČNÍ ČINIDLA.....</b>  | <b>77</b> |
| <b>11 VYHODNOCENÍ ZPŮSOBŮ ČIŠTĚNÍ.....</b>  | <b>79</b> |



|  |                               |           |
|--|-------------------------------|-----------|
| 11.1   | Ekonomické zhodnocení.....    | 79        |
| 11.2   | Technologické zhodnocení..... | 81        |
| <b>ZÁVĚR .....</b>                             |                               | <b>82</b> |
| <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>         |                               | <b>83</b> |
| <b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b> |                               | <b>85</b> |
| <b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>                     |                               | <b>86</b> |
| <b>SEZNAM TABULEK .....</b>                    |                               | <b>88</b> |
| <b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>                     |                               | <b>89</b> |

## ÚVOD

V dnešní době hlavní problematikou v gumárenském průmyslu je zanášení vnitřního povrchu vulkanizačních forem, ke kterému postupně dochází během vulkanizace. Publikací o tomto problému bohužel dosud mnoho není. Vzhledem k vysokým nákladům na formu, které představují značnou část celkových nákladů na výrobu pryžového výrobku a také vzhledem k tomu, že během opakovaného čištění může dojít i k poškození formy, představuje znečišťování forem závažný problém. Ekonomické ztráty, které jsou způsobeny znečišťováním forem, jsou mnohdy značné.

Hlavní příčiny jsou zatím zjištěny na základě zkušeností a pozorování. Těchto příčin je mnoho a mohou se i navzájem ovlivňovat. Mohou to být např. různé přísady v kaučukových směsích, vulkanizační teplota, povrchová úprava a materiál formy, konstrukce vulkanizační formy, použité technologie nebo samotný druh kaučuku apod. Přesné příčiny znečišťování forem nebyly doposud zjištěny.

Znečištění formy vede k zvýšenému riziku výroby nekvalitních výrobků, nepříznivému ovlivnění vzhledu i tvarové a rozměrové odchylky výrobků a znesnadňuje vyjímání dílů z formy.

Znečišťování vulkanizačních forem lze snížit např. vhodnou konstrukcí formy, použitím separačních činidel, úpravou technologických parametrů, volbou vhodného materiálu pro výrobu formy nebo chemickou úpravou formy apod. Separační činidla se používají především ke snadnějšímu vyjímání dílů z formy. Znečišťování forem lze snížit např. pochromováním povrchu, který přichází do styku s kaučukovou směsí. Lépe je však nečistoty zůstávající ve formě co možná nejdříve odstranit, a to bez porušení povrchu formy.

Způsobů čištění forem existuje několik, lze je rozdělit na mechanické, chemické a ostatní. Při výběru způsobu čištění je podstatné zvážit všechny faktory pro vhodný výběr správné technologie čištění. Např. druhu a stupni znečištění formy, čistící účinnosti daného způsobu čištění, materiál formy, potřebnému zařízení, stavu povrchu formy, nákladům, časové náročnosti nebo podmínkám, ve kterých se forma používá apod.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 KAUČUKOVÉ SMĚSI

Kaučukové směsi jsou směsi tvořené kaučukem a dalšími gumárenskými surovinami.

### 1.1 Typy kaučuků

Elastomerní materiály patří do hlavní skupiny polymerů, které se dále rozdělují do podskupin přírodní a syntetické materiály.

Podle charakteru hlavního řetězce dělí norma ISO 1629 kaučuky na několik skupin. [1]

Rozdělení kaučuků do skupin a symboly pro různé typy kaučuků jsou uvedeny v příloze PI.

#### *Nejběžnější kaučuky- příklady použití:*

NR- pláště pneumatik, pružná uložení, povlaky válců

SBR- pláště pneumatik, pěnová pryž, latex do nátěrových hmot

HSR- obuvnický materiál na podešve

CR- vytlačované profily, dopravní pásy, hadice, lepidla

NBR- hřídelové těsnění, těsnicí kroužky, obložení cisteren

IIR- vzdušnice pláštů pneumatik

PB- běhouny pneumatik, obuvnictví

VMQ- těsnění

EPDM- profily, kabely, střešní krytina

ABR- technická pryž

FC- těsnění a nátěrové hmoty

Pryže výrobce klasifikuje podle jejich fyzikálních vlastností stanovených standardními laboratorními metodami zkoušení. Hodnoty těchto vlastností tvoří základ pro zařídování, označování pryží a jejich identifikaci. Při zařídování jednotlivých pryží se výrobce řídí normou ČSN 62 0002. [1]

### 1.2 Skladba kaučukové směsi

Různé požadavky kladené na výrobky vede k používání značného počtu kaučukových směsí (tzv. recepty). Tyto recepty je nutno ve výrobě často přepracovávat. [2]

Před samotným sestavováním směsí pro určitý výrobek je nutno vědět, k čemu bude používán a jakým způsobem může být výrobek vyroben. Je nutno zvážit jaké suroviny jsou k dispozici a jaká bude cena výrobku, tedy důvod ekonomický. [2]

Kaučuková směs obsahuje vždy tyto složky: [1]

### **Kaučuky**

Obsah kaučuků může být od 5 až 95%. Obecně kaučuky dělíme na přírodní a syntetické. Druh kaučuku v kaučukové směsi může být jeden, např. přírodní kaučuk (PK, NR), který může být buď jednoho druhu, nebo více druhů (podle čistoty, kvality, dostupnosti, účelnosti atd.). Kaučukové směsi mohou obsahovat i více druhů kaučuků přírodních a syntetických. [1]

### **Vulkanizační činidla**

Jsou to chemické látky nebo přírodní, které mají schopnost chemickými vazbami spojit jednotlivé kaučukové makromolekuly v relativně krátké době. K urychlení vzniku chemických vazeb se využívají aktivátory a urychlovače vulkanizace, zvýšená teplota a tlak ve hmotě. Nejčastěji používaným vulkanizačním činidlem je síra. Mohou to však být i jiné látky, např. peroxidy, oxidy kovů, pryskyřice aj. Tyto se používají především pro speciální kaučuky. [1] [2]

### **Aktivátory, urychlovače a retardéry**

Aktivátory jsou organické a anorganické. Zvyšují účinnost síťování (počet příčných vazeb), urychlovače zkracují dobu vulkanizace a pozitivně ovlivňují fyzikální vlastnosti. Retardéry snižují vulkanizační aktivitu směsi. [1]

### **Plniva**

Jejich obsah může být až 80%. Dělí se na aktivní a pasivní. Ovlivňují vlastnosti vulkanizátu, zpracovatelské vlastnosti směsi a jejich cenu. Mezi aktivní plniva patří saze a silika a mezi pasivní patří minerální plniva, nejčastěji přírodní (mimo silika). [1]

### **Změkčovadla**

Změkčovadla ovlivňují zpracovatelské vlastnosti a vlastnosti vulkanizátu

- usnadňují disperzi plnidel
- snižují spotřebu energie při zpracování
- snižují teplotu při zpracování

- upravují lepivost směsí
- upravují některé fyzikální vlastnosti pryže
- doplňují v některých případech elastomer a tak snižují cenu [2]

### **Ochranné látky proti stárnutí**

V průběhu stárnutí mění vulkanizáty vlastnosti v důsledku oxidačních procesů urychlované teplem. [2]

Proto jsou používány následné ochranné látky:

- antidegradanty
- antioxidanty
- antiozonanty

### **Regenerační přísady**

Použití regenerátu má vedle ekonomického významu i mnoho technických výhod. Zkracuje se doba potřebná k míchání, obsahuje již také homogenně rozptýlené přísady (saze, plniva, aktivátory, změkčovadla). Přídavek regenerátu také urychluje vulkanizaci. [2]

### **Další přísady**

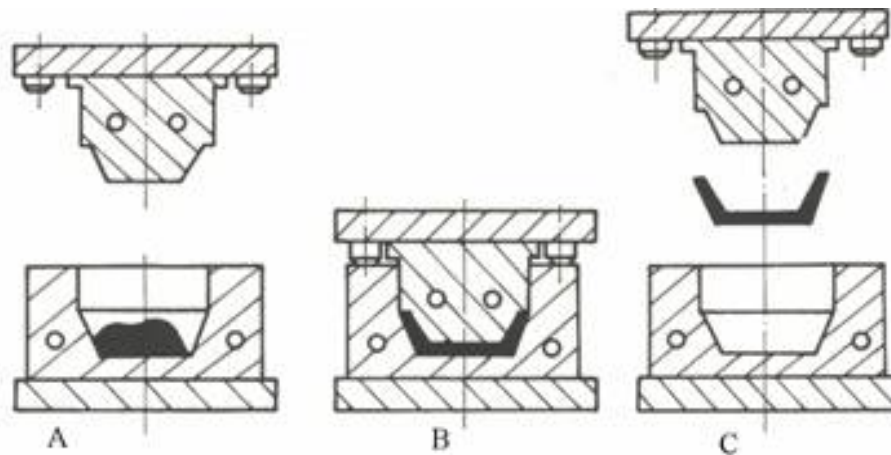
Jsou to látky, které dávají vulkanizátu speciální vlastnosti. Do této skupiny zahrnujeme přísady, jako jsou např. barviva a grafit (snižují koeficient tření), faktisy (zlepšují zpracovatelnost, zhoršují odolnost proti otěru), nadouvadla (výroba lehčené pryže), pigmenty (dávají požadované zbarvení). [2]

## **1.3 Zpracování kaučukových směsí**

Kaučukové směsi jsou základním polotovarem pro výrobu výrobků. Před vlastním procesem vulkanizace je obvykle kaučuková směs zpracována tvářením na potřebný polotovar nazývaný obecně konfekce, nebo konfekční díl. Tento polotovar může být připraven v jednom kroku, nebo ve více krocích. Polotovary jsou homogenní nebo nehomogenní. Mohou být připravovány z jedné složky a jedné kaučukové směsi, nebo z více složek a různých kaučukových směsí. [2]

### **Lisování**

Patří mezi cyklické tvářecí postupy. Lisování je způsob tváření materiálu ve formě účinkem tlaku za vulkanizační teploty. Schematicky je tento proces znázorněn na (Obr. 1).



*Obr. 1 Princip lisování a) plnění formy, b) lisování, c) vyjímání vylis-  
ku z formy [3]*

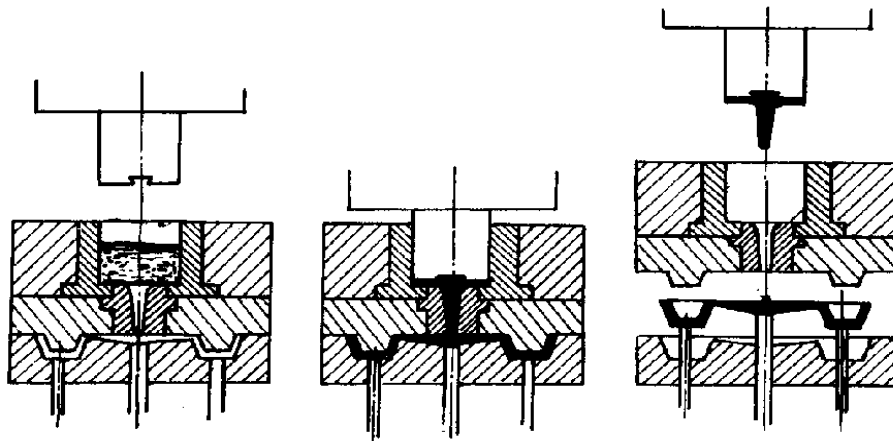
Nálož gumárenské směsi se plní do otevřené tvarové dutiny formy. Účinkem lisovacího tlaku materiál zaplní tvarovou dutinu a převezme její tvar. Lisovací tlak je síla vztažená na průmět dutiny formy včetně dosedacích ploch.

Vylisovaný tvar se fixuje pomocí vulkanizace. Mohou ovšem nastat i nežádoucí chemické reakce jako degradace, proto, se musí zvolit optimální technologické podmínky pro jednotlivé materiály.

Nevýhodou lisování je nižší produktivita práce zapříčiněná zdlouhavou přípravou nálože (nutnost přípravy válcováním nebo vytlačováním) a odstraňování poměrně velkých přetoků. [3]

### **Přetlačování**

Je to způsob tváření polymerních materiálů, při němž se dávka zpracovávaného materiálu z pomocné přetlačovací komory přetlačí do uzavřené dutiny formy. Přetlačovací komora bývá většinou součástí formy. Před zahájením nového vstřikovacího cyklu se forma zcela vyprázdní a to včetně přetlačovací komory. Materiál teče z přetlačovací komory spojovacími kanály do uzavřené dutiny formy. Přitom se může ohřívat, popř. odvzdušňovat. To umožňuje vyrábět výrobky s větší tloušťkou stěny případně i zkrácení vstřikovacího cyklu. Omezení tloušťky stěny je dáno tepelnou stabilitou materiálu. [3]

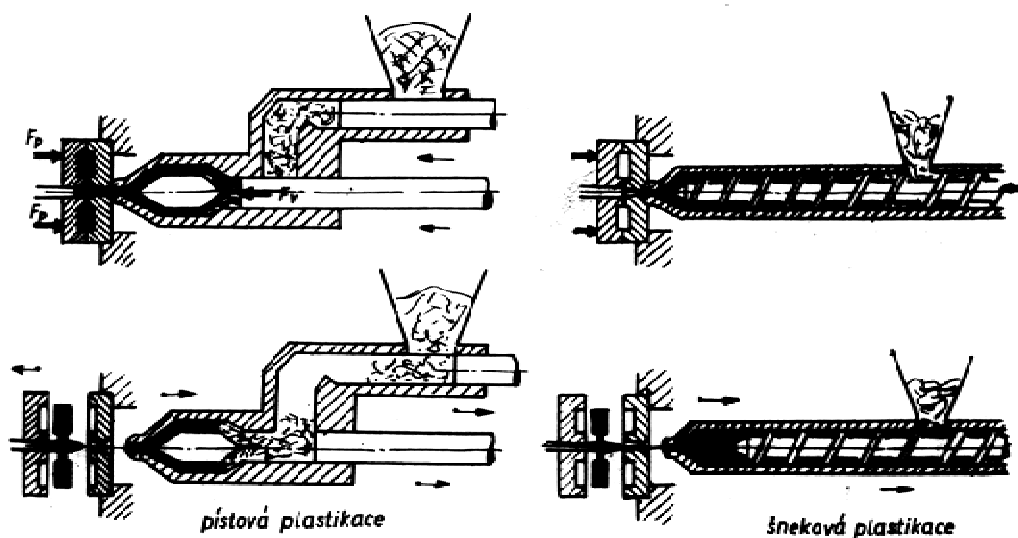


Obr. 2 Princip přetlačování [3]

Všechny jádra a vložky jsou ve formě pevně upnuty. Toto má vliv na přesnost rozměrů hotového výrobku. Případné obtékání velkých překážek v dutině formy může zapříčiňovat vzhledové i jiné závady. Nevýhodou je zejména vyšší materiálová spotřeba, protože v přetlačovací komoře a vtokových kanálech zůstává poměrně velké množství materiálu. Není tedy vhodná pro malé výrobky. [3]

### Vstřikování

Je to způsob tváření, kdy se zplastikovaný materiál vstřikuje vysokou rychlostí do dutiny formy, která je temperovaná. Materiál se plastikuje v plastikační jednotce, která je součástí vstřikovacího stroje. Plastikací rozumíme převedení materiálu do plastického stavu, zpravidla účinkem tepla. Princip plastikačních jednotek s pístovou a šnekovou plastikací zobrazuje (Obr. 3). [3]



Obr. 3 Princip vstřikování [3]



Vstřikování probíhá do uzavřených forem za vysokého uzavíracího a vstřikovacího tlaku. Účinky obou tlaků jsou oddělené, přičemž uzavírací tlak působí dříve, což umožňuje dokonalé bezpřetokové lisování i u velkých a tlustých výrobků. Směs se před vlastním vstřikování ohřívá, což vede ke zkrácení doby vulkanizace. Vstřikování gumárenských směsí umožňuje výrobu tlustostěnných výrobků při zkrácené době a zvýšené kvalitě vulkanizátu. Vyžaduje však náročnější výrobní zařízení a je méně vhodné pro kusovou výrobu na rozdíl od předchozích technologií. [3]

### **Vytlačování**

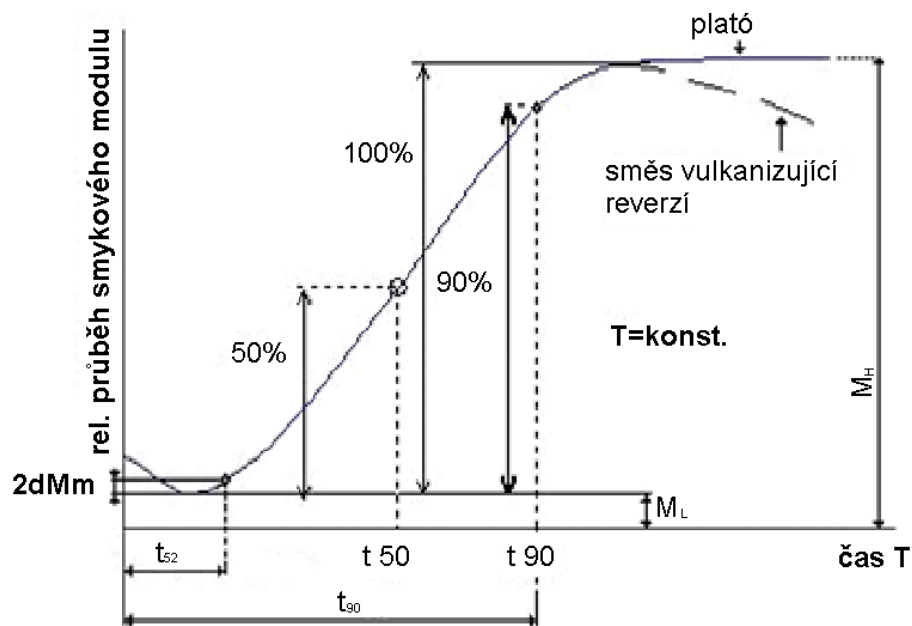
Slouží především pro výrobu polotovarů. Je to proces, kdy je materiál tvářen průtokem přes profilový otvor (vytlačovací hlavicí) do prostoru. Potřebný pracovní tlak můžeme získat několika způsoby, nejčastěji pomocí šneku, ale lze použít i pístová či rotační zařízení. Touto metodou se vyrábí především profily či další konfekce. [3]

## **1.4 Vulkanizace**

Při vulkanizaci se váže síra na kaučuk a tvoří se síťová struktura. Zesíťováním - vulkanizací – se stává z kaučukové směsi technicky použitelný materiál – pryž. Vulkanizační systém, který ovlivňuje průběh a stav vulkanizace, se většinou skládá z vulkanizačního činidla, urychlovače a aktivátoru. [7]

Po přidání všech složek vulkanizačního systému do směsi při dostatečné teplotě nastává jeho působení. Nejdříve se vytváří aktivní meziprodukt, později vznikají příčné vazby. Jakmile tvorba příčných vazeb dosáhne určitého stupně, mění se zpracovatelské vlastnosti, indikované změnou plasticity. Doba potřebná k dosažení této změny se nazývá bezpečnost směsi. Nejčastěji se určuje vulkanometrem Mooney. V praxi se považuje hodnota 20 min. při 120°C za spolehlivě bezpečnou. [7]

Optimální hustota síťové prostorové struktury závisí na teplotě a čase, po které působí na elastomerní směs. Vzájemný vztah teploty a doby vulkanizace se vyjadřuje – teplotní koeficient vulkanizace. Ten udává vzrůst rychlosti vulkanizace při zvýšení teploty o 10°C (jeho hodnoty jsou 1,8-2,5 v závislosti na skladbě elastomerní směsi). Teplota vulkanizace je funkcí i typu kaučuku a volí se v rozmezí 140-200°C. Vyšší teplota - zkrátí se vulkanizační čas, zvýší se teplotní spád se všemi důsledky. Pro kvalitní vulkanizát je důležitý tlak při vulkanizaci. [1]



Obr. 4 Vulkanizační křivka [1]

Provozní způsoby vulkanizace jsou:

- **kontinuální** ve vulkanizačních tunelech (solné lázně, horkovzdušné tunely, MW tunely), bubnových lisech.
- **diskontinuální** vulkanizace ve formách, přímé páře, horké vodě, horkém vzduchu, bubnových lisech. [1]

Technologický postup vulkanizace:

- tvarování elastomerní směsi do tvaru výrobku (za tepla, za studena),
- zahřívání na vulkanizační teplotu,
- výdrž na vulkanizační teplotě – vulkanizace (teplota, čas, tlak),
- vyjmutí výrobku z formy (výrobek se ve formě nechladí). [1]

## 2 PŘÍČINY ZANÁŠENÍ VULKANIZAČNÍCH FOREM

V průběhu vulkanizace kaučukových směsí ve formách dochází postupně k znečišťování vnitřního povrchu forem (jejich dutin). Znečišťování forem má řadu negativních účinků. Znečištěný povrch formy zvyšuje riziko výroby nekvalitních výrobků, nepříznivě ovlivňuje vzhled i tvarové a rozměrové odchylky výrobků a znesnadňuje vyjímání výlisků z formy. Potřeba opakovaného čištění forem vede k prostojům výrobních strojů, zvyšuje výrobní náklady (náklady na pracovní sílu a tím i na konečnou cenu výrobku). Vzhledem k tomu, že cena formy představuje značnou část nákladů na výrobu lisované pryže, a proto, že při čištění formy vzniká značné riziko jejího poškození, je znečišťování forem závažným problémem. Ekonomické ztráty, jež znečišťování forem způsobuje, jsou mnohdy značné. [5]

### 2.1 Podstata a mechanismy znečištění forem

Znečišťování forem je způsobeno difundováním složek kaučukové směsi, k němuž dochází vlivem různých faktorů (zejména vlivem teploty). Difundované části směsi ulpívají na vnitřním povrchu formy a postupně se na něm usazují.

Znečištění je způsobováno jak účinkem jednotlivých složek kaučukové směsi, tak i degradací použitých separačních činidel. Elastomery podléhají reverzi nebo oxidaci. Reverze vede k tvorbě lepivých zbytků, jež ulpívají na vnitřním povrchu formy, a oxidace je příčinou tvorby houževnatého filmu, který se přichytává pevně k povrchu kovu formy.

