

Čištění povrchu ocelových vzorků simulujících povrch dutiny formy

Bc. Eva Vrabcová

Diplomová práce
2018

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Eva Vrabcová**
Osobní číslo: **T16273**
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Výrobní inženýrství**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Čištění povrchu ocelových vzorků simulujících povrch dutiny formy**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Popište dostupné čisticí technologie
3. Provedte experiment čištění ocelových vzorků
4. Vyhodnoťte získané výsledky

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Dana Shejbalová, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

2. ledna 2018

Termín odevzdání diplomové práce:

18. května 2018

Ve Zlíně dne 2. února 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



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

Příjmení a jméno: VEJBOCOVÁ EVA

Obor: Vyrobní 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 ¹⁾;
- 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 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ 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 ³⁾ 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 15. 5. 2018



¹⁾ 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 nevýdělečně 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.

²⁾ 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).

³⁾ 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 chybného 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 čištěním vzorků simulujících povrch dutiny formy. Teoretická část je věnována skladbě kaučukové směsi, vulkanizaci ve formě, zanášení povrchu dutin forem při vulkanizaci a jejich následnému čištění. Jsou zde popsány mechanické i chemické způsoby čištění dutin forem a metody zkoumání zanášení dutin forem. V praktické části byla vybrána zkušební tělesa, která byla čištěna vybranými chemickými a mechanickými způsoby čištění. Analýza čištěného povrchu byla provedena optickou mikroskopií a analýzou FTIR. V diskuzi jsou vyhodnoceny výsledky experimentu.

Klíčová slova: kaučuková směs, mechanické čištění, chemické čištění, optická mikroskopie, FTIR

ABSTRACT

The diplom thesis deals with the cleaning of samples simulating the surface of the mold cavity. The theoretical part is devoted to the composition of rubber compound, vulcanization in form, treatment of surface cavity molds during vulcanization and their subsequent cleaning. Mechanical and chemical methods of cavity mold cleaning and methods for the investigation of mold cavity are described. In the practical part were selected test samples, which were cleaned by selected chemical and mechanical cleaning methods. Cleaning surface analysis was performed by optical microscopy and FTIR analysis. The results of the experiment are evaluated in the discussion.

Keywords: rubber compound, mechanical cleaning, chemical cleaning, optical microscopy, FTIR

Chtěla bych poděkovat své vedoucí diplomové práce Ing. Daně Shejbalové, Ph.D. za odborné vedení, poskytnutí materiálů, cenné připomínky, zájem a čas, který mi věnovala po celou dobu při pracování na mé diplomové práci.

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 SKLADBA KAUKUKOVÝCH SMĚSÍ.....	12
1.1 KAUKUKY	12
1.1.1 Přírodní kaučuk	12
1.1.2 Syntetický kaučuk	13
1.2 VULKANIZAČNÍ SYSTÉM.....	13
1.3 RETARDÉRY	13
1.4 ZMĚKČOVADLA A PLASTIKÁTORY	14
1.5 PLNIVA.....	14
1.6 ANTIDEGRADANTY, ANTIOXIDANTY A ANTIOZONANTY.....	14
1.7 REGENERÁT.....	15
1.8 OSTATNÍ PŘÍSADY	15
2 VULKANIZACE VE FORMĚ.....	16
2.1 VULKANIZAČNÍ FORMY	16
2.2 ODSTRAŇOVÁNÍ PŘETOKŮ.....	17
2.3 LISOVÁNÍ	17
2.3.1 Vulkanizační lisy.....	18
2.4 PŘETLAČOVÁNÍ	18
2.5 VSTRÍKOVÁNÍ.....	19
2.6 VULKANIZACE.....	20
2.6.1 Průběh vulkanizace	21
2.6.2 Vulkanizační křivka	21
3 ZANÁŠENÍ VULKANIZAČNÍCH FOREM.....	23
3.1 PŘILNAVOST.....	23
3.2 SLOŽENÍ KAUKUKOVÉ SMĚSI	23
3.3 PROCESNÍ PARAMETRY	24
3.4 DRSNOST A TVRDOST FORMY	24
3.5 GEOMETRIE TVARU DUTINY FORMY	24
3.6 POVRCHOVÁ ÚPRAVA FOREM	24
3.7 SEPARAČNÍ PROSTŘEDKY	25
4 ZPŮSOBY ČIŠTĚNÍ POVRCHU DUTIN FOREM.....	26
4.1 MECHANICKÉ ČIŠTĚNÍ DUTIN FOREM.....	26
4.1.1 Tryskání.....	26
4.1.2 Čištění ocelovými kartáči, brusnými pastami	29