Znečištění formy může mít, podle intenzity znečištění, několik forem. Může to být pouhé ztmavnutí vnitřního povrchu formy nebo usazování znečišťujícího materiálu (části kaučukové směsi) na celém povrchu formy. Další formou může také být šupinovitě nanosy způsobující nejprve vzhledové a později i rozměrové vady vulkanizovaného výrobku. [5]

#### Reakce na styku kovu a organických látek

Podmínky na rozhraní mezi kovem a organickým materiálem úzce souvisejí s adhezí, mazáním, třením, oděrem a separačními vlastnostmi. Na povrchu kovové formy se téměř vždy vyskytuje jisté množství řezného nebo protikorozního oleje. Vlivem přítomnosti polárních skupin jsou na povrchu kovu absorbovány polární sloučeniny. Z praktických zkušeností z gumárenských podniků je známo, že při peroxidické vulkanizaci za použití nových forem, bývá povrch výlisku často lepivý. Má se za to, že tato lepivost je způsobena rozkladem peroxidu na povrchu pryže oxidem železa přítomnými na povrchu formy. Tím povrch výrobku zůstane nezvulkanizován a stane se lepivým. Vlivem lepivosti část kaučukové

směsi ulpí na povrchu formy. V zásadě platí, že jakmile se na vnitřním povrchu formy objeví i malé usazeniny, další znečištění formy pak pokračuje velmi rychle. [5]

### **Faktory ovlivňující znečištění forem**

Na znečištění forem má vliv spousta proměnných faktorů, zejména:

- a) samotná kaučuková směs (tj. její složení: kaučuk, přísady, zejména plniva, změkčovadla, vulkanizační činidla)
- b) vulkanizační forma:
  - její geometrie, zejména geometrie vtokových kanálků, tvarová složitost
  - materiál, z něhož je forma zhotovena
  - tvrdost a drsnost vnitřního povrchu formy, jenž přichází do styku s lisovaným výrobkem
  - stupeň oxidace kovového povrchu
- c) typ a množství separačního činidla použitého k usnadnění vyjímání vylisku z formy
- d) zvolené vulkanizační podmínky, jako je vulkanizační teplota
- e) vlhkost ve vzduchu pracovního prostředí a přítomnost kyslíku
- f) technologie výroby pryžových výrobků (zejména tlakové lisování, vstřikování)
- g) počet již provedených cyklů, atd.

Významnou úlohu hrají tepelné a reologické podmínky ve fázi plnění formy kaučukovou směsí a také podmínky na čele toku taveniny, jež jsou dány geometrií formy. [5]

### **Složení usazenin ve formě**

Vrstva materiálu, která se usazuje na vnitřním povrchu formy, se skládá ze zbytků lisované kaučukové směsi, tj. polymeru a gumárenských přísad. Přesné složení usazeniny závisí na elastomeru, na jehož bázi je směs připravena, a na jednotlivých složkách směsi. Složení směsi má značný vliv na adhezi kaučuku (pryže) k formě. [5]

Usazenin ve formách obvykle obsahují:

- 1) nízkomolekulární kaučuky
- 2) anorganické přísady: zejména vlivem vysokého plnění anorganickými plnivými, např. kaolinem, křemičitanem vápenatým a sráženým oxidem křemičitým, dále použitím velkého množství oxidu zinečnatého
- 3) organické přísady
- 4) rez

- 5) separační činidlo (jako například mastek nebo slídu)
- 6) povrchově aktivní činidla
- 7) síťovací činidla

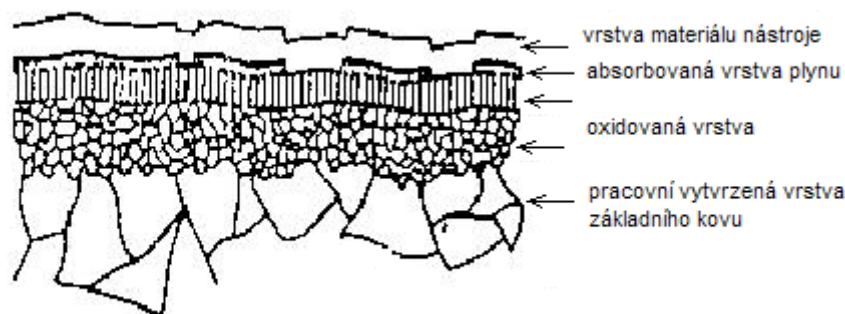
Jednotlivé usazeniny lze identifikovat pomocí infračervené spektrografie.

## 2.2 Vliv materiálu formy a jejího řešení na znečišťování forem

Znečištění formy urychluje komplikovaný tvar formy, druh kovu použitého k zhotovení formy, drsnost a úprava jejího povrchu.

### *Vliv povrchových vlastností formy*

Povrch kovu netvoří samotný kov, nýbrž tenký film jeho oxidu. Povrch kovu formy je zpravidla výsledkem technologického opracování kovu, které vede ke vzniku zakalené (vytvrzené) vrstvy, na níž se pak nachází vrstva oxidu kovu, z něhož je forma zhotovena. Mezi touto vrstvou a znečišťující usazeninou se nachází obvykle ještě vrstva absorbovaného plynu.

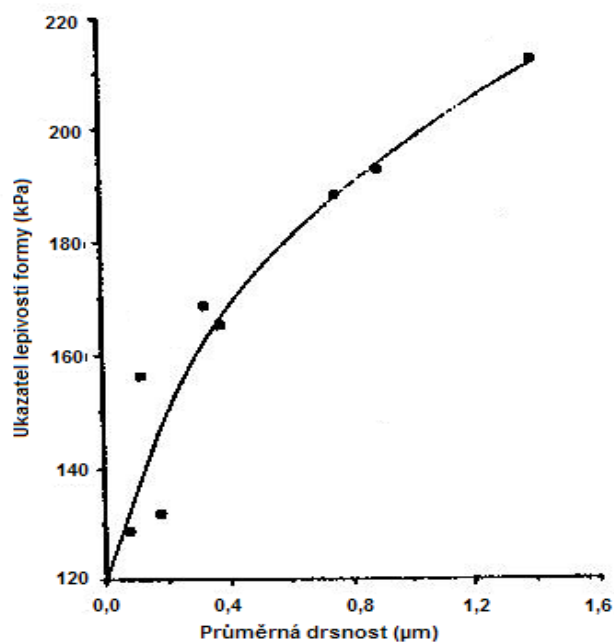


Obr. 5 Struktura povrchu kovové formy se znečišťující vrstvou usazeného kaučuku [5]

Povrch kovových forem je nutné opatřit vrstvou kovu, jenž lépe odolává nejrůznějším chemickým vlivům, včetně koroze, neinteraguje s materiálem lisovaného výrobku, odolává mechanickému opotřebení a dodává povrchu lisovaného výrobku požadovanou kvalitu (např. lesk, separační vlastnosti apod.). [5]

### *Vliv drsnosti formy*

Adheze pryže k formě a tím i množství materiálu ulpívajícího k povrchu formy se zvyšuje v závislosti na drsnosti povrchu, o čemž svědčí následující graf.



Obr. 6 Lepivost vulkanizované standardní směsi na bázi NBR v závislosti na drsnosti slitiny [5]

To vysvětluje, proč zdrsnění povrchu formy, k němuž dochází při otrýskávání usazenin, vede k podstatnému zhoršení separačních vlastností formy a v důsledku toho i k zvýšení jejího znečištění.

Významný vliv na separační vlastnosti pryže a z toho plynoucí znečišťování formy má povrchová úprava formy. Čím kvalitnější je povrchová úprava, tím snazší je vyjímání výlisku z formy a tím méně se forma znečistí. Vztah mezi povrchovou úpravou formy a separačními vlastnostmi pryžového výlisku jsou uvedeny v následující tabulce (Tab.1). [5]

Tab. 1 Závislost separačních vlastností pryže na povrchové úpravě lisovací formy [5]

|   | Povrch formy |          |                  |
|---|--------------|----------|------------------|
|   | Nebroušený   | Broušený | Zrcadlově lesklý |
| Nepokovená forma  | špatné       | dobré    | velmi dobré      |
| Pochromovaná forma  | -            | -        | velmi dobré      |
| Poznámka: separační prostředky nebyly použity.<br>K vulkanizaci použito polyolovoého vulkanizačního činidla |              |          |                  |

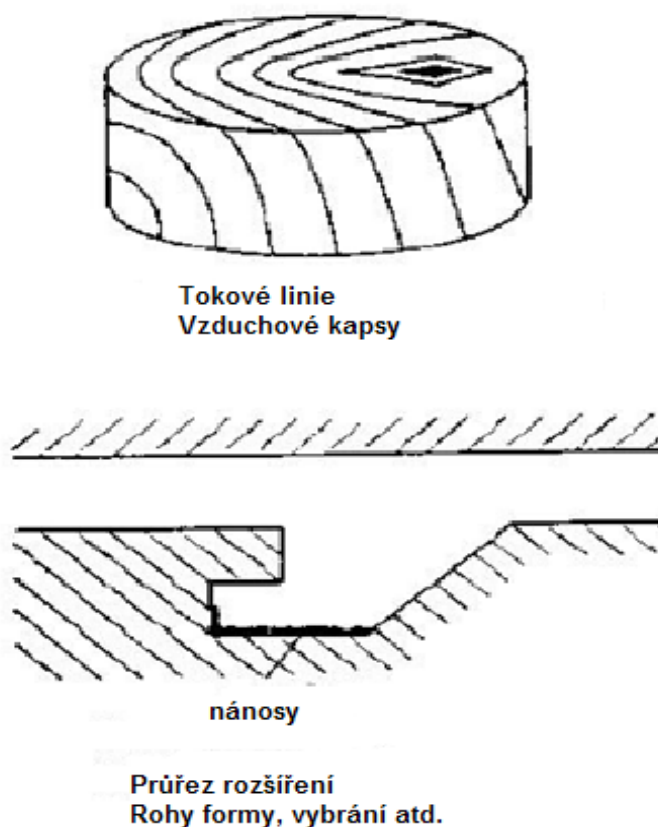
### Vliv tvrdosti formy

Adhezi pryže k formě ovlivňuje i tvrdost povrchu formy, a to tak, že se zvyšující se tvrdostí se ulpívání pryže k formě snižuje.

***Vliv řešení (konstrukce) formy (geometrie formy)***

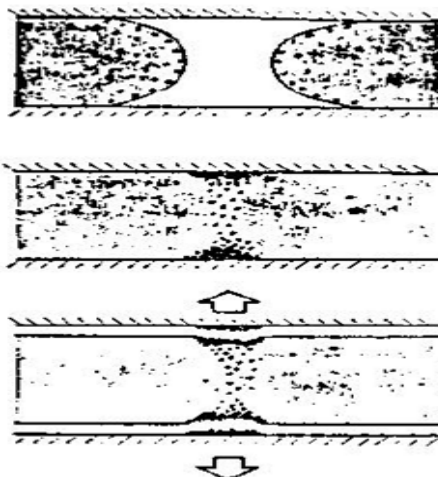
Dosavadní zkušenosti ukazují, že k znečišťování formy dochází především:

1. v místě soutoku jednotlivých proudů kaučukové směsi ve formě (při vstřikování), kde je riziko vzniku vzduchových “kapes“
2. v rozích, vybráních, v místech rozšíření profilu formy, apod.
3. v místech, ve kterých dochází k smyku taveniny



*Obr. 7 Místa zvýšeného usazování materiálu ve formě [5]*

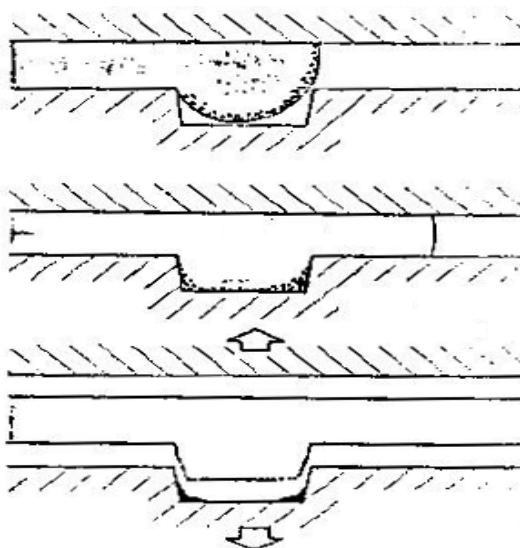
Příčinou usazování materiálu v místě soutoku taveniny kaučukové směsi je to, že vlivem tlaku na čele toku taveniny dochází k odpařování těkavých složek kaučukové směsi. Proces ukládání materiálu v místě soutoku taveniny je znázorněn na (Obr. 8). [5]



*Obr. 8 Znečišťování formy  
v místě soutoku taveniny [5]*

Výše uvedený obrázek ilustruje současně skutečnost, že znečišťující usazeniny se vyskytují zpravidla na obou polovinách formy. [5]

Proces, k němuž dochází při náhlém rozšíření průřezu tokového kanálu formy, je obdobný. Intenzivnější usazování materiálu lze očekávat zejména v těch případech, kdy směr pohybu tekoucí taveniny je kolmý na povrch formy a kdy tavenina není již vystavena žádnému smykovému napětí. Kromě toho zmíněné odpařování těkavých složek kaučukové směsi je v důsledku výraznějšího elongačního toku v těchto místech intenzivnější. Proces ukládání materiálu v místě rozšíření průřezu tokového kanálu formy je schematicky znázorněn na (Obr. 9). [5]



*Obr. 9 Znečišťování formy v místě rozší-  
ření průřezu jejího tokového kanálu [5]*

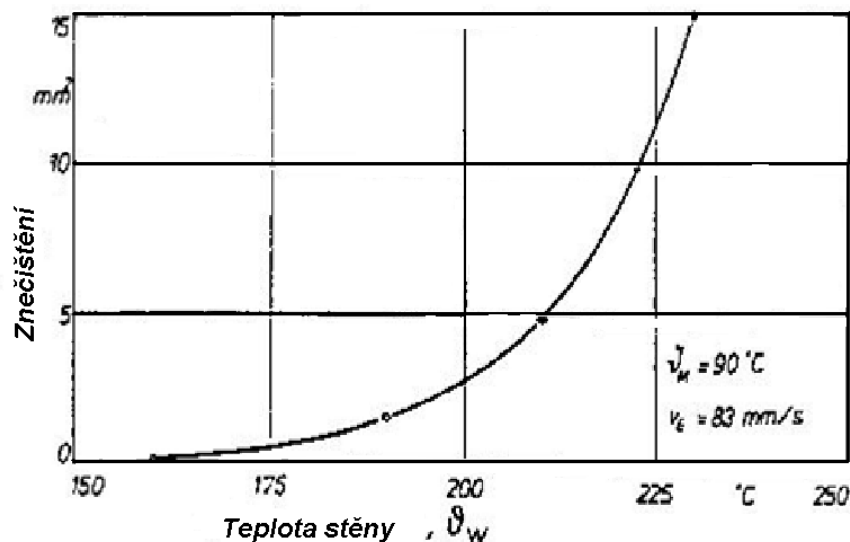


V tomto případě vlivem geometrie formy a výsledné dráhy toku taveniny dochází k znečišťování pouze na jedné polovině formy. [5]

### 2.3 Vliv technologie a teploty zpracování na znečištění forem

#### Vliv vulkanizační teploty

Rychlost i stupeň znečišťování forem závisí ve značné míře i na vulkanizační teplotě. Obecně platí, že čím vyšší je teplota, tím větší je znečištění a tím rychleji k němu dochází. V literatuře je uvedeno, že při teplotě 170°C až 190°C se stupeň znečišťování zvyšuje až trojnásobně. Při konstantní teplotě se míra znečištění zvyšuje tehdy, jestliže poklesne stupeň vulkanizace. [5]



Obr. 10 Závislost znečišťování na teplotě stěny formy [5]

#### Vliv množství vulkanizačních cyklů a doby otevření formy

S rostoucím počtem vulkanizačních cyklů se znečišťujícími usazeninami ve formě zvětšuje, zejména v jejich užších a jemnějších částech, a v důsledku toho se vyjímání výlisků z formy stává stále obtížnějším. [5]

Především v technologii vstřikování je snaha výrobců zkrátit vulkanizační dobu a zvýšit tak produktivitu výroby. Zejména se používají vyšší teploty a krátké vulkanizační doby. Vlivem vysokých vstřikovacích teplot, charakteristických pro tuto technologii (možnost zvýšit produktivitu a snížit výrobní náklady), dochází k relativně velkému a rychlému znečišťování forem. [5]

## 2.4 Vliv jednotlivých složek kaučukové směsi na znečištění forem

### Vliv polymeru

Polymer, tak jako mnohé další složky kaučukové směsi, má na znečištění forem vliv. Ve srovnání s přírodním kaučukem se výlisky ze syntetického kaučuku separují od formy obtížněji a v mnoha případech způsobují značné znečištění formy. Jak již bylo řečeno, kaučuky podléhají při vulkanizaci reverzi, jež činí materiál lepivým a způsobuje, že ve formě zůstávají zbytky kaučukové směsi.

K snížení oxidace, jež je příčinou tvorby houževnatého filmu ulpívajícího pevně k povrchu formy, se doporučuje přidat do některých směsí (na bázi SBR a BR) přírodní kaučuk. V případě chloroprenového kaučuku se problém řeší přidávkem hořčíku (v množství 8 dsk). [5]

Formy jsou značně znečišťovány kaučuky na bázi halogenů, jako je například chloroprenový kaučuk, fluorkaučuk, epichlorhydrinový kaučuk a další. [5]

Vzhledem k vlastnostem silikonů má nejlepší separační vlastnosti nepochybně silikonový kaučuk. Separace pryžových výrobků zhotovených ze silikonového kaučuku nečiní žádné potíže. Proto nevznikají žádné problémy ani se znečišťováním forem. V posledních letech se však silikonový kaučuk začal používat k výrobě tvarově složitých dílců, při jejichž lisování - v důsledku tvarové složitosti forem – se formy začaly znečišťovat. [5]

### Vliv plniv

K vysoce znečišťujícím patří zpravidla směsi, obsahující minerální plniva, jako například oxid křemičitý a uhličitan vápenatý. Plnivo snižuje účinnost vulkanizačního systému, což může vést k podvulkanizaci pryže. Nedostatečně zvulkanizovaná pryž se pak vyjímá z formy obtížně a zanechává ve formě nečistotu. To se stává zejména tehdy, je-li množství vulkanizačního činidla ve směsi příliš nízké. K typickým plnivům zpomalujícím vulkanizaci patří zejména světlá plniva a tvrdý kaolin. [5]

Vysoké dávkování minerálních plniv, jako například kaolinu, křemičitanu vápenatého, sráženého oxidu křemičitého, způsobuje tvorbu lepivých přetoků. Ve srovnání se sazemi způsobují minerální plniva menší míru znečištění.

### **Vliv vulkanizačních činidel**

Znečišťování forem způsobují také vulkanizační činidla přítomná v kaučukové směsi. Pokud je koncentrace vulkanizačního činidla příliš malá, je síťová hustota nízká a pryžový výrobek je podvulkanizován a z vulkanizační formy se pak špatně vyjímá. Vyjímatelnost z formy lze zlepšit použitím většího množství vulkanizačního činidla (síťová hustota se zvýší a adheze vulkanizátu k formě se sníží). Stupeň znečištění formy se sice sníží, ale poklesne tažnost a strukturní pevnost, což prakticky znamená, že při vyjímání výlisku z formy se mohou části výlisku odtrhnout. [5]

### **Vliv změkčovadel**

Informací o vlivu změkčovadel na znečišťování forem je v dostupné literatuře jen velmi málo. Změkčovadla se vlivem vysokých teplot používaných běžně v technologii vstřikování a nízkého tlaku na čele toku taveniny ve formě odpařují, což má nepříznivý vliv na strukturní pevnost pryžového výlisku při jeho vyjímání z formy a ulpívání částí pryže na povrchu formy.

## **2.5 Možnosti snížení znečištění forem**

Znečišťování vulkanizačních forem (tvorbu usazenin) lze vyloučit či aspoň snížit v podstatě několika způsoby.

### **Snížení znečišťování formy vhodnou konstrukcí formy**

V případě že k znečišťování formy dochází v místě soutoku kaučukové směsi nebo v místech rozšíření průřezu formy, lze znečištění formy snížit změnou polohy ústí vtoku. “Mrtvá“ místa v kritických částech formy lze vyloučit již ve fázi konstrukce formy tak, aby výše zmíněná dutinková struktura vedoucí k narušování povrchu výlisku a ulpívání jeho částí ve formě, byla ve značné míře vyloučena působením smykových sil. V těch případech, kdy soutoku taveniny bez působení smykových sil se nelze vyhnout, lze často formu konstruovat tak, aby k soutoku taveniny docházelo v méně kritických místech výlisku. Toho lze dosáhnout změnou umístění vtokového ústí a malými korekcemi geometrie formy. “Mrtvá“ místa vznikající při náhlém rozšíření tokového kanálu formy lze vyloučit vhodným umístěním vtokového ústí.

### **Snížení znečišťování formy úpravou technologických parametrů**

Existuje jasný vztah mezi vznikem či růstem usazenin a technologickými parametry, jako je teplota formy a rychlost vstřikování. Vzhledem k tomu, že teplotu nelze z ekonomických důvodů často příliš snížit, lze stupeň znečištění redukovat snížením rychlosti vstřikování (což znamená malé prodloužení vstřikovacího cyklu). Při snižování vstřikovací rychlosti je však třeba dbát na to, aby během plnění formy kaučukovou taveninou nedošlo k předčasné vulkanizaci.

### **Chemická úprava formy**

Znečišťování forem lze snížit pochromováním povrchu formy přicházejícího do styku s kaučukovou směsí. Je však lépe nečistoty zůstávající ve formě co možná nejdříve odstranit, a to tak, aby se povrch formy nepoškodil.

### **Separáční činidla**

Úkolem separáčních činidel je oddělit - separovat – od sebe dvě různé fáze tvořené formou na jedné straně a výliskem na straně druhé.

Separáční činidla se dělí na dvě hlavní skupiny, a to:

- vnitřní (přidávané do kaučukové směsi)-maziva
- vnější (aplikované na vnitřní povrch formy)

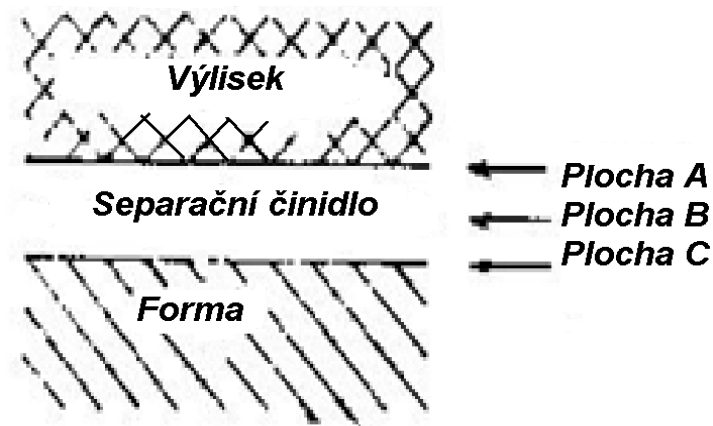
Hlavní princip separace výlisku od formy spočívá k snížení adheze a tření mezi formou a kaučukovou směsí (výliskem) před vulkanizací a po ní. Častěji se k snížení lepivosti a následného znečišťování formy používají vnější separáční činidla aplikovaná na vnitřní povrch formy.

### ***Vnitřní separáční činidla***

Vnitřní separáční činidla, nazývaná těž “maziva“ jsou látky přidávané do kaučukové směsi za účelem zabránění či aspoň snížení lepkavosti směsi ve formě. Vnitřní separáční činidla mají jednu nevýhodu. Často zhoršují vlastnosti pryžového výrobku. Použitím vnitřního separáčního činidla se zlepší separáční vlastnosti výrobku, ale současně se zvyšuje i jeho trvalá deformace tlakem a zhoršuje se jeho adheze.

### ***Vnější separáční činidla***

Vnější separáční činidla (nazývaná těž “separátory“) jsou látky nanášené na vnitřní povrch formy s cílem usnadnit vyjímání zvulkanizovaných výlisků z formy.



Obr. 11 Separační činidlo mezi formou a výliskem [5]

Některá separační činidla (například silikonová) působí tak, že při vyjímání výlisku z formy se část separačního činidla, díky jeho malé kohezi, přenesou na pryžový výrobek.

#### ***Způsob aplikace separačních činidel ve formě***

Separační činidla se na vnitřní povrch formy zpravidla nastříkují (bez použití vzduchu jako nosiče) nebo nanášejí v tenké vrstvě štětcem. V případě vstřikovacích forem, u nichž jsou dutiny formy (otisky) často velmi úzké či tvarově složité, je dosažení stejnoměrného nánosu ve všech částech vnitřního povrchu formy někdy dosti obtížné. Proto se separační činidlo nanáší ve formě aerosolu.

Separační vlastnosti nové, dosud nepoužité formy jsou špatné. Totéž platí i o právě vyčištěných formách. Proto se doporučuje opatřit formy nánosem separačního činidla ještě před jejich prvním použitím.

Degradované separační činidlo a usazeniny je třeba periodicky odstraňovat, například pomocí čisticí kaučukové směsi. Čisticí směsí lze odstranit prakticky veškeré zbytky separačního činidla tak, aby ji bylo možné připravit pro aplikaci čerstvé vrstvy. [5]

### 3 ZPŮSOBY ČIŠTĚNÍ FOREM

Existuje celá řada metod čištění znečištěných forem. Podle podstaty způsobu čištění lze metody čištění forem rozdělit na mechanické, chemické a ostatní. K mechanickým metodám čištění patří otryskávání a čištění ocelovým kartáčem či oškrabávání nánosu vhodným nástrojem. Chemické metody spočívají v použití chemických čisticích prostředků (činidel), a to kyselin a zásad. Ostatní zahrnují zejména čištění působením tepla, elektrolýzy, ultrazvuku, páry a v neposlední řadě čisticí směsi. Nejnovější metody spočívají v kombinaci mechanických a chemických postupů. Při rozhodování kterou z metod čištění použít je třeba přihlížet k

- druhu a stupni znečištění formy
- materiálu, z něhož je forma zhotovena
- stavu povrchu formy
- podmínkám, ve kterých se forma používá
- nákladům, potřebnému zařízení, časové náročnosti procesu čištění
- čisticí účinnosti dané čisticí metody (stupni čistoty formy po ukončení čištění)

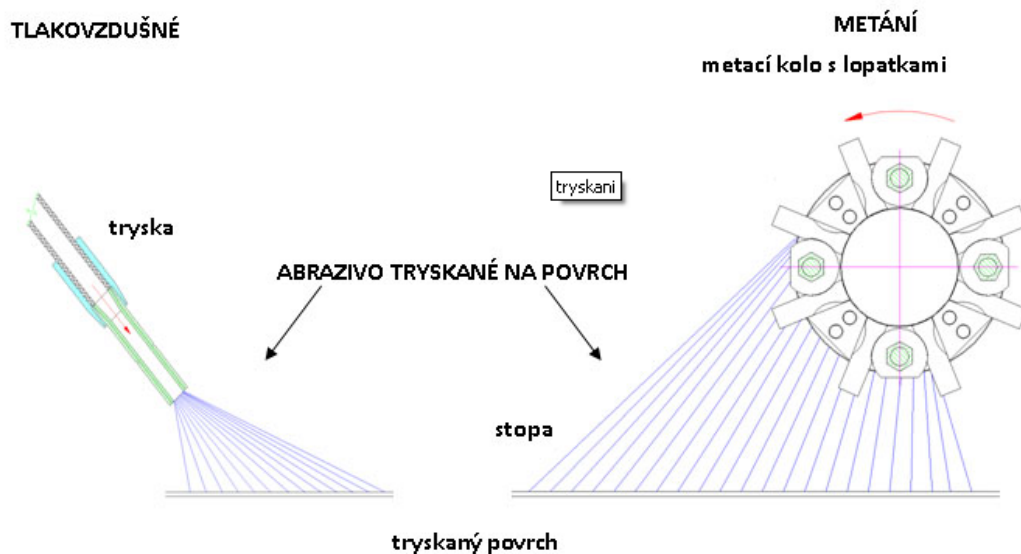
#### 3.1 Mechanické metody čištění forem

Prvními metodami čištění forem byly metody mechanické spočívající v použití různých mechanických nástrojů, jako jsou kartáče, škrabky a různé brusné prostředky. Jinou, méně pracnou mechanickou metodou čištění znečištěných forem je otryskávání znečišťujících nánosů a usazenin různými materiály. [5]

##### 3.1.1 Tryskání

Tryskání (dříve známo pod pojmem - pískování) patří v dnešní době již k velmi rozšířené úpravě povrchů.

Tryskání je možno rozdělit na „tlakovzdušné“ (tryskání abrazivního materiálu pod tlakem na čištěný povrch) a tryskání „metáním“ (abrazivo je vrháno lopatkami metacích kol v uzavřené kabině - tryskacím stroji s metacími koly).



Obr. 12 Metody tryskání: tlakovzdušné (nalevo), metání (napravo) [8]

### Tlakovzdušné tryskání

Podle způsobu lze rozdělit na "**injektorový**" nebo "**tlakový**" systém. Hlavní rozdíl mezi oběma způsoby představuje cca 300 % rozdíl ve výkonu, ale zejména ve výsledku.

#### *Injektorový systém*

Pracuje na jednoduchém principu přísávání abrazivního prostředku ve vzduchové uzavřené komoře. V uzavřené pistolí je vsazena vzduchová tryska, která strhává abrazivo (pod tlakem) a v tryskací hadici je abrazivo vedeno k ústí trysky a vrháno na tryskaný povrch. Systém je nejvíce používán v tryskacích kabinách. Velikostí trysky a tlakem vzduchu lze do určité míry ovlivnit intenzitu tryskání. [8]

V případě volného tryskání (tryskání v otevřeném prostoru - např. ruční tryskací kabině) je výkon tryskání cca 1 - 3 m<sup>2</sup> /hod. Pro tryskání je třeba používat lehčí ostrohraná abraziva např. korund nebo balotinu.

Na trhu se lze setkat i s tryskacími jednotkami, které jsou doplněny odsáváním. [8]

#### *Tlakový systém*

Systém užívaný nejen u mobilních tlakových jednotek, ale i tryskacích kabin a tryskacích boxů. Princip spočívá v uzavření tlakové nádoby s abrazivem a pod tlakem přes regulační ventil je abrazivo vháněno do hadice s ukončenou tryskou, ve které je tok abraziva ještě urychlen (tvar trysky - "Venturiho trubice"). Celý technologický postup je zajišťován pneumatickým systémem s ovládáním z místa tryskání. Rychlost abraziva u ústí trysky se

pohybuje cca  $43 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Výše uvedené systémy dnes nabízí celá řada firem a to jak tuzemských tak i zahraničních. U tlakového systému se obvykle používají hmotnostně těžší abraziva jako je ocelová a litinová drť, lze použít i celou řadu dalších materiálů (balotina - skleněné kuličky, struska, korund atd.). [8]

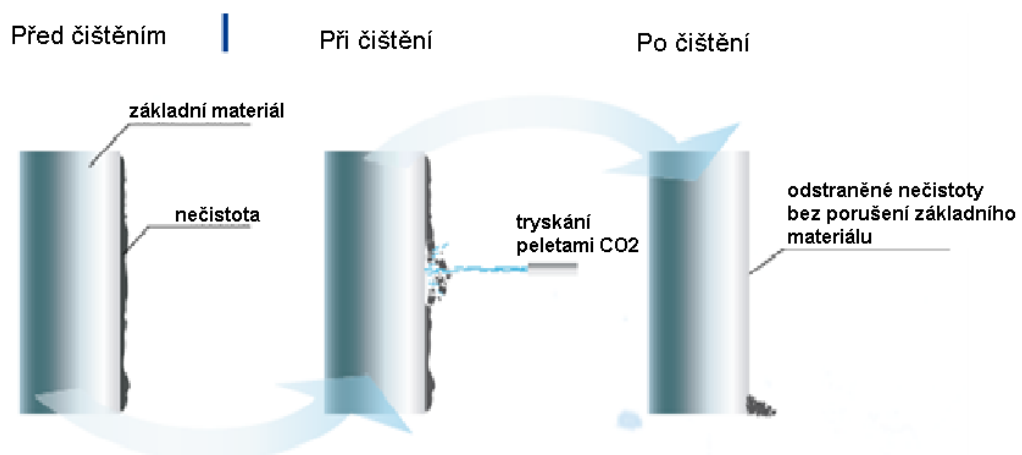
### Tryskání suchým ledem

Jde o technologii čištění, která je velmi podobná klasické metodě tryskání s použitím pevných částic. Tryskacím médiem ovšem není písek nebo podobné materiály, nýbrž pelety (granule) suchého ledu. Ty jsou v zařízení unášeny stlačeným vzduchem do aplikační pistole, odkud již přímo působí na čištěné povrchy. [13]

#### *Princip tryskání suchým ledem*

V zařízení jsou pelety ze zásobníku dávkovány do proudu stlačeného a vysušeného vzduchu, kterým jsou unášeny přes tlakovou hadici k aplikační pistoli. Pomocí různých koncových nástavců je proud pelet se vzduchem usměrňován na čištěné místo, kde již svým přímým působením odstraňují usazeniny.

Pelety působí na čištěný povrch v jednom okamžiku třífázově. První fází je působení pomocí kinetické energie, kdy pelety suchého ledu unášené proudem stlačeného vzduchu dopadají rychlostí zvuku na povrch. Tím nalomí a uvolní vrstvu usazeniny z povrchu. V druhé fázi - termické - nízká teplota granulí suchého ledu způsobí ochlazení usazených nečistot a ty se pak stávají křehkými a lehce oddělitelnými od čištěného povrchu. Třetí fází je sublimace pelety. Během tohoto procesu pronikají granule suchého ledu znečišťující usazeninou a okamžitě sublimují. Důsledkem sublimace dochází až k 541násobnému zvětšení jejich objemu a explozivnímu efektu, který nežádoucí usazeniny oddělí od čištěného povrchu.



Obr. 13 Princip tryskání suchým ledem



### *Suchý led*

Suchý led je pevné skupenství CO<sub>2</sub>. Suchý led je výkonné přírodní chladivo, je bez zápachu a není hygienicky závadný. Neobsahuje choroboplodné zárodky, je bakteriostatický a vytlačuje vzdušný kyslík. Netaje, nezanechává mokré stopy a nepoškozuje tak ani zboží nebo jeho obal. Nejčastěji vzniká v podobě odpadního plynu při chemické výrobě. V zařízení určeném pro jejich výrobu se snižuje tlak a tím i teplota a oxid uhličitý tak přechází z kapalného skupenství do pevného. Pomocí granulátoru jsou následně pelety formovány do požadovaného tvaru a velikosti. Při atmosférickém tlaku peleta sublimuje (přechází z pevného skupenství do plynného). Povrchová teplota pelety je asi -78 °C. Pelety se proto skladují v tepelně izolovaných boxech. [13]



*Obr. 14 Suchý led ve formě pelet (nahore) a granulí (dole) [8]*

### *Výhody použití suchého ledu*

- umožňuje čistit předměty na místě, aniž by byla provedena demontáž
- je neabrazivní a elektricky nevodivá metoda čištění bez použití hořlavin
- je šetrné vůči životnímu prostředí a není zdrojem žádných sekundárních odpad
- jedná se o čistou technologii vhodnou k používání i v potravinářství
- lze používat k odstraňování zbytků produktů, separátorů, znečišťujících látek, barev, olejů a biologických nánosů
- také dokáže odstranit z nástrojů i strusku vznikající při sváření
- lze používat k mnoha všeobecným účelům v oblasti čištění [8]

### **Materiály používané k otryskávání**

#### *Ocelové granuláty a drtě*

Ocelové granuláty a drtě jsou obvyklých jakostí podle norem ČSN 429823, nebo DIN 8201. Jsou dodávány v různých velikostech. Ocelové drtě se vyrábí ve třech tvrdostních skupinách:

- 45-52 HRC
- 54-59 HRC
- 64-69 HRC

Ocelová drť je označovaná písmenem **G** a vyrábí se drcením speciálně tepelně upravených zrn granulátu o větším průměru. Používá se k čištění a úpravám povrchů.

Kulatý granulát je označován písmenem **S** a je vyroben z nadeutektoidní tepelně upravené uhlíkové oceli. Tento materiál má optimální vlastnosti vhodné pro většinu zařízení k tryskání. Vlastnosti materiálu, především životnost a odolnost proti rázům umožňují maximální čistící účinek.

### ***Litínové granuláty a drtě***

Litínové granuláty a drtě jsou používány k podobným účelům jako ocelová abraziva. Jejich vlastnosti se řídí stejnými normami (ČSN 429823, DIN 8201). Kromě toho jsou litínové drtě, které jsou označovány písmenem **L**, přednostně používány k úpravám a řezání přírodního kamene, k čištění fasád, jako přísada do zábavné pyrotechniky, jako stínící ochrana proti radioaktivnímu záření (supertvrde betony) v jaderných elektrárnách, apod.

### ***Antikoroziční granulát***

Antikoroziční ocelový granulát je používán pro otryskávání povrchů nejrůznějších výrobků (odlitek, profilů, obrobků) z neželezných kovů a antikorozičních ocelí. Zvláště pro přípravu povrchů před elektrolytickým pokovováním. Hlavní vlastností granulátu je vysoká korozi-vzdornost a dlouhá doba použití. Je doporučován zejména pro povrchovou přípravu součástí neželezných kovů s požadavkem vysoké pevnosti.

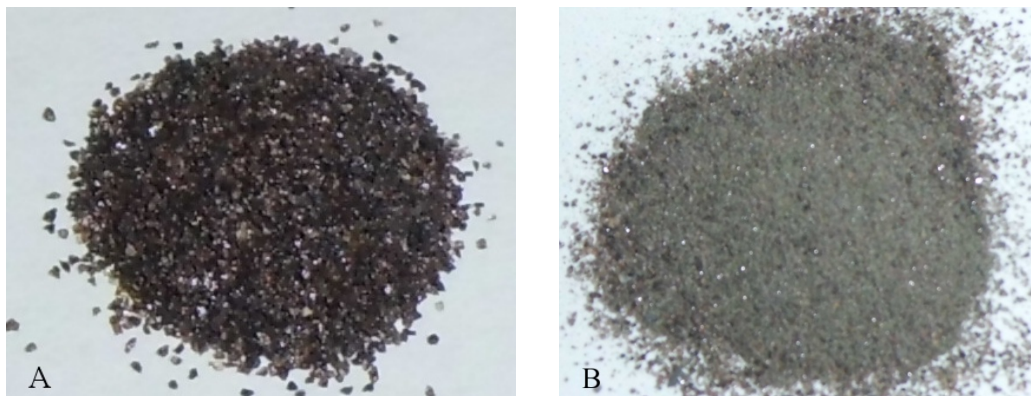
### ***Skleněné kuličky***

Čištění pomocí skleněných kuliček je sice velmi účinné, avšak má jednu nevýhodu. Abrazivnost skleněných kuliček je při stejném otryskávacím tlaku větší než abrazivnost ocelových broků (granulátů). Skleněné kuličky se relativně brzy rozbijí, čímž se podstatně zvýší jejich abrazivní účinek, jenž může vést až k poškození formy. Zavedením technologie vstřikování se cyklus čištění forem podstatně zkrátí. Větší míra znečišťování forem během vstřikování vyžaduje častější čištění, což při použití skleněných kuliček vede k rychlejšímu opotřebování forem.

Stupeň opotřebení povrchu formy lze snížit kombinací skleněných kuliček a vody tryskané pod tlakem na znečištěný povrch. Variantou této metody je otryskávání tlakovou vodou obsahující místo skleněných kuliček jemný skleněný prach.

### ***Korundové drtě***

Drtě z korundu jsou vhodné jednak pro otryskávání, ale také jako ostřívo do připravovaných žáruvzdorných hmot, případně struskotvorné přísady.



*Obr. 15 Korundové drtě a) nová, b) použitá*

### ***Plastové granule (polyestery, reaktoplast melamin, močovino-formaldehydové plasty)***

Počátkem 80. let se k čištění forem otryskáváním začaly používat plastové granule. Oproti mechanicky agresivnějším otryskávacím médiím mají plastové granule určité výhody:

- jsou ekologicky relativně bezpečné
- jejich použití může být efektivní
- nejsou tak abrazivní nebo korozivní jako ostatní často používaná média
- jako prostředek pro čištění forem jsou velmi univerzální
- plastové granule jsou dostupné v širokém rozsahu tvrdostí, hustot a velikostí tak, aby bylo možné zvolit pro danou aplikaci optimální druh granulí

### ***Ořechové skořápky a pecky z peckovitého ovoce***

K otryskávání povrchu znečištěných forem se používají dokonce i zemědělské produkty, jako jsou skořápky vlašských ořechů a meruňkové pecky. Jemně mleté ořechové skořápky se používají k otryskávání hliníkových forem na pneumatiky. Na rozdíl od skleněných kuliček a ocelových granulí povrch formy nepoškozují ani nezpůsobují jeho nadměrný děr, avšak doba čištění formy je mnohem delší a jak skořápky, tak pecky se při otryskávání

tříští na jemné částice, jež ulpívají na povrchu formy, který je třeba opět čistit, tentokrát od prachu ze skořápek nebo pecek. [5]

### 3.1.2 Čistění ocelovým kartáčem, ruční škrábání (odírání), broušení, odírání brusnými prostředky

Čistění výše uvedenými pomůckami a prostředky je starou metodou. Technicky je tato metoda velmi jednoduchá, avšak dosti pracná a časově náročná. Kromě toho se při tomto způsobu čistění povrch formy rychle opotřebovává či doslova odírá a musí se pracně obnovovat. Přihlédneme-li k nákladům na renovaci forem, je tato metoda vlastně dosti drahá a způsobuje navíc ztráty ve výrobě spojené s nutností formu odstavit. Přesto se i nyní používá poměrně často. [5]

## 3.2 Chemické metody

Chemické metody jsou založeny na použití chemických činidel organického i anorganického typu. I tato metoda má své nevýhody. Jednou z nich je nutnost demontovat formu, aby se chemický čisticí prostředek dostal do všech znečištěných míst. Téměř vždy je nutné, aby nečistoty ve formě nasákly v dostatečné míře chemické činidlo. To vyžaduje, aby forma byla vystavena působení činidla po určitou dobu, což může trvat až několik hodin. Usazeniny změkklé působením chemického činidla je pak třeba odstranit mechanickým způsobem, např. škrábáním nebo broušením. Při použití chemických čisticích činidel vznikají navíc sekundární problémy s manipulací. Pracovníci pracující s těmito činidly a rozpouštědly musí být řádně vyškoleni a v některých zemích je nutné získat pro práci s těmito činidly povolení, zejména je-li jejich použití spojeno s ekologickými problémy (nutnost ekologicky vhodného způsobu jejich likvidace). [5]

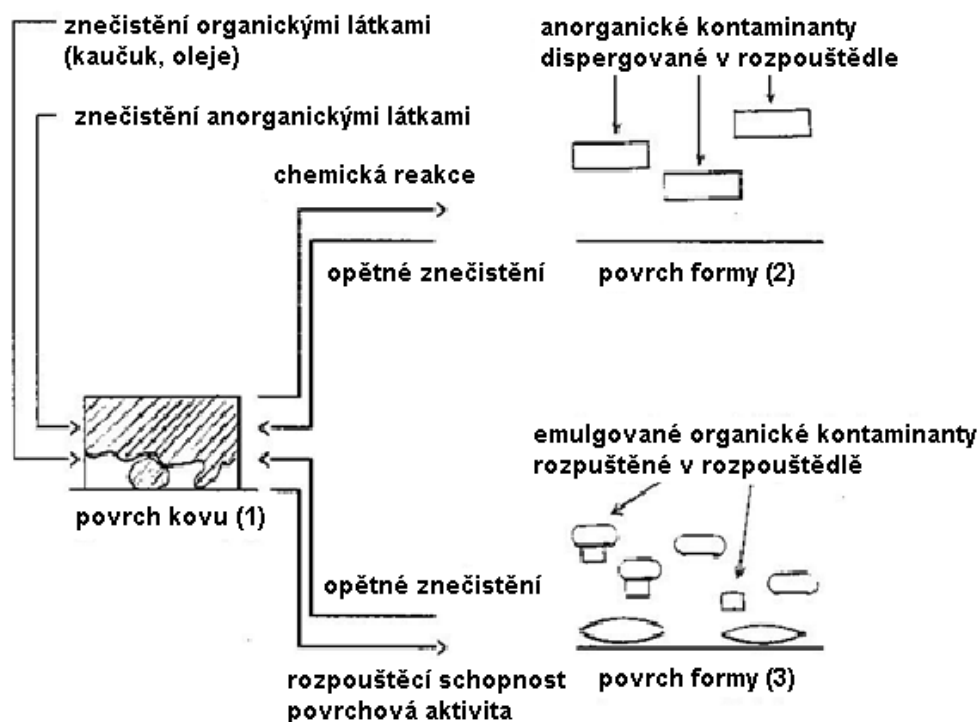
Při použití chemické technologie čistění vulkanizačních forem je třeba přihlížet k čtyřem faktorům:

- povrchové úpravě kovu, z něhož je forma vyrobena
- znečišťujícímu materiálu
- povaze chemického čisticího média a
- požadavkům na čistění

V případě chemického způsobu čistění musí čisticí činidlo působit na styku povrchu formy a znečišťujícího materiálu a musí nečistotu uvolněnou s povrchu formy rozpustit nebo dispergovat. [5]

Při posuzování účinnosti chemického čisticího činidla je třeba vzít v úvahu jeho:

- rozpouštěcí schopnost
- povrchovou aktivitu
- chemickou reaktivitu



Obr. 16 Mechanismus čistění vulkanizačních forem chemickými činidly [5]

Jako chemické čisticí prostředky se používají nejčastěji kyseliny a zásady.