4.2	CHEMICKÉ ČIŠTĚNÍ FOREM	29
4.2.1	Proces chemického čištění	30
4.2.2	Kyselé a alkalické roztoky	30
4.2.3	Čištění pomocí ultrazvuku v chemické lázni	31
4.2.4	Použití čisticích prostředků pro snížení znečištění formy.....	31
4.3	TERMOCHEMICKÉ ČIŠTĚNÍ FOREM	32
4.3.1	Čištění ultrazvukem	32
4.3.2	Čištění laserem	33
4.3.3	Čištění elektrolýzou	34
5	MATERIÁLY FOREM	35
5.1	OCELI.....	35
5.2	SLITINY MĚDI	36
5.3	SLITINY HLINÍKU	36
6	TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ MATERIÁLU FOREM	37
7	POVRCHOVÉ ÚPRAVY MATERIÁLU FOREM	39
7.1	ÚPRAVA POVRCHU PŘED POVLAKOVÁNÍM.....	39
7.2	POVLAKY PVD	39
7.3	POVLAKY CVD.....	40
8	METODY ZKOUMÁNÍ ZANÁŠENÍ DUTIN FOREM.....	42
8.1	INFRAČERVENÁ SPEKTROMETRIE	42
8.2	RENTGENOVÁ FLUORESCENČNÍ SPEKTROMETRIE	42
8.3	HODNOCENÍ POMOCÍ ZMĚNY POVRCHOVÉ ENERGIE.....	43
9	SOUHRN STUDIJNÍ ČÁSTI.....	45
II	PRAKTICKÁ ČÁST	46
10	STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE	47
11	POUŽITÉ MATERIÁLY	48
11.1	POUŽITÉ NÁSTROJOVÉ OCELI.....	48
11.2	POUŽITÉ SLITINY HLINÍKU	49
12	FORMA.....	51
13	POUŽITÉ ČISTÍČÍ PROSTŘEDKY	54
13.1	MECHANICKÉ ČISTÍČÍ PROSTŘEDKY.....	54
13.2	CHEMICKÉ ČISTÍČÍ PROSTŘEDKY	55
14	POUŽITÉ PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ.....	57

14.1	DRSNOSMĚR MITUTOYO SJ 401	57
14.2	MIKROSKOP PROSCOPE HR	58
14.3	VSTŘIKOVACÍ STROJ REP 27 Y125	58
14.4	INFRAČERVENÝ MIKROSKOP NICOLET AVATAR 32D.....	60
15	PROVEDENÍ EXPERIMENTU	61
15.1	ČIŠTĚNÍ ZKUŠEBNÍCH TĚLES Z DŘÍVE PROVÁDĚNÝCH EXPERIMENTŮ.....	61
15.1.1	Chemické čištění	61
15.1.2	Mechanické čištění.....	63
15.1.3	Optická mikroskopie	63
15.1.4	Analýza FTIR.....	65
15.2	ČIŠTĚNÍ ZKUŠEBNÍCH TĚLES Z NÁSTROJOVÉ OCELI 1.2312, 1.2316, 1.2343	67
15.2.1	Jakost zkušebních těles	68
15.2.2	Podmínky vstříkování a vulkanizace	69
15.2.3	Chemické čištění	69
15.2.4	Mechanické čištění.....	70
15.2.5	Optická mikroskopie – kaučuková směs 35963.....	70
15.2.6	Optická mikroskopie – kaučuková směs I56040601F	73
15.2.7	Optická mikroskopie – kaučuková směs I16045519F	76
15.2.8	Jakost zkušebních těles po čištění	79
16	DISKUZE	80
	ZÁVĚR	82
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	83
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	88
	SEZNAM OBRÁZKŮ	90
	SEZNAM TABULEK.....	93
	SEZNAM PŘÍLOH.....	94

ÚVOD

Diplomová práce je věnována čištění povrchu ocelových vzorků simulujících povrchu dutiny formy. Budou použity mechanické a chemické metody čištění, které budou vyhodnocovány.

V teoretické části je probrána skladba kaučukové směsi, materiály a úprava forem, vulkanizace ve formě, čištění dutin forem. Největší část je zaměřena na čištění dutin forem od vulkanizačních zbytků. Jsou zde popsány mechanické, chemické a termochemické způsoby čištění dutin forem. Závěr teoretické části je věnován metodám zkoumání zanášení dutin forem.

Během vstřikování kaučukové směsi dochází k zanášení dutiny vstřikovací formy. Zanášení má vliv na jakost výrobků i na výrobní proces, což je při výrobě problémem. Z toho důvodu je během výroby pravidelně zařazen proces čištění, který zaručí konstantní jakost výrobků. Čištění dutin forem bývá nejčastěji prováděno mechanickými a chemickými způsoby čištění, které jsou v práci blíže zkoumány formou experimentu.

Experiment zkoumá účinnost mechanického a chemického čištění zkušebních těles. Tělesa jsou čištěna zvolenými metodami čištění a analyzována optickou mikroskopií. U některých zkušebních těles byla provedena FTIR analýza, která určí organické složky a anorganické sloučeniny vyskytující se na povrchu zkoumaného tělesa.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SKLADBA KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ

Pro sestavení správné skladby kaučukové směsi, která má sloužit ke konkrétnímu použití je potřeba mít znalosti o gumárenských komponentech, pomocí kterých lze modifikovat vlastnosti směsi a pryže. Tyto směsi se zpracovávají na dostupných zařízeních tak, abychom po procesu vulkanizace dostaly pryž požadovaných vlastností. [1]

Požadavky na kaučukové směsi se liší, a proto je třeba brát v úvahu způsob výroby, konečné vlastnosti výrobku a podmínky použití konečného výrobku. [2]

1.1 Kaučuky

Jedná se o základní složku směsi, která určuje hlavní vlastnosti směsi. Obsah kaučuku ve směsi je od 5 % do 95 %. V dnešní době, kdy je na výběr z velkého množství kaučuků, jak přírodních, tak syntetických, je nutné pečlivě vybrat ten nejvhodnější, popřípadě lze kaučuky pro získání požadovaných vlastností kombinovat. [3]

1.1.1 Přírodní kaučuk

Jedná se nejstarší druh kaučuku získávaný ze stromu *Hevea Brasiliensis* ve formě latexu. V současnosti je pěstován především v zemích jižní Asie. [2]

Mezi významné vlastnosti přírodního kaučuku se řadí jeho dynamické vlastnosti, odolnost proti nízkým teplotám, pevnost za vysokých teplot, dobrou strukturní pevnost a výbornou konfekční lepivost. Tento kaučuk nelze použít pro rychlé vulkanizace za vysokých teplot. [4]



Obr. 1: Získávání přírodního kaučuku [4]

1.1.2 Syntetický kaučuk

V současné době syntetický kaučuk pokrývá většinu poptávky. Hlavními producenty jsou Čína, USA, Německo, Japonsko a Korea. [2]

Výroba syntetického kaučuku, probíhá za polymerace monomerů vyrobených z petrochemických surovin. [3]

Mezi hlavní zástupce syntetického kaučuku se řadí izoprenový kaučuk, styren-butadienový kaučuk, butadienový kaučuk, etylénpropylénové kaučuky a butadienakrylonitrový kaučuk. [3]

1.2 Vulkanizační systém

Co je vulkanizační systém? Vulkanizační systém se skládá z vulkanizačního činidla, organického urychlovače a aktivátoru. Vulkanizační činidlo způsobuje vulkanizaci, zatímco urychlovače a aktivátory ovlivňují její průběh. [5]

Pomocí vulkanizačního činidla dojde k síťování kaučukové směsi. Tato směs se mění v elastický vulkanizát. Vulkanizace může probíhat za použití síry nebo bez použití síry. Jako vulkanizační činidla lze tedy použít síru a donory síry, organické peroxidy, oxidy kovů, organické aminy a fenolické pryskyřice. [5]

Urychlovače určují rychlost síťovací reakce. V kaučukové směsi může být jeden nebo více druhů urychlovačů. Podle rychlosti vulkanizace se rozlišují urychlovače pomalé (guanidiny), rychlé (thiazoly), velmi rychlé (thiuramy) a ultraurychlovače. Čím dříve dojde při použití urychlovače k vulkanizaci, tím méně ho bude v kaučukové směsi zapotřebí. [1, 5]

Aktivátory slouží k plnému využití vulkanizačního činidla a urychlovače. Nejčastěji se lze setkat s použitím kysličníku zinečnatého. Síra bez použití aktivátoru nedostačuje k vulkanizaci kaučukové směsi, proto je nutné přidat aktivátor, který zvyšuje síťovací účinnost. [1, 3]