### Čistění působením kyselin

Z kyselin se používají např. kyselina chlorovodíková, kyselina oxalová (šřavelová) nebo kyselina sulfamová. Čistění forem kyselinou je velmi pomalé, nebezpečné, zhoršuje pracovní prostředí a vytváří ekologická rizika. Náklady na čistění nebo likvidaci odpadu, jenž při čistění forem kyselinou vzniká, jsou relativně dosti vysoké a celý proces čistění tak neúměrně prodražují. Kromě toho je tato forma čistění relativně málo účinná, takže je mnohdy nutné, aby se proces čistění dvakrát i třikrát opakoval. Hrozí i nebezpečí poškození povrchu formy, ponechá-li se forma v kyselině příliš dlouho.

### Čistění působením zásad

Oproti kyselinám mají čisticí činidla na bázi zásad výhodu v tom, že nekorodují ocel, z níž je forma vyrobena. Aby nedošlo ke korozi, je proto někdy vhodnější použít k čistění místo

kyselin zásad. Zásady však nelze použít k čištění hliníkových forem, neboť hliník koroduje. Vhodné pro účely čištění forem jsou tyto zásady: hydroxid sodný, uhličitán sodný, metakřemičitan sodný a difosforečnan sodný.

Tab. 2 Čistící schopnost různých zásad [5]

| Čistící vlastnosti zásad                                       | pH (%) | Schopnost pronikat do materiálu | Dispergační schopnost | Emulgační schopnost | Čistící schopnost | Prací schopnost |
|--|--------|---------------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|-----------------|
| Metakřemičitan sodný   | 12,10  | 2                               | 1                     | 2                   | 1                 | 2               |
| Trifosforečnan sodný   | 11,95  | 3                               | 1                     | 1                   | 1                 | 2               |
| Trifosforečnanpenta sodný                                      | 9,60   | 3                               | 2                     | -                   | 2                 | 3               |
| Hydroxid sodný   | 13,00  | 4                               | 2                     | 2                   | 2                 | 4               |
| Uhličitán sodný  | 11,20  | 4                               | 3                     | 2                   | 1                 | 4               |
| Poznámka: 1= vynikající<br>2=dobrá<br>3=přijatelná<br>4=špatná |        |                                 |                       |                     |                   |                 |

Alkalická činidla jsou účinnými prostředky k odstraňování nečistot obsahujících olej, zbytky kaučukové směsi, zpracovatelský olej, separační činidla forem apod. Uvolněné nečistoty pak v čisticím médiu dispergují.

V případě odstraňování zapečených usazenin silikonového kaučuku se doporučuje použít hydroxid sodný (louh sodný), jenž reaguje se silikonovým kaučukem za vzniku silanolátu. Silanoláty lze pak snadno smýt horkou nebo studenou vodou. Čím vyšší je koncentrace hydroxidu sodného a čím vyšší je teplota, tím účinnější je proces čištění. Údaje o účinnosti hydroxidu sodného v závislosti na teplotě na míru odstranění usazenin silikonového kaučuku jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 3 Účinnost použití hydroxidu sodného k odstraňování nánosu silikonového kaučuku [5]

|   | Teplota čištění |    |      |    |      |    |    |
|---|-----------------|----|------|----|------|----|----|
|   | 60°C            |    | 70°C |    | 80°C |    |    |
| Hydroxid sodný, %                         | 3               | 4  | 2    | 3  | 4    | 2  |    |
| Odstranění vrstvy usazenin, %             | 4               | 87 | 90   | 88 | 92   | 98 | 94 |
| Poznámka: Ploušťka nánosu byla několik μm |                 |    |      |    |      |    |    |

Čistící účinek některých zásad nezávisí jen na typu použité zásady, nýbrž také na kombinaci chemikálií a použité metodě čištění (ponoření nebo postřik). Vhodnou synergickou kombinací lze celkový čistící účinek značně zvýšit. [5]

### 3.3 Ostatní metody čištění

#### 3.3.1 Tepelné (působením tepla)

Tepelné metody slouží jednak k vlastnímu odstraňování usazených nečistot, jednak k přípravě forem k čištění. Po tepelné přípravě lze aplikovat různé způsoby čištění. Cílem zahřátí formy (nánosu usazeniny) je uvést znečišťující nános do takového stavu, ve kterém je pak vlastní čištění (ať již mechanickými, chemickými či jinými metodami) snazší. Jsou to např.:

##### *Spalování usazenin ve formě*

Tepelnou metodu, jejímž použitím lze zbytky pryže a usazeniny ve formě odstranit přímo, je spalování zbytků ohříváním forem v peci a plynovým (například acetylenovým) plamenem. [5]

##### *Indukční ohřev*

Indukční ohřev při vysoké frekvenci je relativně výhodný. Indukční ohřev působí povrchově a proto doba ohřevu je krátká. Zahřáním formy se ulpívající pryž oddělí od formy. Očištění se dokončuje ultrazvukem v kapalinové lázni. [5]

##### *Horká solná lázeň*

Horké solné lázně nejsou k ohřevu forem vhodné, neboť sůl po zchladnutí vytvoří na povrchu formy nežádoucí vrstvičku a k ohřevu se spotřebuje značné množství energie. Kromě toho je proces spojen s jistými bezpečnostními riziky. [5]

##### *Horké fluidní lože*

K nahřátí vrstvy usazenin, po kterém lze usazeniny odstranit snáze, lze použít i horkého fluidního lože. Po zahřátí na teplotu 500°C se forma zchladí ve vodě na teplotu 85°C. Vlastní čištění se provádí tlakovou vodou s obsahem jemného skleněného prachu, jež pod zvýšeným tlakem usazeniny ve formě otryskává. Tato metoda je vlastně pouze metodou přípravy formy k otryskávání. [5]

#### 3.3.2 Elektrolýza

Jednou z nedestruktivních metod čištění forem je i postup založený na elektrolýze a elektroforéze – kombinaci chemických a fyzikálních procesů. Tento postup vyžaduje ponoření formy do alkalické lázně. Vlivem řízeného elektrického procesu vznikají mezi znečišťující-

cím nánosem a povrchem formy malé bublinky plynu, jež se zvětšují a nános odlupují. Vzhledem k elektrolytické povaze procesu je třeba u forem s vysokým obsahem chromu nebo u forem pochromovaných zabránit ztrátám chromu. [5]

### 3.3.3 Ultrazvuk

Ultrazvuková metoda patří k šetrnějším postupům čištění forem. Šetrnost metody spočívá v nedestruktivnosti působení na formu.

Ultrazvukové čištění je mokrý proces, neboť k čištění se používá chemický roztok. Zvukové vlny o vysoké intenzitě a vysoké frekvenci vyvolávají v čistícím roztoku kavitaci. Tvoří se malé, mikroskopické bublinky, jež oddělují pryž ulpívající na formě od jejího povrchu. U této metody se využívá toho, že zvukové vlny snadno pronikají ocelovými formami. Výhodou ultrazvukové metody je to, že tato metoda nepoškozuje formy a snižuje náklady na pracovní síly, což je zvláště důležité u přesných forem. Na rozdíl od jiných metod, nedochází při jejím použití k nežádoucímu zaoblování kritických hran forem. Roztok působí na usazeniny tak, že je naruší a po působení ultrazvuku smyje odloupené nečistoty s povrchu formy. Používá se roztok hydroxidu sodného a smáčecího činidla. [5]

Ultrazvuk lze použít jako samostatnou metodu čištění nebo spolu s jinými metodami, zejména v kombinaci s působením chemických čistících činidel nebo spolu s indukčním ohřevem formy. [5]

Tab. 4 Srovnání různých metod čištění vulkanizačních forem [5]

| <b>Metoda čištění</b>   | <b>Opotřebení formy</b> | <b>Rychlost čištění</b>     | <b>Náklady</b>                                     | <b>Stupeň vyčištění</b>  |
|---|-------------------------|-----------------------------|--|--|
| Chemická  | malé nebo žádné         | malá, 4-8 hodin             | malé investice, vysoké náklady na likvidaci odpadu | nedokonalé, obvykle vyžaduje ruční dočištění                                 |
| Ultrazvuková+chemická   | malé nebo žádné         | malá, 3-6 hodin             | malé investice, vysoké náklady na likvidaci odpadu | o něco lepší, ale stále ještě nedokonalé, zpravidla vyžaduje ruční dočištění |
| Otryskávání za mokra skleněnými kuličkami                         | středně velké           | střední, 1 hod.             | středně vysoké investice, nízké provozní náklady   | nedokonalé, vyžaduje ruční dočištění   |
| Otryskávání za sucha skleněnými kuličkami                         | vysoký stupeň oděru     | vysoká                      | malé investice, nízké provozní náklady             | úplné, dobré   |
| Otryskávání za sucha pískem, oxidem hlinitým nebo jinými abrazivy | vysoký stupeň oděru     | vysoká                      | malé investice, nízké provozní náklady             | úplné, dobré   |
| Ruční   | malé nebo žádné         | malá, pravidla 4 až 8 hodin | malé investice, vysoké náklady na pracovní sílu    | úplné, dobré   |
| Otryskávání za sucha plastovými granulemi                         | žádné                   | vysoká                      | malé investice, nízké provozní náklady             | úplné, dobré   |



Tab. 5 Srovnání různých metod čištění vulkanizačních forem z hlediska vlivu na formu a ekologii [5]

| <b>Metoda čištění</b>   | <b>Nebezpečnost odpadu</b>                            | <b>Problém s likvidací</b>                      | <b>Typ poškození formy</b>  | <b>Nebezpečnost pro pracovníka</b> |
|---|---|---|---|------------------------------------|
| Chemická  | vyžaduje použití metod likvidace nebezpečného odpadu  | ano   | naleptání povrchu   | ano                                |
| Ultrazvuková+chemická   | vyžaduje použití metod likvidace nebezpečného odpadu  | ano   | naleptání povrchu   | ano                                |
| Otryskávání za mokra skleněnými kuličkami                         |   | ne (v některých státech existují omezení)       | vytváření dolíčků, zaoblování hran  | ne                                 |
| Otryskávání za sucha skleněnými kuličkami                         | odpad – inertní sklo a špinavá voda - není nebezpečný | ne (v některých zemích existují určitá omezení) | vytváření dolíčků, zaoblování hran, odlupování chromu s povrchu formy             | ne                                 |
| Otryskávání za sucha pískem, oxidem hlinitým nebo jinými abrazivy | odpad – inertní sklo – není nebezpečný                | ne  | vytváření dolíčků, zaoblování hran, odlupování chromu s povrchu formy             | ne                                 |
| Ruční   | bez nebezpečí, někdy se však používají rozpouštědla   | ne  | předčasné opotřebení povrchu nebo obroušení hran formy vlivem pilování a broušení | ne                                 |
| Otryskávání za sucha plastovými granulemi                         | bez nebezpečí, neboť plast je inertní materiál        | ne  | formu nikterak nepoškozuje  | ne                                 |

### 3.3.4 Laser

Čištění povrchu materiálů laserem se jeví jako vhodná náhrada čisticích metod založených na použití rozpouštědel, mechanických metod, jako je např. kartáčování a tryskání, nebo jiných čisticích procesů. Na rozdíl od mechanických metod nedochází při čištění laserem k poškození povrchu čistěného materiálu a výhodou laserového čištění je také, že nepříznivě nepůsobí na životní prostředí (nejsou nutné použití dalších chemikálií, nevznikají kapalné nebo plynné odpady). Při této metodě lze také provádět odstranění nečistot pouze na některých místech. Již bylo prokázáno, že laserové čištění je účinnou metodou při odstraňování povrchových oxidů, polymerů, nátěrů či obecně cizorodých částic. [9]

Při interakci laserového svazku vhodné intenzity a vlnové délky dochází obecně k absorpci na povrchu a k následnému odpaření materiálu. K dosažení optimálního čisticího efektu je důležité použití takové intenzity (a dalších vhodných hodnot parametrů) laseru, při které dochází k odpaření znečišťujícího materiálu, ale zároveň nedochází k poškození povrchu čistěného materiálu. [9]

V případě adsorbovaných organických nečistot (oleje, tuky) způsobuje laserové záření přímo nebo nepřímo přerušení vazeb mezi absorbátem a povrchem a následné oddělení nečistot od povrchu. Při použití laseru s vhodnou energií a vlnovou délkou (většinou UV) dochází přednostně k přerušení vazeb mezi nečistotami a povrchem před absorpcí světla povrchem materiálu. Po absorpci světla dochází k zahřátí materiálu a lokální zvýšení teploty vede k oddělení a odpuzení adsorbovaných částic. Výběr vlnové délky použitého laseru nebo kombinace použitých laserů v závislosti na vlastnostech odstraňovaných nečistot je důležitý k dosažení co nejvyššího čistícího efektu. [9]

## 4 MATERIÁLY PRO VÝROBU FOREM

Obecně lze za vulkanizační formu označit nástroj, který slouží k formování budoucího výrobku, kde směs je vstříknuta nebo vložena do dutiny formy za pomoci vysokých tlaků.

[10]

*Forma je složena obvykle z těchto dílů:*

- Upínací desky formy
- Kotevní (tvarové) desky
- Opěrné desky
- Vyhazovací desky
- Tvárnice a tvárníky
- Středící kroužky
- Vodící součásti
- Spojovací součásti
- a jiné součásti

Vulkanizační forma musí odolávat poměrně vysokým teplotám, tlakům a musí být odolná vůči použité kaučukové směsi. Od tohoto se odvíjí použití vhodného materiálu pro formu. Jednotlivé díly forem nemají stejnou funkci, a proto kladou specifické požadavky na materiál. [10]

*S ohledem na funkci dílu musí materiál splňovat:*

- dobrou obrobiteľnosť (od hrubování až po leštění)
- zvýšenou odolnost proti otěru
- odolnost proti korozi a chemickým vlivům polymeru
- vyhovující tepelnou zpracovatelnost (kalení, cementování,...)
- stálost rozměrů a minimální deformace při kalení
- vhodné fyzikální vlastnosti

V následující tabulce jsou uvedeny doporučené materiály a jejich použití. [10]

Tab. 6 Doporučované oceli na funkční a pomocné části forem podle chemického složení [10] [12]

| Části forem a lisů   | Oceli nástrojové                 |  |   | Oceli nástrojové a konstrukční |               |             |
|--|----------------------------------|--|---|--------------------------------|---------------|-------------|
|  | Uhlíkové s malou prokalitelností | Legované k zušlechťování s malou prokalitelností | Legované k zušlechťování s velkou prokalitelností | K cementování                  | K nitrídování | Antikorozní |
| Tvárnice a tvárníky forem Vložky nebo jádra tvárníc a tvárníků | C105U                            | 90MnCrV8   | X210Cr12  | 21MnCr5                        | 50CrMoV13-15  | X 210 Cr 12 |
|  | C45U                             | 95MnWCr5   | 50CrMoV13-15                                      | C10E                           | 34CrAl6       | X39Cr13     |
|  | C55E                             | 62SiMnCr4  | X153CrMoV12                                       | 16MnCr5                        | 41CrAlMo7-10  | X47Cr14     |
|  |                                  |  | 50NiCr13  | 20MnCr5                        | X210Cr12      |             |
|  |                                  |  | 57 NiCrMoV 7 7<br>X 3 NiCoMoTi 18 9 5             |                                | X153CrMoV12   |             |
| Vtokové vložky   |                                  | 90MnCrV8   | X153CrMoV12                                       | 21MnCr5                        | 34CrAl6       |             |
| Písty a komory lisů,   |                                  | 95MnWCr5   |   |                                | 41CrAlMo7-10  |             |
| Vyhazovače   | C105U                            | 90MnCrV8   |   |                                |               |             |
|  |                                  | 115CrV3  |   |                                |               |             |
|  |                                  | 62SiMnCr4  |   |                                |               |             |
|  |                                  | 45 WCrV 7  |   |                                |               |             |
| Vodící sloupky a pouzdra                                       | C45U                             | 90MnCrV8   |   | 16MnCr5                        |               |             |
|  | C105U                            | 95MnWCr5   |   | 21MnCr5                        |               |             |
| Desky rámců a objímky  | C45U                             | 50CrMoV13-15                                     |   | S235JRG1*                      |               |             |
|  |                                  | 56 NiCrMoV 7                                     |   | C55E*                          |               |             |
|  |                                  | 51CrV4   |   | S355J0*                        |               |             |
|  |                                  |  |   | E335                           |               |             |
| Dorazy   | C45U                             | 90MnCrV8   |   | C55E*                          |               |             |
|  |                                  | 50CrMoV13-15                                     |   |                                |               |             |
| Opěrné desky vložky  | C45                              |  |   |                                |               |             |
|  | C55E                             |  |   | C55E                           |               |             |
|  | C60E                             |  |   | C60E                           |               |             |
| Pružiny šroubové   | C85                              |  |   |                                |               |             |
| listové  | C85                              |  |   |                                |               |             |
|  | 70Mn4                            |  |   |                                |               |             |
| talířové   | C85                              |  |   |                                |               |             |
|  | 51CrV4                           |  |   |                                |               |             |

\*rámy a objímky se necementují

## Slitiny hliníku

Slitiny hliníku patří kromě ocelí k nejpoužívanějším kovovým konstrukčním materiálům. Formy ze slitin hliníku a některých dalších kovů mají své speciální použití. Nejznámější slitinou hliníku je dural (AlCu4Mg). Slitiny hliníku, pokud neobsahují měď, velmi dobře odolávají korozi v atmosféře a látkám kyselé povahy. Dobře se svařují v ochranné atmosféře, mají dobrou elektrickou a tepelnou vodivost, jsou vyráběny v širokém sortimentu hutních produktů a vratný odpad se poměrně snadno zpracovává. [10]

Nejsou tak pevné a odolné proti opotřebení jako oceli. Zato mají jiné dobré vlastnosti např. velkou tepelnou vodivost, korozivzdornost, které lze s výhodou u forem využít. [14]

Používají se např. na formy pro strukturní pěny. Zde je vyžadován intenzivní chladicí účinek, dobrá chemická odolnost proti korozi a ostatním činidlům, vznikajícím při vstřikování

plastů s nadouvadlem. Jejich vstřikovací tlaky jsou nižší (až 10x) a proto nevyžadují tak velkou pevnost.

Pro výrobu funkčních dílů forem se používá materiál 3.3547 (AlMg4,5Mn0,7), 3.4345 (AlZn5Mg3Cu), 3.2315 (AlSi1MgMn) atd. [14]

## 5 POVRCHOVÉ ÚPRAVY FOREM

### *Chromování*

V případě gumárenských forem je nejčastější povrchovou úpravou pochromování. Průmyslové chromování je velmi tvrdé (nejméně 800 jednotek dle Vickerse); vyznačuje se vynikající odolností proti oděru, korozi a zvýšeným teplotám. Má dobré separační vlastnosti a proto se technologie chromování používá zejména v těch případech, kdy kvalitní povrch lisovaného výrobku je velmi důležitý. Chrom vytváří na povrchu kovové formy oxid s jemnou povrchovou strukturou, jež jí činí odolnou korozi. Avšak vrstva tohoto oxidu je propustná pro kyselinu chlorovodíkovou a fluorovodíkovou a z tohoto důvodu pochromované formy nelze doporučit pro lisování například halogenovaných kaučuků. Kromě toho je na pochromovaném povrchu síť jemných trhlinek o hloubce asi 50 $\mu$ m. Pokud je vrstva chromu tenčí než uvedených 50 $\mu$ m, trhliny se mohou prohloubit až k základnímu (povrchově neupravenému) kovu. Kov začne korodovat a vrstva chromu se začne postupně odlupovat. [5]

### *Niklování*

Poniklování (včetně neelektrolytického) je z hlediska odolnosti proti kyselinám a kvality povrchu vrstvy niklu lepší než chromování. Proto se poniklování často používá k vytvoření podkladu pro chromování a tím i zvýšení odolnosti formy proti korozi. Samotné niklování (bez následného chromování) nelze použít vzhledem k špatným separačním vlastnostem niklu v kontaktu s pryží. Kromě toho se poniklování obnovuje jen velmi obtížně. [5]

### *Teflon*

V poslední době se k povrchové úpravě kovových forem začal používat teflon (polytetrafluoretylén). Teflonové částice se smíchají s neelektrolytickým "pokovovacím" roztokem a na povrchu kovu se vytvoří vrstva obsahující teflon. [5]

### *Pozlacování*

Z hlediska separační účinnosti, odolnosti proti znečišťování zbytky kaučukové směsi a odolnosti proti korozi je zdaleka nejlepší pozlacování. V praxi se však často nepoužívá. [5]

### *Laser*

K moderním metodám úpravy povrchu kovu patří aplikace laseru. Po mechanickém opracování (například broušením) se pomocí laserových paprsků zahřeje tenká povrchová vrst-

va kovu na vysokou teplotu, při které se povrch kovu nataví a vytvoří dokonale kompaktní vrstvu. Tímto způsobem lze vyrobit formy odolné vůči znečištění i vůči korozi. [10]

## 6 SHRNU TÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

V teoretické části byla popsána problematika znečišťování vulkanizačních forem a její příčiny. Tato část se také zabývala složením kaučukové směsi a jednotlivých přísad, které ovlivňují její vlastnosti a které také ovlivňují zanášení forem. Dále byly zde popsány některé metody čištění forem, jako je tryskání suchým ledem, tryskání dalšími abrazivy, chemické čištění a byly představeny i novější metody čištění forem. Byly popsány i materiály, které se používají pro výrobu vulkanizačních forem.



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 7 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Pro tuto diplomovou práci byly stanoveny tyto následující cíle:

- Provést analýzu dvou typů výrobků, s cílem porovnat jednotlivá spektra gumárenských směsí, výrobků a vulkanizačních zbytků
- Zjistit praktické zkušenosti používaných separačních činidel
- Otestovat několik způsobů čištění forem
- Provést ekonomické a technologické zhodnocení způsobů čištění forem

## 8 ANALÝZA VULKANIZAČNÍCH ZBYTKŮ

### 8.1 Spektroskopie

Infračervená spektroskopie je analytická metoda, která se používá především pro identifikaci a strukturní charakterizaci organických sloučenin a také pro stanovení anorganických látek. Tato metoda měří pohlcení infračerveného záření o různé vlnové délce analyzovaným materiálem. Při měření vzorků, které silně absorbují infračervené záření (vodné roztoky, emulze) je výhodná technika zeslabené totální reflektance (ATR-Attenuated Total Reflectance) nazývaná též jako technika vícenásobného zeslabeného vnitřního odrazu. Technika je založena na principu násobného úplného odrazu záření na fázovém rozhraní měřeného vzorku a měřicího krystalu z materiálu o vysokém indexu lomu. Svazek paprsků je přiveden do krystalu soustavou zrcadel tak, aby úhel dopadu na fázové rozhraní vyhověl podmínce totálního odrazu. Měřený vzorek je v dokonalém kontaktu s ATR krystalem a záření proniká částečně do analyzovaného materiálu. Pokud měřený vzorek absorbuje záření o určité frekvenci, pak tato složka bude v totálně odraženém světle zeslabena. Penetrační hloubka do povrchu vzorku je řádově v jednotkách mm, tzn., že charakterizujeme pouze velmi tenké povrchové vrstvy, avšak vzhledem k násobnému odrazu na fázovém rozhraní získáme velmi kvalitní spektrum. [15]

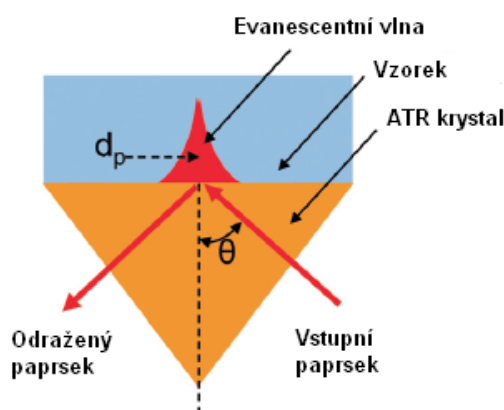
Tab. 7 Přehled některých krystalů a jejich parametry použití [17]

| Optický materiál      | Použitelná oblast (cm <sup>-1</sup> ) | Index lomu |
|-----------------------|---------------------------------------|------------|
| ZnSe                  | 20 000 – 650                          | 2,4        |
| AMTIR (As/Se/Ge sklo) | 11 000 – 750                          | 2,5        |
| Ge                    | 5 500 – 870                           | 4,0        |
| Si                    | 8 300 – 1 500 a 360 – 70              | 3,4        |
| diamant               | 4 500 – 2 500 a 1 667 – 650           | 2,4        |

#### Faktory ovlivňující ATR analýzu

- Vlnová délka záření - pro každou vlnovou délku je penetrační hloubka jiná, pro kratší vlnové délky je nižší
- Indexy lomu měřeného vzorku a ATR krystalu (materiál krystalu) - index lomu ovlivňuje penetrační hloubku, zvyšování indexu lomu krystalu snižuje penetrační hloubku

- Úhel dopadu záření na fázové rozhraní - s rostoucím úhlem dopadu záření na fázové rozhraní se snižuje hloubka penetrace
- Kontakt mezi krystalem a vzorkem
- Geometrie krystalu
- Doporučuje se vždy pokrýt vzorkem celou plochu krystalu [17]



Obr. 17 ATR metoda [17]

## 8.2 Analyzované vzorky

Pro analýzu byly vybrány dva typy výrobků ze dvou gumárenských směsí. Analyzovaly se vulkanizační zbytky, gumárenské směsi a samotné z vulkanizované výrobky.

- První vzorek byl z gumárenské směsi EPDM 60ShA interního označení EP6003RA, která se používá na výrobu těsnících krytek (Obr. 18). Materiálový list je v příloze PII. Materiál dutiny formy byl 1.2312.



Obr. 18 Těsnící krytka ze směsi EP6003RA

- Druhý vzorek byl z gumárenské směsi interního označení NSE6503TA, která se používá na výrobu koberců (Obr. 19). Skladba této směsi je uvedena v tabulce (Tab. 8). Materiálový list je v příloze PIII. Materiál dutiny formy byl 1.0553.



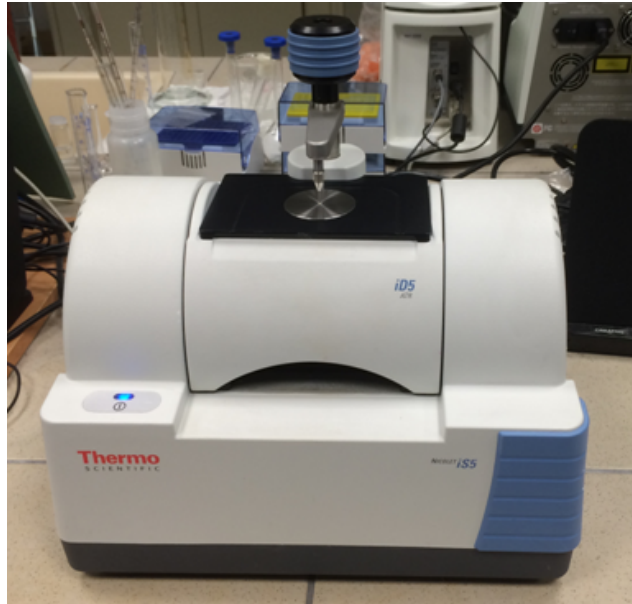
Obr. 19 Pryžové koberce ze směsi NSE6503TA

Tab. 8 Skladba směsi NSE 6503TA

| Komponenty (ekvivalenty)           | Druh přísady         |
|------------------------------------|----------------------|
| EPDM (Royalene 525, Vistalon 8700) | kaučuky              |
| SBR 1502 (KER 1502, Kralex 1502)   |                      |
| BR (Buna cis 132, BR 1220)         |                      |
| NR (SIR 10,SMR 10)                 |                      |
| Olej Mogul Soft 100 S              | změkčovaadlo         |
| Saze N339                          | plniva               |
| Saze N 550                         |                      |
| Vápenec VJM C 11                   |                      |
| Kaolin KK                          |                      |
| Mikrosohl 40 (uhličitan vápenatý)  |                      |
| Silox HR 30 (ZnO-stř.pečeť X 0,65) |                      |
| Stearin (Typ SA 18 A)              | změkčovaadlo         |
| Síra                               | vulkanizační činidlo |
| CBS                                | urychlovač           |
| Rhenocure ZBOP/S                   |                      |

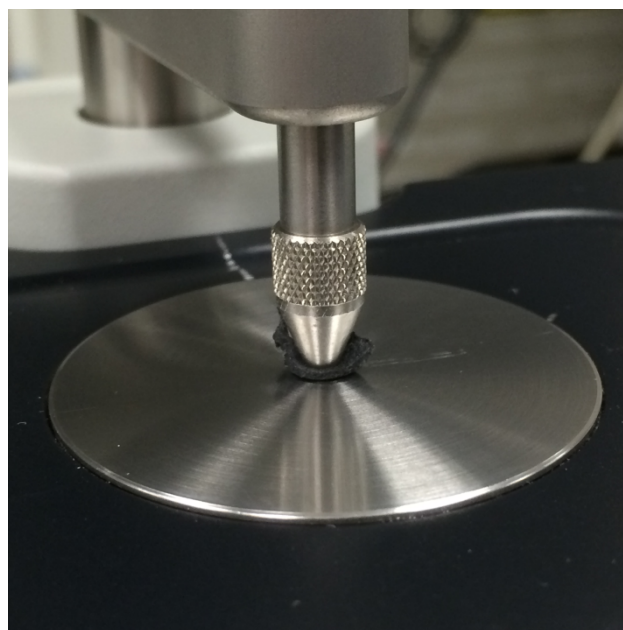
### 8.3 Postup měření

Vzorky byly analyzovány metodou ATR na FTIR spektrometru značky Thermo Scientific.



*Obr. 20 FTIR spektrometr*

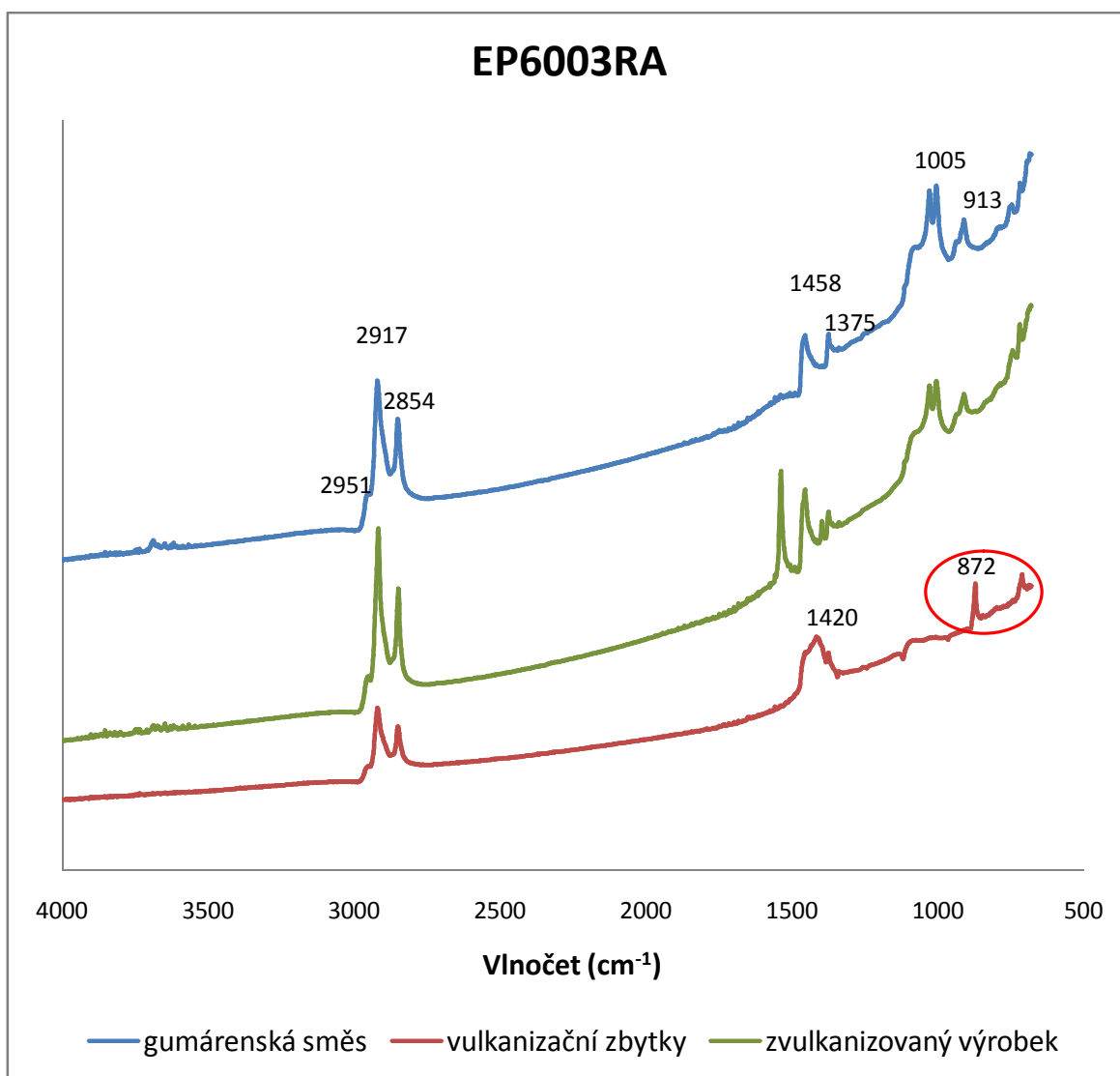
V první řadě se naměřilo pozadí okolní atmosféry, které se pak z naměřených hodnot odečetlo. Tím získáme spektrální analýzu daného vzorku. Vzorek musí zakrýt dostatečně krystal a musí být vyvozen dostatečný přítlak a tím zajištěn kontakt testovaného materiálu s krystalem. U této analýzy byl použit germaniový (Ge) krystal. Na Obr. 21 je vidět analyzovaný vzorek s přítlačným zařízením, kde germaniový krystal se nachází pod vzorkem.



*Obr. 21 Germaniový (Ge) krystal*

## 8.4 Výsledky analýzy

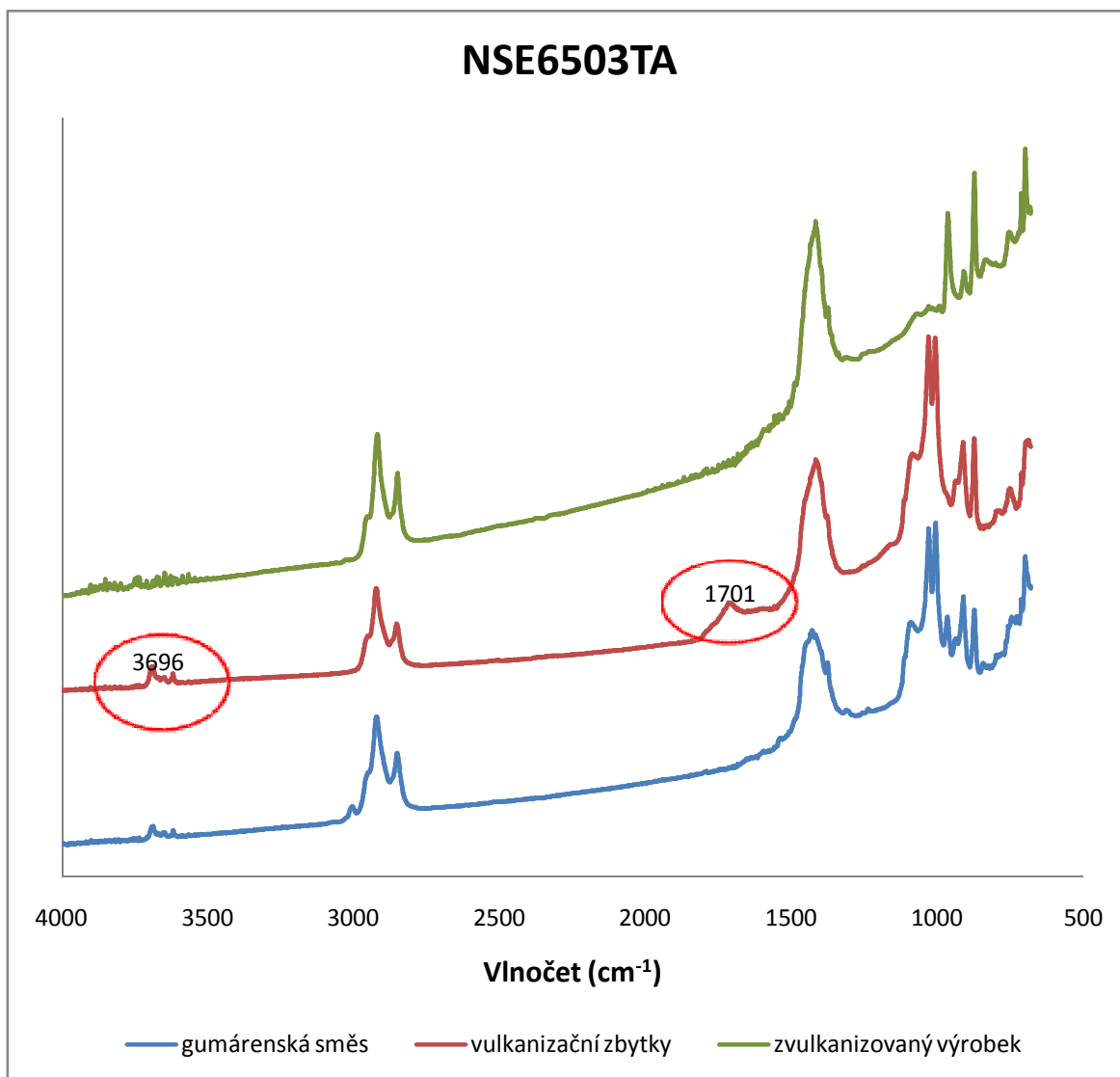
Identifikace naměřených spekter byla prováděna pomocí programu OMNIC Spectra, který umožňuje rychlou identifikaci spektra pomocí velmi rozsáhlé databáze vysoce rozlišených infračervených spekter. Výsledkem je pak seznam jednotlivých složek. Na Obr. 22 můžeme vidět porovnání spektra prvního vzorku gumárenské směsi EP6003RA, její vulkanizačních zbytků a zvulkanizovaného výrobku.



Obr. 22 Porovnání výsledků analýz ze směsi EP6003RA

V těchto spektrech vlnčty pásů souhlasí s EPDM spektrem z databáze, kromě  $872 \text{ cm}^{-1}$  u vulkanizačních zbytků, kde je pravděpodobně vibrace ENB (ethylidennorbornen), konkrétně v oblasti vibrací deformačních, nacházející se ve vinylidenech. Deformační oblast se vyskytuje v rozmezí  $1500\text{-}500 \text{ cm}^{-1}$ . V oblasti  $3300\text{-}2700 \text{ cm}^{-1}$  nalezneme signály C-H vazeb.

U této analýzy druhého vzorku směsi NSE6503TA, kterou lze vidět na Obr. 23, byly pásy podobné jako u předchozí EPDM směsi. Jedině u vulkanizačních zbytků se projevil náznak degradace v páse 1701  $\text{cm}^{-1}$  (vznik karbonylových skupin) a v páse 3696  $\text{cm}^{-1}$  (vznik hydroxylových skupin).



Obr. 23 Porovnání výsledků analýz ze směsi NSE6503TA

Při porovnání jednotlivých spekter u obou typů výrobků nebylo možné získat informaci, která látka se tam tvoří nebo která způsobuje ulpívání vulkanizačních zbytků na formě. Je to z důvodu, že samotná směs se skládá z mnoha látek (viz. Tab. 8) a pásy, které se projeví, mohou být obsaženy v jakémkoliv z těchto látek.

Bohužel se tedy ukázalo, že FTIR analýza není vhodná pro zkoumání kaučukových směsí, jelikož nelze přesně určit, která složka v nich vzniká či zaniká.



## 9 ČIŠTĚNÍ FOREM

### 9.1 Čištění suchým ledem a ocelovými kuličkami

Na základě praktických zkušeností firmy Continental Barum, s.r.o., která používá na čištění vulkanizačních forem pro pneumatiky tryskání suchým ledem a tryskání ocelovými kuličkami, preferuje tryskání suchým ledem. Jelikož tato technologie neopotřebovává, tak samotnou dutinu formy.

Na následujícím obrázku (Obr. 24) je zobrazena příprava formy na čištění tryskáním pomocí suchého ledu.



*Obr. 24 Příprava formy pro čištění suchým ledem*

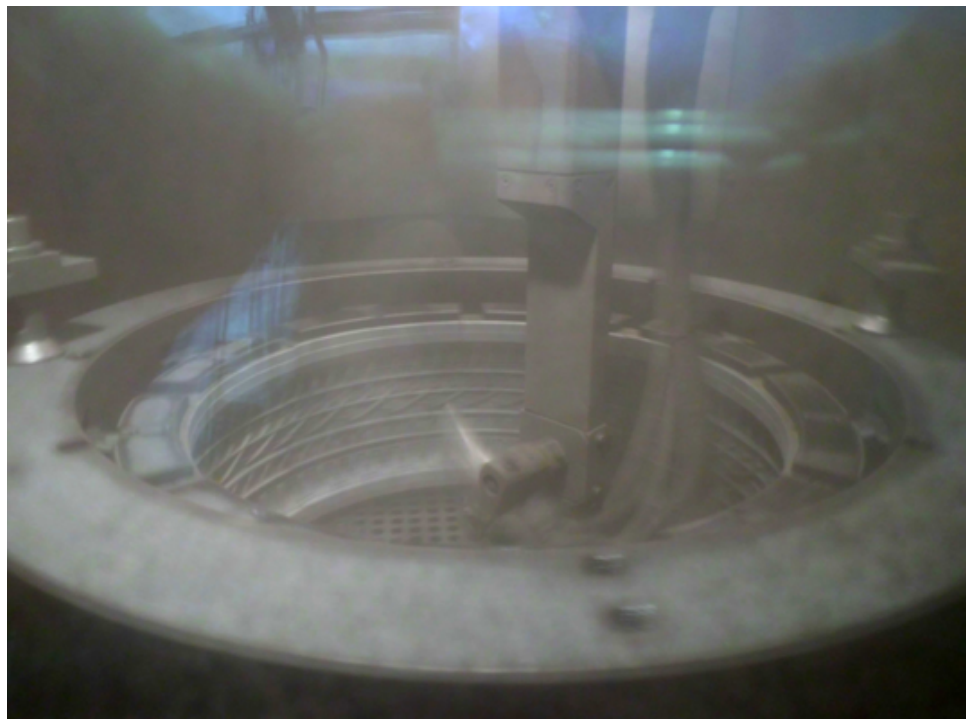
V prvé řadě se musí forma demontovat ze stroje a přepravit do samostatné haly, kde se provádí čištění na tryskacích strojích. Forma se dále připraví na čištění a to tak, že se rozebere na jednotlivé části, které se pak vkládají do tryskacího stroje. Tato příprava je dosti časově náročná a vyžaduje značnou zručnost pracovníka. Formy se po demontáži ze stroje nemusí před vložením do tryskacího zařízení chladit. Naopak pokud je forma teplá, účinnost čištění je větší. Vzhledem k časové náročnosti demontáže a přípravy na čištění nelze zajistit, aby byla forma vždy vložena do tryskacího zařízení ještě teplá.

Vedle stroje je připojena tryskáč jednotka CRYONOMIC řady COB (Obr. 25).