1.3 Retardéry

Retardéry vulkanizace jsou používány ve směsích, obsahující aktivní vulkanizační systémy a urychlovače vulkanizace. Při použití těchto přísad bez retardérů vulkanizace by při zvýšené teplotě vznikající zpracováním směsi došlo k předčasnému navulkanizování směsi. To je důvod použití retardérů vulkanizace. Lze tak používat vysoce aktivní vulkanizační přísady

a urychlovače. Retardéry mohou být organické jako octan sodný, kalafuna a kyselina sebaková nebo anorganické jako oxid hořečnatý a oxid olovnatý. [3]

1.4 Změkčovadla a plastifikátory

Změkčovadly ovlivňujeme zpracovatelnost kaučukové směsi, zlepšuje odolnost proti nízkým teplotám a botnání. Zpracovatelností rozumíme plasticitu, lepivost a tvarovatelnost. Při použití velkého množství plniv dochází k velkému ztužení, a tím k horšímu mechanickému zpracování. To je hlavním důvodem přidávání změkčovadla. Jeho částice se dostávají mezi makromolekuly kaučuku, ty oddalují, a tím snižují propletení. Zajišťují tak snadnější přeskupování hmoty. Jako změkčovadla se používají estery, oleje ropného původu a faktisu. [1, 3]

1.5 Plniva

Kaučuky jsou schopny absorbovat vysokou koncentraci plniv, jejich obsah může tvořit až 80 % směsi. Plniva se používají především pro zlepšení zpracovatelnosti a snížení ceny pryže. Výběr plniva závisí na výsledné aplikaci pryže. [1]

Plněním lze ovlivnit i vlastnosti kaučuku jako je hustota, modul, tvrdost, pevnost, elasticita, tažnost, strukturní pevnost a další. [1]

Jako plnění se používají nejčastěji práškové přísady. Tato plniva mohou být aktivní nebo pasivní. Aktivní plniva dočasně zlepšují pevnost, patří sem saze MPC, HAF a silika. Mezi pasivní plniva se řadí saze MT, kaolín a křída. [3]

1.6 Antidegradanty, antioxidanty a antiozonanty

Všechny pryžové výrobky jsou při používání vystaveny několika různým vlivům o různé intenzitě. Aby byla vyloučena degradace pryžového výrobku, je nutné kombinovat přísady podle očekávaného použití. [1]

Antidegradanty jsou schopny po dlouhou dobu chránit pryžové výrobky proti působení vnějšího prostředí. Antioxidanty zajišťují ochranu pryžových výrobků proti účinku kyslíku a antiozonantny chrání pryž proti degradaci ozonem. [6]

1.7 Regenerát

Kaučuková směs bývá často doplňována regenerátem. Regenerát vzniká podrcením odpadní gumy, která se následně dostává do plastického stavu. Tento materiál lze opět zpracovávat a vulkanizovat. Nejčastěji se pro tyto účely zpracovávají pneumatiky a technická pryž. [1,3]

Regenerátem lze upravovat vlastnosti a cenu kaučukové směsi. Používá se pro zkrácení procesu míchání a zlepšuje zpracovatelnost směsi. Regenerát není vhodné přidávat do směsi pro výrobky, u kterých se kladou velké nároky na odolnost proti opotřebení, výrobky světlé a tenkostěnné. Lze ho nalézt ve směsi na hadice, dopravní pásy, těsnění a pláště jízdních kol. [1]

1.8 Ostatní přísady

Mezi ostatní přísady se řadí především pigmenty, nadouvadla a faktisy. Tyto přísady dále upravují vlastnosti kaučukové směsi. [1,6]

Pigmenty se používají pro barvení pryží. Nejčastěji se lze setkat s použitím vulkánových barviv. U světlých pryží je třeba použít antioxidantů a elastomerů, které na světle nebarví. Pigmenty se ve směsi musí dobře dispergovat, nesmí se rozpouštět a ovlivňovat průběh vulkanizace. Nežádoucí je také ovlivňování fyzikálních vlastností, pryž nesmí předběžně stárnout. [1]

Pro výrobu lehčených hmot, především lehčené pryž se používají nadouvadla. Za pomoci nadouvadla lze dosáhnout materiálu s otevřenými i uzavřenými póry. Správně zvolenými přísadami kaučukové směsi dojde při vulkanizační teplotě k jejich rozkladu za vzniku plyných produktů, které v materiálu vytvoří póry. Nejčastěji se lze setkat s použitím organických nadouvadla. [6]

Faktisy se používají při zpracování kaučukové směsi vytlačováním. Tato přísada zlepšuje povrch při vytlačování, který je hladší. Faktis se dále využívá pro dodržení přesného tvaru vytlačovaného výrobku. [6]