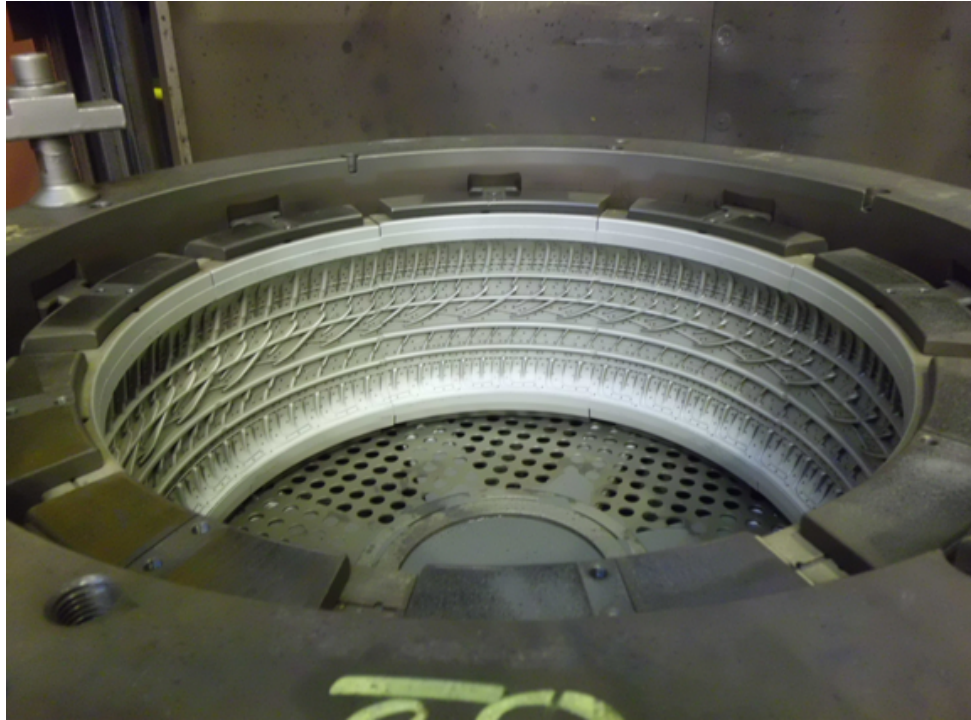


*Obr. 25 Tryskací jednotka CRYONOMIC řady COB*

Samotné čištění suchým ledem není tak časově náročné jako příprava. Forma se v tryskacím zařízení čistí kolem 20 minut. Na Obr. 26 je zobrazen pohled do prostoru tryskacího zařízení přes bezpečnostní sklo.

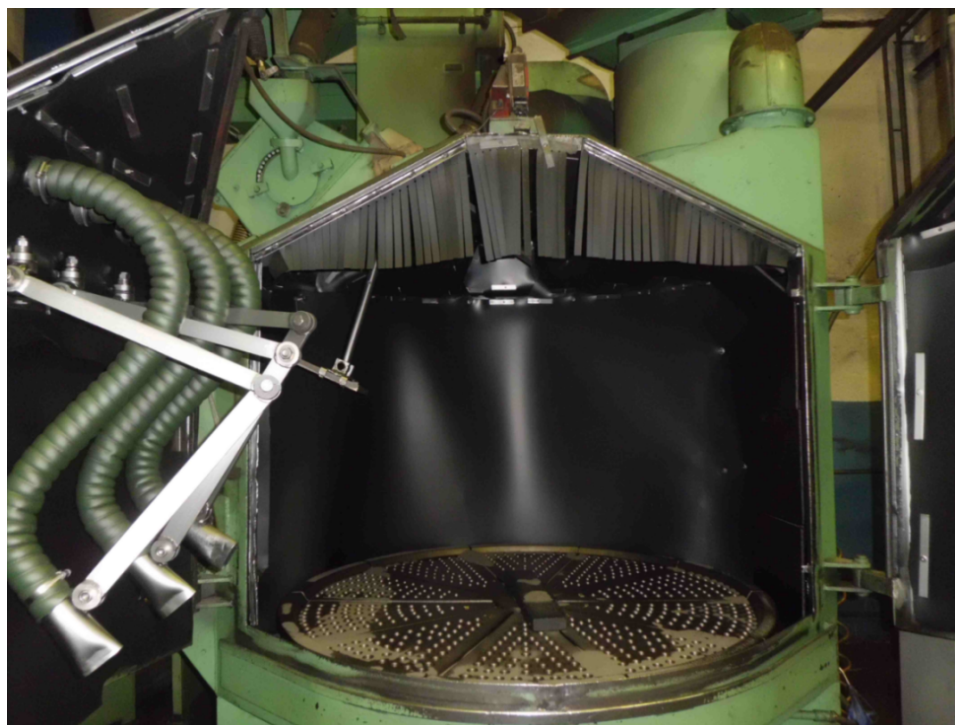


*Obr. 26 Pohled na průběh čištění přes bezpečnostní sklo*



*Obr. 27 Vyčištěná forma suchým ledem*

Pokud je forma značně zašpiněná a tryskání suchým ledem není příliš účinné, pak se zvolí technologie tryskání ocelovými kuličkami. Na Obr. 28 lze vidět tryskací zařízení pro čištění ocelovými kuličkami. Ocelové kuličky se dále filtruje v odlučovači, tudíž jejich spotřeba je velice malá.



*Obr. 28 Tryskací zařízení za použití ocelových kuliček*



*Obr. 29 Znečištěná forma*

Nejvíce se znečišťuje forma v oblasti patky, kde se špatně čistí (Obr. 29, 30). Při použití některých materiálů je nutné formu rozebrat a vyčistit již po 200 cyklech, kde tato perioda může být např. každý druhý den. Z toho plynou vysoké ekonomické náklady. Větší výskyt znečišťování forem se také vyskytují zejména, použijí-li nějaké náhradní materiály, tedy levnější, místo již odzkoušených materiálů.



*Obr. 30 Detail znečištěné formy*

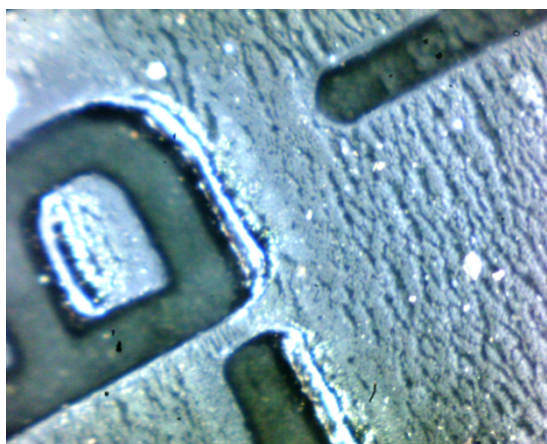
Pro detailnější snímky byl použit přenosný mikroskop ProScope od firmy Bodelin Technologies, který má velkou rozlišovací schopnost. Má možnost zvětšení až 400x (Obr. 31). Na Obr. 32, 33 lze vidět detailní snímek znečištěné formy z přenosného mikroskopu.



*Obr. 31 Přenosný mikroskop*



*Obr. 32 Detail znečištěné formy*



*Obr. 33 Detail znečištěné formy*

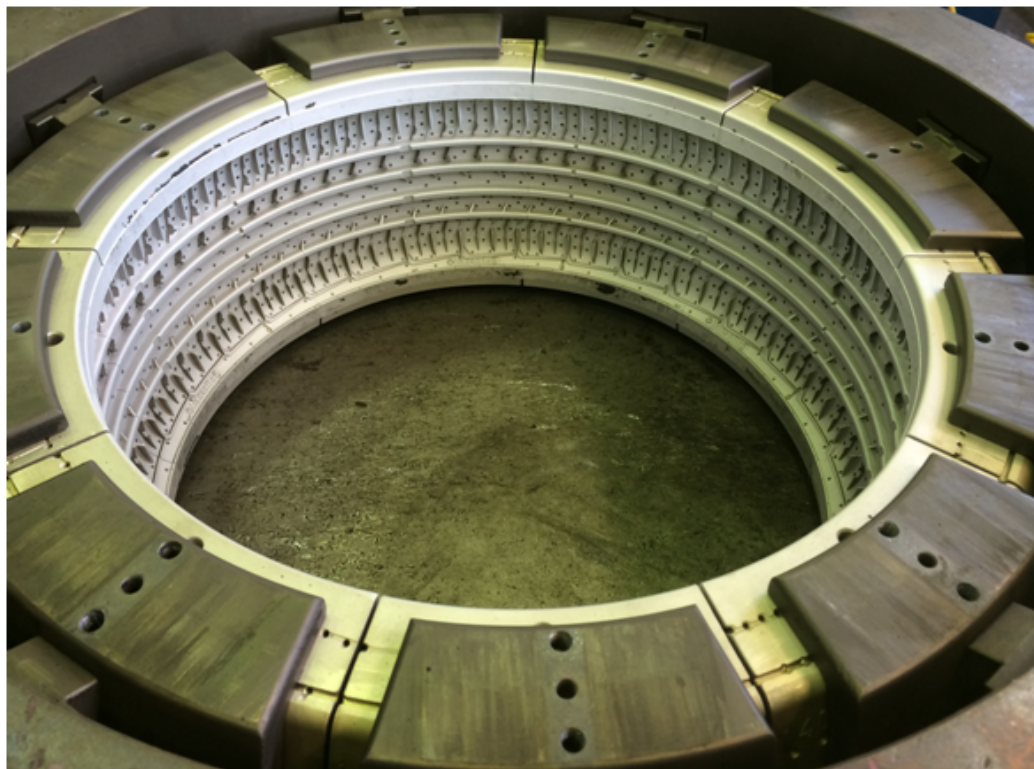


*Obr. 34 Znečištěná forma*

I zde jsou zobrazeny záhyby, které se špatně čistí pomocí tryskáním suchým ledem (Obr. 34, 35). U této formy se již musí přistoupit k čištění pomocí ocelových kuliček.



*Obr. 35 Detail znečištěné formy*



*Obr. 36 Vyčištěná forma*

Na Obr. 37 je vyčištěná forma, kde lze však vidět špatně vyčištěná místa v záhybech. Zde se musí přistoupit k jinému způsobu čištění, kde bude účinnost vyšší.

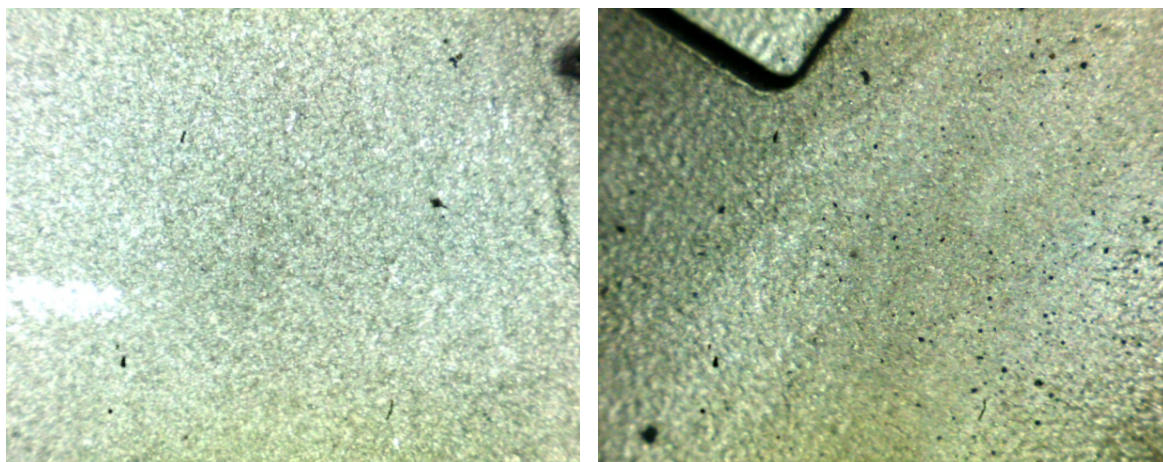


*Obr. 37 Vyčištěná forma*



*Obr. 38 Detail vyčištěné formy*

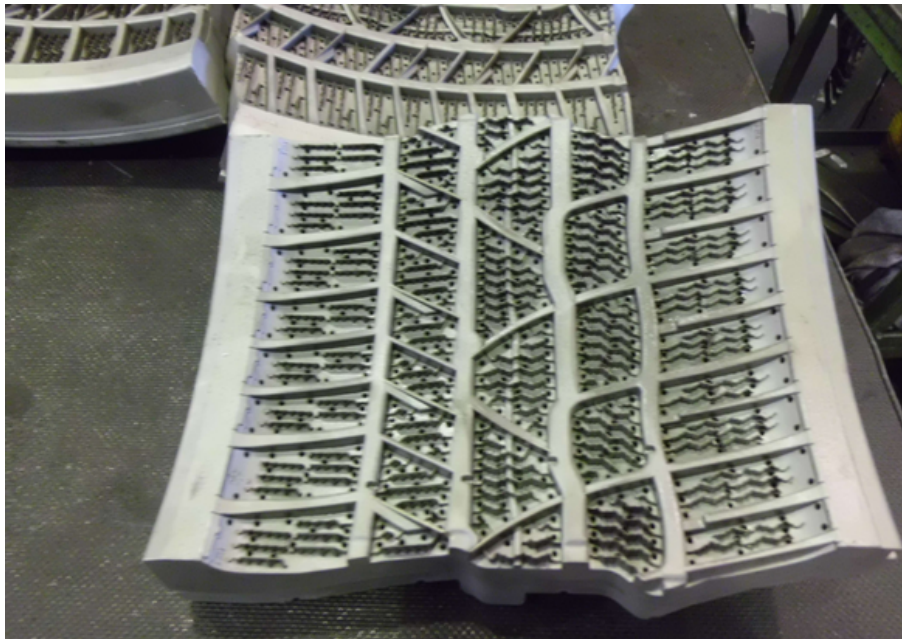
Na detailním záznamu z mikroskopu lze vidět, že na povrchu formy ještě zůstávají nějaké zbytky znečištění. Avšak tyto zbytky jsou již zanedbatelné a na kvalitu výrobku to nemá vliv (Obr. 39).



*Obr. 39 Detailní záznam z mikroskopu*



Po vyčištění formy se forma dále rozloží na jednotlivé segmenty (Obr. 40), které se pak přepraví na ruční pracoviště. Tam se provede ruční čištění špatně přístupných míst.



*Obr. 40 Segment vulkanizační formy*

Po čištění tryskáním je ruční čištění odvzdušňovacích ventilů časově nejnáročnější. Ruční čištění se provádí pomocí rotačních ocelových kartáčů, ručních škrabek nebo pistole s tlakovým vzduchem a také se používá ultrazvukový přístroj pro čištění ventilů (Obr. 41).



*Obr. 41 Ruční čištění segmentu*



*Obr. 42 Hotový výrobek - pneumatika*

Ve firmě prováděli zkoušky i s méně abrazivním materiálem, ale nepřinesly očekávané výsledky. Kvalita čištěného povrchu byla špatná, čištění bylo více časově náročné nebo docházelo k ucpávání odvodu vzduchu. Hlavně při použití plastového média (plastové kuličky), což mělo za následek další náklady a čas.

Bylo vyzkoušeno i čištění pomocí laseru, kvalita čištění byla sice dobrá, ale časově výrazně delší než ostatní běžně používané způsoby (zhruba o 60 minut delší).

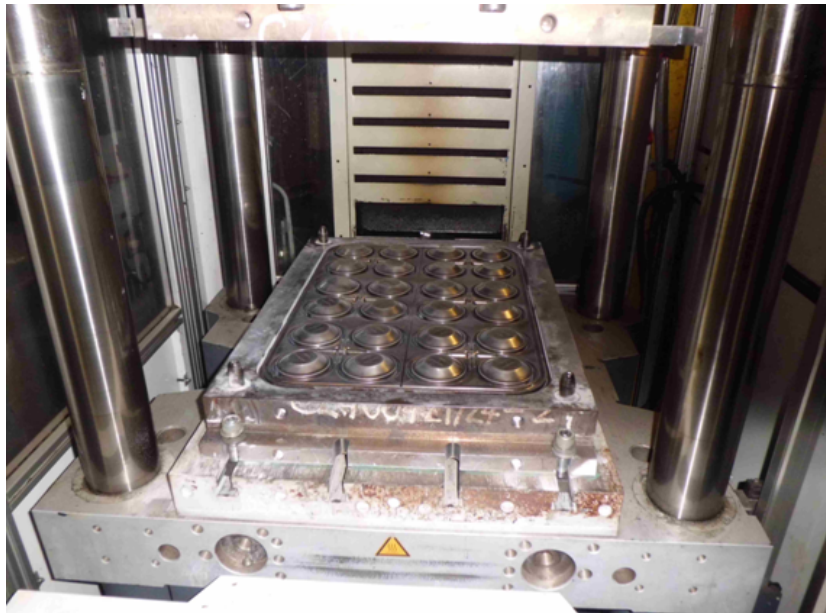
Proběhly i zkoušky s chemickým čištěním, kde použili přípravek Pirelli, avšak samotné čištění trvá 2 hodiny a více. Tato metoda nebyla příliš ekologická a byla nutná občasná výměna a likvidace chemické náplně.

Znečišťování forem a následné jejich čištění má ve firmě za následek vysokých nákladů s tím spojených např. drahé tryskací zařízení, energetická náročnost, špatná manipulace, časová náročnost, proškolení a řádně zaučení pracovníci, skladovací prostory apod.

Hlavní prioritou firmy Continental Barum je kvalita, což v dnešní době v automobilovém průmyslu je nejdůležitější.

## 9.2 Čištění plastovými kuličkami

V této kapitole je podrobně ukázán praktický postup čištění formy metodou tryskáním ve firmě United Polymers, s.r.o., za pomoci tryskacího média, v tomto případě pomocí plastových kuliček. Pro ukázkou byla vybrána 24 násobná-otisková vulkanizační forma, na výrobu těsnících krytek do světlometů. U této formy se čistí spodní i horní deska (Obr. 43, 44).



*Obr. 43 Spodní deska formy na těsnící krytky*



*Obr. 44 Horní deska formy na těsnící krytky*

Forma byla demontována ze vstřikovacího stroje DESMA (Obr. 45) a přepravena do tryskacího zařízení. Demontáž a montáž formy je velice časově náročná. Má tu i dost značný vliv zkušenost a zručnost samotného manipulanta (Obr. 46).



*Obr. 45 Demontáž formy ze stroje*



*Obr. 46 Přeprava formy do tryskacího zařízení*

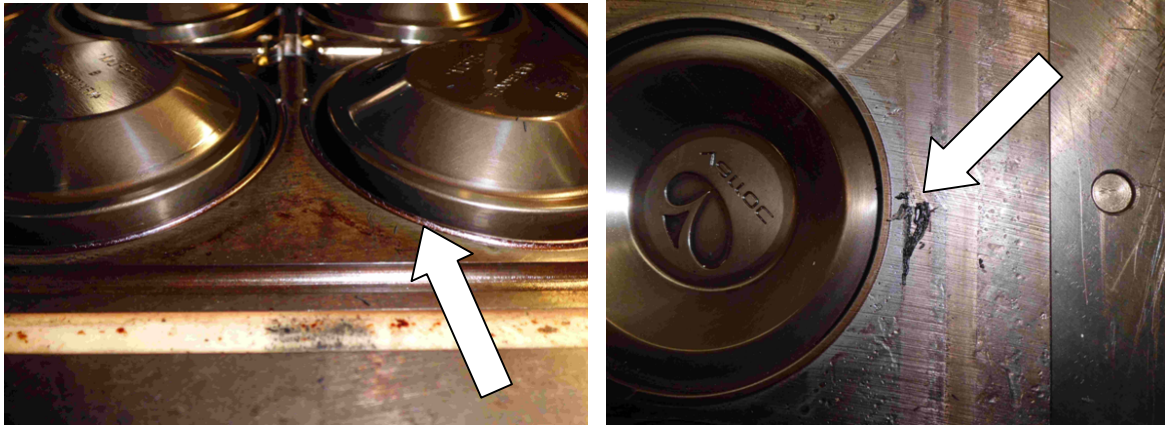
Forma se čistí zhruba po vyrobení 50.000 kusů. Níže na Obr. 48, 49 je zobrazeno znečištění formy, které má vliv na kvalitu výrobků. Toto znečištění může způsobovat různé vady výrobků, jako je např. napáleniny, deformace apod. Na Obr. 47 je ukázka napáleniny.



*Obr. 47 Ukázka napáleniny na pryžovém výrobku*



*Obr. 48 Znečištěná forma*



*Obr. 49 Detaily znečištěné formy*

Znečištěná forma byla přepravena a umístěna do tryskacího zařízení (Obr. 50). Také zde se musí dodržovat bezpečnostní pravidla.



*Obr. 50 Tryskací zařízení*

Před samotným čištěním proběhlo ruční čištění pomocí přípravku POLYMER REMOVER a hrubého filcu (Obr. 51). Tento přípravek vystačí na vyčištění dvou forem, záleží na velikosti znečištění. Materiálový list čistícího přípravku je přiložen v příloze PIV.



*Obr. 51 Příprava na ruční čištění*

Přípravek byl nanesen na znečištěnou formu, který za určitou dobu působení rozpustil nečistoty. Dodatečně se jednotlivá místa očistila filcem. Doba působení je v řádech několika minut.

Na obrázku Obr. 52,53 lze vidět rozpuštěné nečistoty po aplikaci čistícího prostředku.



*Obr. 52 Forma po aplikaci čistícího přípravku*



*Obr. 53 Detail formy po aplikaci čistícího přípravku*

Po ručním čištění bylo provedeno samotné čištění v tryskacím zařízení pomocí plastových kuliček Maxi-Clean MC-2+ (Obr. 54). Jedná se o plastová média pro čištění tryskáním v kabinách. Vyrábí se v různých velikostech a tvrdostí. Toto médium, které bylo použito má velikost od 0,84-0,58mm a tvrdost podle Mohsovy stupnice MC-4.



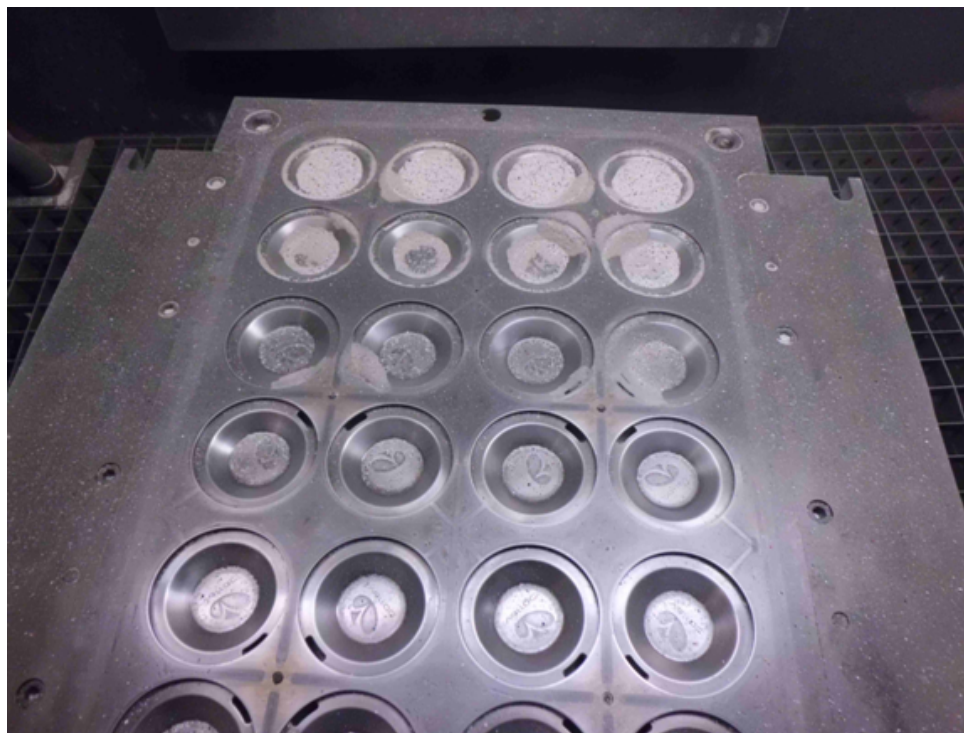
*Obr. 54 Plastové kuličky*





*Obr. 55 Čištěná forma na krytku - spodní deska*

Po čištění metodou tryskáním se forma důkladně ofouká stlačeným vzduchem od zbytků plastových kuliček a jejich prachu, aby případné zbytky kuliček nezůstávaly ve výrobku a tím je nezneškodily.



*Obr. 56 Čištěná forma na krytky - horní deska*



*Obr. 57 Vyčištěná forma na krytky – spodní deska*

Na Obr. 57, 58 lze vidět výsledek čištění způsobem tryskání plastovými kuličkami u spodní desky a její detail.



*Obr. 58 Detail spodní vyčištěné desky*

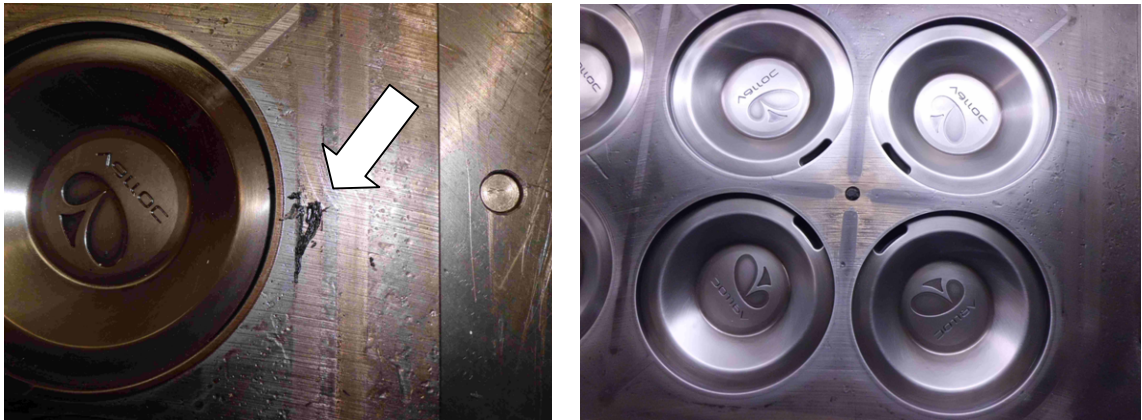


*Obr. 59 Vyčištěná forma – horní deska*

Na tuto formu pro krytky nelze použít jiné tryskací médium, jako jsou např. ocelové kuličky. Jelikož by došlo k poškození povrchu formy a tím k znehodnocení výrobku. Na tento výrobek (krytky) je kladen důrazný požadavek na lesklost povrchu, která se dále měří na leskoměru.



*Obr. 60 Detail horní vyčištěné formy*



*Obr. 61 Porovnání formy před a po čištění – horní deska*



*Obr. 62 Porovnání formy před a po vyčištění – spodní deska*

Na Obr. 61,62 lze vidět porovnání povrchu formy před čištěním a po čištění plastovými kuličkami. Výsledek u horní formy je daleko viditelnější než u spodní desky. Jedna z možných příčin je, že výlisky se vyjímají ze spodní části formy, kde po otevření formy zůstávají ulpělé.

Ve firmě byly odzkoušeny i jiné způsoby čištění, přesněji pomocí suchého ledu přímo ve stroji, ale tento způsob nebyl tak účinný jako pomocí plastových kuliček. Nicméně firma se snaží nalézt nový způsob čištění, který by byl účinný, rychlý a levný.

## 10 SEPARAČNÍ ČINIDLA

Pro snadnější vyjímání vylisků z formy se někdy používají separační činidla tzv. “separátory“. Na Obr. 63 jsou zobrazeny separátory, které ve firmě United Polymers, s.r.o. používají.



Obr. 63 Používané separátory

Separátory používají hlavně pro snadnější vyjímání dílů z formy a také z důvodu lepivosti směsi s povrchem formy. Nejvíce se používá u výroby kobereců, které byly analyzovány na spektrometru. Tento materiál, který se používá pro výrobu kobereců, je směs několika kaučuků a vzhledem k použití hotového výrobku a požadovaných minimálních nákladů za materiál, je tato směs dosti tzv. vykradena. Tomu odpovídá také kvalita. Proto také tato směs velice znečišťuje formy a ke snížení lepivosti se aplikují právě separátory v intervalu každý 15 až 20 cyklus. Na výrobu kobereců se používá separátor Rhenodiv MR-60, který se aplikuje na formu pomocí rozprašovače. Po 1000 cyklech se již musí forma vyčistit v tryskacím zařízení.

U těsnících krytek, u kterých byl ukázán postup čištění plastovými kuličkami, se separátory nikdy nepoužívají. Je to jeden z požadavků zákazníka, z důvodu, aby se předešlo případným znehodnocením krytek. Jelikož některé separátory nechávají na výrobcích mapy nebo jiného stopy.

Ve firmě se také používají separátory u peroxidických směsí a silikonu, které značně zanášejí povrch dutiny formy.

Nelze přesně říci, u kterých výrobků bude třeba použít separátor a u kterých ne. Záleží hlavně na skladbě směsi, tvaru výrobku, povrch dutiny formy apod. Až v samotném procesu se rozhodne, zda je zapotřebí použít separátor či nikoliv.

## 11 VYHODNOCENÍ ZPŮSOBŮ ČIŠTĚNÍ

### 11.1 Ekonomické zhodnocení

Pro ekonomické zhodnocení byla použita následující data, která byla poskytnuta z firmy Continental Barum, s.r.o. a United Polymers, s.r.o.

#### *Čištění suchým ledem:*

- Spotřeba suchého ledu na vyčištění jedné formy je 21,5 kg
- Cena suchého ledu je 9,7 Kč/kg
- Průměrná doba samotného čištění je 20 minut
- Průměrná doba demontáže, montáže a čištění odvodušnění je 90 minut
- Náklady na provoz tryskacího stroje jsou 882 Kč/hod
- Předpokládané mzdové náklady jsou 170 Kč/hod

#### *Čištění ocelovými kuličkami:*

- Spotřeba ocelových kuliček na vyčištění jedné formy je 0,1 kg
- Cena písku je 62 Kč/kg
- Průměrná doba samotného čištění je 20 minut
- Průměrná doba demontáže, montáže a čištění odvodušnění je 110 minut
- Náklady na provoz tryskacího stroje jsou 102 Kč/hod
- Předpokládané mzdové náklady jsou 170 Kč/hod

#### *Čištění plastovými kuličkami:*

- Spotřeba plastových kuliček na vyčištění jedné formy je 0,77 kg
- Cena plastových kuliček je 124 Kč/kg
- Průměrná doba samotného čištění je 60 minut
- Průměrná doba demontáže, montáže a ručního čištění je 120 minut
- Náklady na provoz tryskacího stroje jsou 140 Kč/hod
- Předpokládané mzdové náklady jsou 170 Kč/hod
- Čistící přípravek POLYMER REMOVER 117 Kč/ks

Mzdové náklady byly u všech třech způsobů stanoveny stejnou částkou, pro jejich lepší zhodnocení. Náklady u čistícího přípravku byly spočítány na základě sdělené informace, že jedna nádoba vystačí na vyčištění dvou forem. Tento přípravek se používá pouze u plastových kuliček.

**Výpočty (obecně):**

*Tryskací médium* = spotřeba na jednu formu (kg) x cena tryskacího média (Kč/kg)

*Náklady na stroj* = čas samotného čištění (hod) x náklady na čistící stroj (Kč/hod)

*Mzdové náklady* = čas demontáže, montáže a ručního čištění (hod) x 170(Kč/hod)

*Čistící přípravek* = cena přípravku (Kč) ÷ 2 formy

V následující tabulce (Tab. 9) jsou porovnány a spočítány celkové náklady na jednotlivé způsoby čištění na jednu formu.

Tab. 9 Porovnání celkových nákladů na jednotlivé způsoby čištění

| ČIŠTĚNÍ SUCHÝM LEDEM  |                  | ČIŠTĚNÍ OCELOVÝMI KULIČKAMI |                  | ČIŠTĚNÍ PLASTOVÝMI KULIČKAMI |                  |
|-----------------------|------------------|-----------------------------|------------------|------------------------------|------------------|
|                       | Cena Kč/formu    |                             | Cena Kč/formu    |                              | Cena Kč/formu    |
| Suchý led             | 208,55 Kč        | Ocelové kuličky             | 6,2 Kč           | Plastové kuličky             | 95,48 Kč         |
| Náklady na stroj      | 274 Kč           | Náklady na stroj            | 34 Kč            | Náklady na stroj             | 140 Kč           |
| Mzdové náklady        | 312 Kč           | Mzdové náklady              | 368,33 Kč        | Mzdové náklady               | 510 Kč           |
|                       |                  |                             |                  | Čistící přípravek            | 58,5 Kč          |
| <b>Celkem náklady</b> | <b>794,55 Kč</b> | <b>Celkem náklady</b>       | <b>408,53 Kč</b> | <b>Celkem náklady</b>        | <b>803,98 Kč</b> |

Z tabulky lze vyčíst, že nejlevnější způsob je čištění tryskání ocelovými kuličkami. Nevýhoda tohoto způsobu čištění je, že je velice abrazivní a může formu značně poškodit. Opravy poškozených forem, vlivem čištění pískem, jsou velice nákladné a v některých případech nelze formu již opravit.

Způsoby čištění suchým ledem a plastovými kuličkami jsou sice nákladnější, ale jsou šetrnější k povrchu dutiny formy. Účinnost čištění je oproti čištění ocelovými kuličkami velmi nízká.

Proto při výběru způsobu čištění si musíme určit, co od čištění očekáváme. Zda kvalitu, úsporu času nebo nízké náklady.



## 11.2 Technologické zhodnocení

Způsob čištění suchým ledem je šetrný k povrchu formy, ale v případě značného znečištění již není zcela účinný. Jeho časová náročnost na samotné čištění není příliš velká. Ale vyžaduje demontáž formy, která již časově náročná je. Tento způsob také vyžaduje řádně proškolených pracovníků a dodržování bezpečnostních pokynů.

Čištění pískem ocelovými kuličkami je oproti čištění suchým ledem nebo plastovými kuličkami daleko účinnější, avšak jak již bylo zmíněno, je velice abrazivní vůči povrchu formy. Přestože je tento způsob nejlevnější, tak i přesto se může velice prodražit. Jelikož může natolik znehodnotit povrch formy, že již není možné formu opravit. Časová náročnost je stejná jako u čištění suchým ledem.

Čištění plastovými kuličkami je také šetrný k povrchu formy, ale není tak účinný jak u čištění ocelovými kuličkami. Záleží i na použití velikosti plastových kuliček. U forem, které obsahují nějaké malé záhyby, otvory apod., kde by mohly zůstat tyto kuličky, není vhodné tyto tryskací média použít. Nevýhoda tohoto způsobu čištění je jeho časová náročnost, která je daleko vyšší než u předchozích způsobů.

## ZÁVĚR

V této práci se provedla analýza ze dvou druhů výrobků na spektrometru a byla porovnána jednotlivá spektra gumárenských směsí, vulkanizačních zbytků a samotného výrobků. Při porovnání si byla spektra velice podobná a nebyla zjištěna žádná látka, která by mohla mít vliv na znečišťování forem. Je to z důvodu, že samotná směs se skládá z mnoha látek a pásy, které se projeví, můžou být obsaženy v jakékoliv z nich. Tudíž nelze přesně určit, jaká složka vzniká či zaniká.

Byly představeny tři způsoby čištění vulkanizačních forem a to tryskání pomocí ocelových kuliček, tryskání suchým ledem a tryskání pomocí plastových kuliček. Byl ukázán jejich průběh čištění v tryskacích strojích a další případné ruční čištění. Byly také ukázány snímky povrchu formy přenosným mikroskopem před a po vyčištění.

Po ekonomickém zhodnocení těchto tří způsobů čištění, bylo patrné, že neekonomičtější způsob čištění je tryskání pomocí ocelových kuliček. U tohoto způsobu jsou náklady a spotřeba na tryskací médium nejnižší ze třech prezentovaných způsobů. Další méně nákladný způsob byl způsob čištění suchým ledem. Oproti čištění ocelovými kuličkami byl tento způsob značně nákladnější. Třetí způsob čištění byl pomocí plastových kuliček, ten byl zhruba na stejné úrovni nákladů, jako čištění suchým ledem.

Avšak po technologickém zhodnocení je čištění ocelovými kuličkami nejméně vhodný, vzhledem k vysoce abrazivnímu účinku, které má za následek opotřebení formy, v nejhorším případě její znehodnocení, kde opravy již nejsou možné. A z těchto důvodů je někdy výroba pryžových výrobků značně ekonomicky náročná. Nejvíce šetrné k povrchu formy je tryskání plastovými kuličkami, ale oproti čištění ocelovými kuličkami nebo čištění suchým ledem je velice časově náročná. Použití některých separačních činidel má vliv na znečišťování formy a jejich použití prodlužuje dobu, kdy je třeba formu vyčistit. Separační činidla také umožňují snadnější vyjímání výrobků z formy.

Při výběru vhodného způsobu čištění formy je tedy potřeba zohlednit ekonomické a technologické aspekty. Problematika znečišťování forem by se měla zabývat především vývoji takové kaučukové směsi, kde by její složky neprostupovaly na povrch výrobku a neusazovaly se ve formě. Také by se měla zabývat použitím speciálních čistících směsí, které by umožňovaly čistit formu přímo ve stroji. Tudíž by se formy nemusely ze strojů složitě demontovat a montovat zpět a tím pádem by byla značná úspora času.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] DVOŘÁK, Zdeněk. UTB ZLÍN. *Zpracovatelské procesy gumárenské: pro konstrukční směry* [online]. Zlín, 2013 [cit. 2013-11-23]. Dostupné z: <http://www.utb.cz/ft/intranet-ft/studijni-podpora> text
- [2] DVOŘÁK, Zdeněk; JAVOŘÍK, Jakub. UTB ZLÍN. *Konstrukce výrobků, konstrukční materiály elastomerní a formy pro jejich výrobu* [online]. Zlín, 2013 [cit. 2013-11-23]. Dostupné z: <http://www.utb.cz/ft/intranet-ft/studijni-podpora> text
- [3] DVOŘÁK, Zdeněk. UTB ZLÍN. *Základy výrobních procesů: Konstrukce gumárenských výrobků a forem pro jejich výrobu* [online]. Zlín, 2007 [cit. 2013-11-23]. Dostupné z: <http://www.utb.cz/ft/intranet-ft/studijni-podpora> text
- [4] DVOŘÁK, Zdeněk. *Vady vznikající při výrobě výrobků technologií vstřikování*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav výrobního inženýrství, 2013.
- [5] INSTITUT GUMÁRENSKÉ TECHNOLOGIE A TESTOVÁNÍ ZLÍN. *Problematika špinění forem: Studie o příčinách vzniku a možnostech jejího snížení*. Zlín, 1996.
- [6] FRANTA, Ivan a kol. *Gumárenská technologie I: Gumárenské suroviny*. Praha: SNTL Nakladatelství technické literatury, 1979.
- [7] FRANTA, Ivan a kol. *Zpracování kaučukových směsí a vlastnosti pryže*. Praha: SNTL Nakladatelství technické literatury, 1969.
- [8] KOLÁŘ, David. *Čištění forem a nástrojů od vulkanizačních zbytků suchým ledem a jiným abrazivem*. Zlín, 2009. Seminární práce. UTB Zlín.
- [9] JEDELSKÝ, J., NĚMEC, P., VESELÝ, D. a KALENDA, P. *Povrchové úpravy: Povrchová úprava materiálů pomocí laseru*. MM Průmyslové spektrum [online]. 13.04.2005, roč. 2005, č. 4, s. 82 [cit. 2014-01-04]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/povrchova-uprava-materialu-pomoci-laseru.html>

- [10] ODBORNÁ KORPORACE UNIPLAST. *Příručka formy pro zpracování plastů: II.díl-vstřikování termoplastů*. Brno, 1999.
- [11] SEV-CONSULT. [online]. [cit. 2014-01-04]. Dostupné z: <http://www.sev-consult.cz/o-spolecnosti.html>
- [12] SVARINFO. [online]. [cit. 2014-01-04]. Dostupné z: <http://www.svarbazar.cz/phprs/showpage.php?name=ocelisti.html>
- [13] ČUMPELÍK, Jiří. *Tryskání suchým ledem*. MM Průmyslové spektrum [online]. 12.04.2006, roč. 2006, č. 4, s. 62 [cit. 2014-01-04]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/tryskani-suchym-ledem.html>
- [14] Balzano. [online]. [cit. 2014-03-25]. Dostupné z: <http://www.bolzano.cz>
- [15] VŠCHT PRAHA. *LABORATOŘ MOLEKULOVÉ SPEKTROSKOPIE* [online]. [cit. 2014-03-25]. Dostupné z: <http://lms.vscht.cz/>
- [16] DUCHÁČEK, Vratislav a Zdeněk HRDLIČKA. *Gumárenské suroviny a jejich zpracování* [online]. Vyd. 4., přeprac. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2009, 199 s. [cit. 2014-03-27]. ISBN 978-80-7080-713-2.
- [17] MATĚJKA, Pavel. ÚSTAV ANALYTICKÉ CHEMIE VŠCHT. *Metody strukturální a povrchové analýzy: Metody infračervené spektrometrie* [online]. Praha, 2009 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/anl/matejka/>
- [18] Thermo Scientific [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.thermoscientific.com/en/home.html>
- [19] *Challenges in molecular structure determination* [online]. Berlin: Springer, 2012 [cit. 2014-04-06]. ISBN 978-364-2243-905. Dostupné z: <http://www.springer.com/chemistry/analytical+chemistry/book/978-3-642-24389-9>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

|                      |   |
|----------------------|---|
| MW                   | Mikrovlny   |
| Dsk                  | Díl na sto dílů kaučuku                               |
| CO <sub>2</sub>      | Oxid uhličitý   |
| HRC                  | Značení tvrdosti podle Rockwella                      |
| μm                   | Mikrometr   |
| mm                   | Milimetr  |
| UV                   | Ultrafialové záření                                   |
| AlCu <sub>4</sub> Mg | Dural   |
| ATR                  | Zeslabený úplný odraz (attenuated total reflection)   |
| FTIR                 | Infračervená spektrometrie s Fourierovou transformací |

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

|  |    |
|--|----|
| <i>Obr. 1 Princip lisování a) plnění formy, b) lisování, c) vyjímání vylisku z formy [3]</i> .....           | 15 |
| <i>Obr. 2 Princip přetlačování [3]</i> .....   | 16 |
| <i>Obr. 3 Princip vstřikování [3]</i> .....  | 16 |
| <i>Obr. 4 Vulkanizační křivka [1]</i> .....  | 18 |
| <i>Obr. 5 Struktura povrchu kovové formy se znečišťující vrstvou usazeného kaučuku [5]</i> .....             | 21 |
| <i>Obr. 6 Lepivost vulkanizované standardní směsi na bázi NBR v závislosti na drsnosti slitiny [5]</i> ..... | 22 |
| <i>Obr. 7 Místa zvýšeného usazování materiálu ve formě [5]</i> .....   | 23 |
| <i>Obr. 8 Znečišťování formy v místě soutoku taveniny [5]</i> .....  | 24 |
| <i>Obr. 9 Znečišťování formy v místě rozšíření průřezu jejího tokového kanálu [5]</i> .....                  | 24 |
| <i>Obr. 10 Závislost znečišťování na teplotě stěny formy [5]</i> .....                                       | 25 |
| <i>Obr. 11 Separační činidlo mezi formou a vyliskem [5]</i> .....  | 29 |
| <i>Obr. 12 Metody tryskání: tlakovzdušné (nalevo), metání (napravo) [8]</i> .....                            | 31 |
| <i>Obr. 13 Princip tryskání suchým ledem</i> .....   | 32 |
| <i>Obr. 14 Suchý led ve formě pelet (nahore) a granulí (dole) [8]</i> .....                                  | 33 |
| <i>Obr. 15 Korundové drtě a) nová, b) použitá</i> .....  | 35 |
| <i>Obr. 16 Mechanismus čištění vulkanizačních forem chemickými činidly [5]</i> .....                         | 37 |
| <i>Obr. 17 ATR metoda [17]</i> .....   | 52 |
| <i>Obr. 18 Těsnicí krytka ze směsi EP6003RA</i> .....  | 52 |
| <i>Obr. 19 Pryžové koberce ze směsi NSE6503TA</i> .....  | 53 |
| <i>Obr. 20 FTIR spektrometr</i> .....  | 54 |
| <i>Obr. 21 Geramaniový (Ge) krystal</i> .....  | 54 |
| <i>Obr. 22 Porovnání výsledků analýz ze směsi EP6003RA</i> .....   | 55 |
| <i>Obr. 23 Porovnání výsledků analýz ze směsi NSE6503TA</i> .....  | 56 |
| <i>Obr. 24 Příprava formy pro čištění suchým ledem</i> .....   | 57 |
| <i>Obr. 25 Tryskací jednotka CRYONOMIC řady COB</i> .....  | 58 |
| <i>Obr. 26 Pohled na průběh čištění přes bezpečnostní sklo</i> .....   | 58 |
| <i>Obr. 27 Vyčištěná forma suchým ledem</i> .....  | 59 |
| <i>Obr. 28 Tryskací zařízení za použití ocelových kuliček</i> .....  | 59 |
| <i>Obr. 29 Znečištěná forma</i> .....  | 60 |
| <i>Obr. 30 Detail znečištěné formy</i> .....   | 60 |

|  |    |
|--|----|
| <i>Obr. 31 Přenosný mikroskop .....</i>                                | 61 |
| <i>Obr. 32 Detail znečištěné formy .....</i>                           | 61 |
| <i>Obr. 33 Detail znečištěné formy .....</i>                           | 61 |
| <i>Obr. 34 Znečištěná forma .....</i>                                  | 62 |
| <i>Obr. 35 Detail znečištěné formy .....</i>                           | 62 |
| <i>Obr. 36 Vyčištěná forma.....</i>                                    | 63 |
| <i>Obr. 37 Vyčištěná forma.....</i>                                    | 63 |
| <i>Obr. 38 Detail vyčištěné formy .....</i>                            | 64 |
| <i>Obr. 39 Detailní záznam z mikroskopu .....</i>                      | 64 |
| <i>Obr. 40 Segment vulkanizační formy .....</i>                        | 65 |
| <i>Obr. 41 Ruční čištění segmentu .....</i>                            | 65 |
| <i>Obr. 42 Hotový výrobek - pneumatika .....</i>                       | 66 |
| <i>Obr. 43 Spodní deska formy na těsnicí krytky .....</i>              | 67 |
| <i>Obr. 44 Horní deska formy na těsnicí krytky.....</i>                | 67 |
| <i>Obr. 45 Demontáž formy ze stroje .....</i>                          | 68 |
| <i>Obr. 46 Přeprava formy do tryskacího zařízení .....</i>             | 68 |
| <i>Obr. 47 Ukázka napáleniny na pryžovém výrobku .....</i>             | 69 |
| <i>Obr. 48 Znečištěná forma .....</i>                                  | 69 |
| <i>Obr. 49 Detaily znečištěné formy.....</i>                           | 70 |
| <i>Obr. 50 Tryskací zařízení .....</i>                                 | 70 |
| <i>Obr. 51 Příprava na ruční čištění .....</i>                         | 71 |
| <i>Obr. 52 Forma po aplikaci čistícího přípravku .....</i>             | 71 |
| <i>Obr. 53 Detail formy po aplikaci čistícího přípravku .....</i>      | 72 |
| <i>Obr. 54 Plastové kuličky.....</i>                                   | 72 |
| <i>Obr. 55 Čištěná forma na krytku - spodní deska .....</i>            | 73 |
| <i>Obr. 56 Čištěná forma na krytky - horní deska .....</i>             | 73 |
| <i>Obr. 57 Vyčištěná forma na krytky – spodní deska.....</i>           | 74 |
| <i>Obr. 58 Detail spodní vyčištěné desky .....</i>                     | 74 |
| <i>Obr. 59 Vyčištěná forma – horní deska.....</i>                      | 75 |
| <i>Obr. 60 Detail horní vyčištěné formy.....</i>                       | 75 |
| <i>Obr. 61 Porovnání formy před a po čištění – horní deska .....</i>   | 76 |
| <i>Obr. 62 Porovnání formy před a po vyčištění – spodní deska.....</i> | 76 |
| <i>Obr. 63 Používané separátory .....</i>                              | 77 |

**SEZNAM TABULEK**

|  |    |
|--|----|
| <i>Tab. 1 Závislost separačních vlastností pryže na povrchové úpravě lisovací formy [5] ....</i>                 | 22 |
| <i>Tab. 2 Čistící schopnost různých zásad [5] .....</i>  | 38 |
| <i>Tab. 3 Účinnost použití hydroxidu sodného k odstraňování nánosu silikonového kaučuku [5] .....</i>            | 38 |
| <i>Tab. 4 Srovnání různých metod čištění vulkanizačních forem [5].....</i>                                       | 40 |
| <i>Tab. 5 Srovnání různých metod čištění vulkanizačních forem z hlediska vlivu na formu a ekologii [5] .....</i> | 41 |
| <i>Tab. 6 Doporučované oceli na funkční a pomocné části forem podle chemického složení [10] [12] .....</i>       | 44 |
| <i>Tab. 7 Přehled některých krystalů a jejich parametry použití [17] .....</i>                                   | 51 |
| <i>Tab. 8 Skladba směsi NSE 6503TA .....</i>   | 53 |
| <i>Tab. 9 Porovnání celkových nákladů na jednotlivé způsoby čištění .....</i>                                    | 80 |



## SEZNAM PŘÍLOH

- PI** Typy kaučuků
- PII** Materiálový list gumárenské směsi EP6003RA
- PIII** Materiálový list gumárenské směsi NSE 6503TA
- PIV** Materiálový list přípravku POLYMER REMOVER
- PV** Materiálový list plastových kuliček

## **PŘÍLOHA P I: TYPY KAUČUKŮ**

R-skupina: uhlíkový hlavní řetězec s nenasycenými jednotkami (“Rubber“)

ABR- Akrylátbutadiénový kaučuk

BR- Butadiénový kaučuk

CR- Chloroprenový kaučuk

IIR- Izobutylénizoprénový kaučuk, butylkaučuk

B1IR- Brombutylový kaučuk, CIIR- chlorobutylový kaučuk

IR- Izoprénovýkaučuk ( syntetické)

NBR- Akrylonitril kaučuk

HNBR- Hydrogenovaný butadiénakrylonitrilový kaučuk

NCR- akrylonitrilu

NIR- akrylonitrilu izoprenový kaučuk

NR- přírodní kaučuk

PBR- Vinylpyridinu butadiénový kaučuk

PSBR- Vinylpyridinu styren-butadiénový kaučuk

SBR- Styrénbutadiénový kaučuk

SCR- Styrénchloroprénový kaučuk

SIR- Styrénizoprénový kaučuk

M-skupina: uhlíkový řetězec jen s nasycenými jednotkami (“methylen“)

ACM- Kopolymery Ethylakrylát resp. Jiných akrylátů s malým množstvím monomeru, který usnadňuje vulkanizaci

ANM- Kopolymery Ethylakrylát resp. jiných akrylátů a akrylonitrilu

CM- Chlorovaný polyetylen

CFM- Polytrifluorchloretylén

CSM- Chlórulfonovaný polyetylén

ACSM- Chlórulfonovaný polyetylen/polypropylen

EAM- Kopolymery etylenu a akrylátu s malým podílem monomeru, který usnadňuje vulkanizaci ( “Vamac“)

EPDM- termopolymeru etylenu, propylenu a dienu, který má nenasycenou část v bočním řetězci

EPM- Kopolymer etylenu a propylenu

EVM- Kopolymer ethylenu a vinylacetátu

FPM- Kaučuky s fluor-, fluoroalkyl- nebo fluoroalkoxyskupinami nepolymerními řetězci ( také FKM)

IM- polyisobuten, polyizobutylen

N-skupina: mimo uhlíku v hlavním řetězci je i dusík

N- Polyeteramida ( typ "Pebax")

O-skupina: mimo uhlíku v hlavním řetězci je i kyslík

CO- Polychlórometyloxiran, epichlórhdydnový kaučuk

ECO- Kopolymery ethylenoxidu ( Oxiran) a chlórmetoxyloxiranu ( epichlóhydrín)

GPO- Kopolymer propylenoxidu a alkylglycidyléteri ( také PO)

Q-skupina: siloxanové hlavní řetězce

FMQ- Silikonový kaučuk s methylovými a fluóroskupinami na polymerním řetězci

FVMQ- Silikonový kaučuk s methylovými, vinylovými a fluóroskupinami na polymerním řetězci

MQ- Silikonový kaučuk jen s methylovými skupinami na polymerním řetězci, např..

Polydimethylsiloxan MQ- Silikonový kaučuk s methylovými a fenylovými skupinami na polymerním řetězci, PVMQ- Silikonový kaučuk s methylovými, fenylovými a vinylovými skupinami na polymerním řetězci

T-skupina: mimo uhlíku v hlavním řetězci je i síra

Polysulfidickékaučuky ( produkty typu "Tiokol")

U-skupina: mimo uhlíku v hlavním řetězci je dusík a kyslík

AFMU- terpolymerutetrafluoretylétrifluórnitrózometánu anitróoperfluóromaslovej kyseliny

AU- Polyesteruretánový kaučuk

EU- Polyesteruretánový kaučuk

**PŘÍLOHA PII: MATERIÁLOVÝ LIST GUMÁRENSKÉ SMĚSI  
EP6003RA**

|   |   |                                      |
|---|---|--------------------------------------|
| <b>Materiálový list pryže (ML)</b>          |   | <b>PN 62 200</b>                     |
| Číselný kód :                               | <b>359</b>  | Účinnost od : listopad 2010          |
| Název :                                     | <b>359</b>  | Nahrazuje ML z :<br>List 1 z listů 1 |
| <b>Zatřídění dle ČSN 62 0002 :</b>          | CAE 6471  |                                      |
| <b>Elastomer :</b>                          | EPDM  |                                      |
| <b>Barva :</b>                              | černá   |                                      |
| <b>Třídící vlastnosti CAE znamenají :</b>   |   |                                      |
| C -   | typ pryže (odolnost proti zvýšeným teplotám, 72h)   | <b>125 °C</b>                        |
| A -   | třída pryže (změna objemu v oleji č.3, 125°C, 72h)  | <b>nad 140 %</b>                     |
| E -   | druh pryže (odolnost proti nízkým teplotám)   | <b>-55 °C</b>                        |
| <b>Základní vlastnosti 6471 znamenají :</b> |   |                                      |
| 6 -   | tvrdost IRHD  | <b>56 až 65 IRHD</b>                 |
| 4 -   | pevnost v tahu  | nejméně <b>10 MPa</b>                |
| 7 -   | tažnost   | nejméně <b>400 %</b>                 |
| 1 -   | trvalá deformace v tlaku (125°C, 24h)   | nejvýše <b>80 %</b>                  |
| <b>Přídavné vlastnosti znamenají :</b>      |   |                                      |
| C4 2  | Odolnost pryže proti ozonu(statické podm.)200 pphm , 40°C<br><b>96h/200pphm/40°C/100%</b> |                                      |
| V1 1  | Tvrdost ShA 3s , 23°C<br><b>57-63 ShA</b>   |                                      |
| Y 1   | Hustota g/ccm (inf.) , 23°C<br><b>1,22 Mg/m3</b>  |                                      |
| <b>Poznámka :</b>                           |   |                                      |
| Vypracoval :                                |   | Schválil :                           |

# PŘÍLOHA PIII: MATERIÁLOVÝ LIST GUMÁRENSKÉ SMĚSI NSE6503TA

| <b>Materiálový list</b>   |   |             |             |                |                 |
|---|---|-------------|-------------|----------------|-----------------|
| Popis výrobku:  | Gumárenská směs nevulkanizovaná - EPDM/SBR/NR/BR  |             |             |                |                 |
| Název směsi:  | NSE6503TA   |             |             |                |                 |
| Kód směsi:  | I460424 3F  |             |             |                |                 |
| Parametr  | Jednotky  | Dolní limit | Horní limit | Četnost měření | Zkušební metoda |
| t 10 (1)  | dNm   | 0,7         | 1,00        | celá série     | 41020           |
| t 90 (1)  | min   | 1,20        | 1,70        | celá série     | 41020           |
| Tvrdost (2)   | Shore A   | 60          | 70          | 1 x z palety   | 50900           |
| Hustota (2)   | g/cm <sup>3</sup>   | 1,44        | 1,48        | 1 x z palety   | 51000           |
| Pevnost v tahu (2)  | Mpa   | min 4       |             | 1x z dodávky   | 60120           |
| Tažnost (2)   | %   | min 250     |             | 1 x z dodávky  | 60120           |
| <p>1 - MDR 2000, 180°C/2,5 min</p> <p>2 - Způsob vulkanizace testovacích tělísek: 5 min / 180 °C</p>  |   |             |             |                |                 |
| Dodací forma:   | <p>nekonečný pás: šířka 180 mm, tloušťka 10 mm<br/> směs je v kovových boxech a PE obalu, pásy jsou separované<br/> doprava krytými dopravními prostředky<br/> označení obsahuje číslo směsi, kdo vyráběl, kdo uvolnil, doba zprac.</p> |             |             |                |                 |
| Skladovací podmínky:  | <p>Skladovat v chladu a suchu, bez přímého slunečního záření.<br/> Nutno zabránit znečištění směsí při skladování a manipulaci.</p>   |             |             |                |                 |
| Doba zpracovatelnosti směsi: do 30 dnů od data výroby.  |   |             |             |                |                 |
| Ke každé dodávce je přiložen atest  |   |             |             |                |                 |
| <p><b>Poznámky:</b><br/> Testovací metody jsou interní a vychází z DIN norem.<br/> Další hodnoty uvedené na atestu slouží jako kritéria kontroly procesu a neslouží pro uvolňování směsí.<br/> Hodnoty t10 a t90 se mění v závislosti na době skladování, proto se tyto hodnoty později naměřené mohou lišit od hodnot uvedených na atestu.</p> |   |             |             |                |                 |
| Zde odsouhlasené specifikace slouží jako podklad pro uvolňování směsí do sériové výroby.  |   |             |             |                |                 |
| Dodavatel:  |   |             | Odběratel:  |                |                 |
| Datum: 09.05.2013   |   |             |             |                |                 |

# PŘÍLOHA PIV: MATERIÁLOVÝ LIST PŘÍPRAVKU POLYMER REMOVER

## Technical Data



## POLYMER REMOVER HEAVY DUTY MOULD CLEANER



**POLYMER REMOVER** is an extremely effective and powerful solvent blend, which has been developed for use on heavily soiled moulds and dies to remove a variety of moulding deposits.

### APPLICATIONS

Will assist in the removal of plastics, rubbers and resin deposits, including:

- \* ABS
- \* Acetals
- \* Acrylates
- \* PVC
- \* Epoxy Resins (uncured)
- \* Nylons
- \* Polyamides
- \* Polystyrenes
- \* Polyurethanes
- \* Rubbers
- \* Silicone Resins

Also effective on other materials such as cellulose resins and alkyd resins.

The product offers a controlled rate of evaporation for maximum efficiency. After cleaning, any residual solvent will evaporate to leave the surface clean and dry.

Apply directly onto the soiling and wipe away. For extremely heavy contamination or stubborn deposits, allow the solvent to penetrate thoroughly before wiping the surface clean.

### TECHNICAL DATA

|                |   |  |
|----------------|---|--|
| Appearance     | : | Clear, colourless liquid   |
| Odour          | : | Characteristic hydrocarbon   |
| SG@25°C        | : | 0.823  |
| Pressure @25°C | : | 4 bar  |
| Discharge rate | : | 1.8g/sec   |
| Solubility     | : | Soluble in water and most organic solvents                                   |
| Flammability   | : | Classified as extremely flammable under CHIP Regulations                     |
| Packaging      | : | 400 ml aerosol (12 per carton). Also available in non-aerosol 5Ltr and 25Ltr |

## **STORAGE**

The product may be stored at normal ambient temperatures and has a shelf life of not less than 36 months with correct storage. Aerosols should always be stored below 50°C, away from direct heat and naked flame.

## **HEALTH AND SAFETY**

Health and Safety sheet available separately.

## **TECHNICAL SERVICE**

Ambersil provides a technical support service and maintains a constant programme of research and development. We are able to assist customers by specific product development to meet particular requirements.

## **MISREPRESENTATION ACT 1967    TRADE DESCRIPTIONS ACT 1968**

The information given in this publication is based on our experience and reports from customers. There are many factors outside our control and knowledge which affect the use and performance of our products and for which reason no warranty is given, express or implied. Users should make their own tests to determine the applicability of such information or the suitability of any products for their own particular purposes. Statements concerning the use of the products described herein are not to be construed as recommending the infringement of any patent and no liability for infringement arising out of any such use is to be assumed.

CRC Industries UK Limited, Wylids Road, Bridgwater, Somerset, TA6 4DD

Tel: +44 (0) 1278 727200

Fax: +44 (0) 1278 425644

Web: [www.ambersilindustrial.com](http://www.ambersilindustrial.com)

E-mail: [salesuk@crcind.com](mailto:salesuk@crcind.com)

# PŘÍLOHA PV: MATERIÁLOVÝ LIST PLASTOVÝCH KULIČEK

## Maxi-Blast<sup>®</sup> Inc.

An ISO 9001 Certified Company

Plastic Blast Cleaning Medias ▪ Finishing Equipment and Technology

### SECTION I

|   |  |   |
|---|--|---|
| PRODUCT NAME OR NUMBER (as it appears on label)<br>Maxi-Clean <sup>®</sup> (MC) Plastic Blast Media     |  |   |
| MANUFACTURER'S NAME<br>Maxi-Blast, Inc  |  | EMERGENCY TELEPHONE NO.<br>(574) 233-1161 |
| ADDRESS (Number, Street, City, State and Zip Code)<br>3650 North Olive Road, South Bend, Indiana 46628  |  | MANUFACTURER'S D-U-N-S NO.<br>03-934-9162 |
| MATERIAL DESCRIPTION, PROPER SHIPPING NAME<br>Plastic Material Granules Item 156200 Class 60C or FAK 50 |  |   |
| HAZARD CLASSES (as applicable)<br>Non-Regulated   |  |   |
| CHEMICAL FAMILY<br>Amino Thermoset Plastic  |  | FORMULA<br>N.A.                           |

### SECTION II – INGREDIENTS (list all ingredients)

| CAS REGISTRY NO. | Approx. %W | CHEMICAL NAME(S)                          | Listed as a Carcinogen in NTP, IARC or OSHA 1910(z) (specify) |
|------------------|------------|---|---|
| None             | 98 - 99    | Molded – Granulated Melamine Formaldehyde | No  |
| Various          | < 1 – 1.5  | Pigments                                  | No  |
|                  |            |   |   |
|                  |            |   |   |
|                  |            |   |   |

### SECTION III – PHYSICAL DATA

|   |      |                                       |             |                             |     |
|---|------|---------------------------------------|-------------|-----------------------------|-----|
| BOILING POINT ____°F ____°C   | N.A. | SPECIFIC GRAVITY (H <sub>2</sub> O=1) | 1.47 – 1.52 |                             |     |
| MELTING POINT ____°F ____°C   | N.A. | PERCENT VOLATILE BY VOLUME (%)        | N.A.        | PERCENT SOLID BY WEIGHT (%) | 100 |
| VAPOR DENSITY (AIR=1)   | N.A. | EVAPORATION RATE ( =1)                | N.A.        |                             |     |
| SOLUBILITY IN WATER   | Nil  | PH=                                   | 6-8         |                             |     |
| APPEARANCE AND ODOR Solid Granules, Multicolored, No Specific Odor. |      |                                       |             | MATERIAL FORM: Solid        |     |

### SECTION IV– FIRE AND EXPLOSION HAZARD DATA

|   |      |                  |             |             |
|---|------|------------------|-------------|-------------|
| FLASH POINT   | N.A. | FLAMMABLE LIMITS | LEL<br>N.A. | UEL<br>N.A. |
| EXTINGUISHING MEDIA CO <sub>2</sub> , Dry Chemicals or Water Fog  |      |                  |             |             |
| SPECIAL FIRE FIGHTING PROCEDURES Generally self extinguishing. Firefighters should wear full protective equipment including self contained breathing apparatus.     |      |                  |             |             |
| UNUSUAL FIRE AND EXPLOSION HAZARDS Finished products are not considered explosive or ignitable hazards when used in a properly designed and monitored blast system. |      |                  |             |             |



### SECTION V – HEALTH HAZARD DATA

|  |  |
|--|--|
| EFFECTS OF OVEREXPOSURE – Conditions to Avoid  | THRESHOLD LIMIT VALUE <input type="text"/>   |
|  | PERMISSIBLE EXPOSURE LIMIT <input type="text"/>  |
| Mechanical injury to eyes and/or skin can occur. Excessive dust inhalation may be harmful. |  |
| PRIMARY ROUTES OF ENTRY  | <input checked="" type="checkbox"/> Inhalation <input checked="" type="checkbox"/> Skin Contact <input checked="" type="checkbox"/> Other (specify) Eye   Through mechanical contact only. |
| EMERGENCY AND FIRST AID PROCEDURES   | In case of irritation flush eyes or skin with water. In case of excessive inhalation of dust remove to fresh air. Call physician if necessary.   |

### SECTION VI – REACTIVITY DATA

|   |               |   |                     |
|---|---------------|---|---------------------|
| STABILITY   | UNSTABLE      |   | CONDITIONS TO AVOID |
|   |               |   | N.A.                |
|   | STABLE        | X |                     |
| INCOMPATIBILITY(materials to avoid)   No specific incompatibility.  |               |   |                     |
| HAZARDOUS DECOMPOSITION PRODUCTS   Thermal decomposition may release smoke, Carbon Dioxide and Carbon Monoxide. |               |   |                     |
| HAZARDOUS POLYMERIZATION  | MAY OCCUR     |   | CONDITIONS TO AVOID |
|   | MAY NOT OCCUR | X | N.A.                |

### SECTION VII – SPILL OR LEAK PROCEDURES

|  |  |
|--|--|
| STEPS TO BE TAKEN IN CASE MATERIAL IS RELEASED OR SPILLED  | Sweep or vacuum up and place waste in disposal container.                |
| WASTE DISPOSAL METHOD                                      | Disposal must be made according to Federal, State and Local regulations. |
| CERCLA (Superfund) REPORTABLE QUANTITY (in lbs)            | N.A.   |
| RCRA HAZARDOUS WASTE NO. (40 CFR 261.33)                   | N.A.   |
| VOLATILE ORGANIC COMPOUND (VOC) (as packaged, minus water) | N.A.   |
| <input type="checkbox"/> Theoretical _____ lb/gal          | <input type="checkbox"/> Analytical _____ lb/gal                         |

### SECTION VIII – SPECIAL PROTECTION INFORMATION

|   |   |         |
|---|---|---------|
| RESPIRATORY PROTECTION (Specify Type)   Provide adequate ventilation. NIOSH/MSHA approved respiratory protection as required. |   |         |
| VENTILATION   | LOCAL EXHAUST (Specify Rate)   As required for specific user application.       | SPECIAL |
|   | MECHANICAL (General – Specify Rate)   See Section IV and IX "Other Precautions" | OTHER   |
| PROTECTIVE GLOVES (Specify Type)   Normal Work Gloves   | EYE PROTECTION (Specify Type)   Safety Goggles                                  |         |
| OTHER PROTECTIVE EQUIPMENT   Special protection is required for workers exposed to abrasive blast operation.                  |   |         |

### SECTION IX – SPECIAL PRECAUTIONS

|  |   |
|--|---|
| PRECAUTIONS TO BE TAKEN IN HANDLING AND STORING                | Keep dry to maintain material in usable condition. Store in original containers to maintain identity. |
| OTHER PRECAUTIONS  | Determine compliance with OSHA 1910.1000 Table Z-3 "inert or Nuisance Dust"                           |
| PEL – Total Dust: 15mg/m <sup>3</sup>                          | Respirable Fraction: 5 mg/m <sup>3</sup>  |
| PEL = Permissible Exposure Limits, 8 hr. Time Weighted Average | mg/m <sup>3</sup> = milligrams per cubic meter   N.A. = Not Applicable                                |

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Maxi-Blast inc.</b><br/>         3650 North Olive Road – South Bend, In 46628<br/>         (574) 233-1161 – Fax: (574) 234-0792 – e-mail: info @maxiblast.com<br/>         MSDSMC   Page 2   Rev. – 8   8/2/10</p> |  |
|--|--|