2 VULKANIZACE VE FORMĚ

Kaučuková směs, která již prošla procesem míchání, může být použita k lisování nebo dále zpracovávána na polotovary. Tyto polotovary mohou být ihned vulkanizovány nebo se připravují na polotovar zvaný konfekce. Konfekci používáme pro vulkanizaci složitějších výrobků. [1]

Nejčastější způsob vulkanizace je ve vulkanizačních formách. Hlavní charakteristikou této metody je, že v jedné operaci proběhne vulkanizace i tvarování pryžového výrobku. [1]

2.1 Vulkanizační formy

Nástrojem pro vulkanizaci v lisech je vulkanizační forma, díky které má výsledný výrobek požadovaný tvar. Formy lze rozdělit z hlediska použití na formy lisovací, přetlačovací, vstříkovací a formy pro výrobu dutých výrobků. [1]

Při použití lisovacích forem se předeřhátá forma otevře a naplní studeným materiálem v požadovaném množství tak, aby byl materiál v přebytku. Při zahřívání se forma začne plnit roztékajícím materiálem, ten získává tvar a vulkanizuje, přebytek materiálu se dostává do přetoku. [1]

U přetlačování se forma plní předeřhátou kaučukovou směsí uzavřená za použití kanálek. Touto metodou vzniká nejméně zbytků, protože pryžové výrobky jsou téměř bez přetoků. [1]

Pro výrobky s dutinou používáme lisovací formu s vloženým jádrem nebo předformovaný výlisek lisujeme s využitím tlakové duše nebo membrány. Duté výlisky jsou vyráběny za použití vnitřního tlaku vznikajícím rozložením nadouvadla v uzavřeném předlisku, nebo tlakem přivedeným jehlou. [1]

Všechny druhy forem musí být vyrobeny tak, aby s nimi byla snadná manipulace při plnění i vyjmutí materiálu a následném čištění. Forma musí být zkonstruována tak, aby tok kaučukové směsi měl co nejkratší dráhu a byl schopný bez problémů zaplnit celou dutinu. Vzduch ve formě musí mít možnost unikat před plněním materiálem z dutiny formy. Správná konstrukce má hlavní vliv na kvalitu výrobku a množství vyrobených kusů. [1]

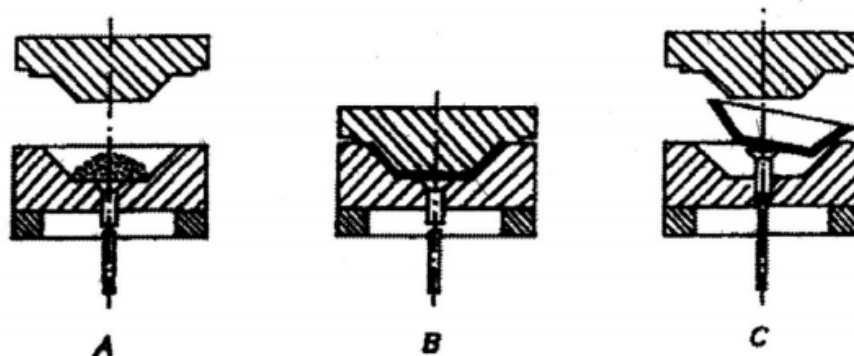
2.2 Odstraňování přetoků

U všech způsobů lisování ve formách dochází k vytváření přetoku. Přebytečný materiál při uzavírání formy uniká do dělicí roviny, kde vzniká přetok spojený s výliskem. Působením tepla také ztvulkanizuje. [1]

Podle velikosti a tvrdosti přetoku se pro jeho odstranění používají nůžky, rydla, nože, drátěné kartáče, smirkový papír a podobné. K urychlení odstraňování přetoků lze využít přípravků, kdy dochází k pohybu výlisku nebo přípravku. Také lze využít zmrazovacích rotačních bubnů, které jsou vhodné na odstranění tenkých přetoků jednoduchých výlisků. Tenké přetoky se rychleji zchladí a zkrěhnou, vzájemnými nárazy pak dojde k odlamování přetoků. [1]

2.3 Lisování

Způsob přípravy se volí podle druhu výrobku, připravené formy a složení kaučukové směsi. Připravená nálož má mít co nejpodobnější tvar finálního pryžového výrobku. Polotovary jsou většinou získávány válcováním nebo vytlačováním kaučukové směsi. Jedná se především o desky, šňůry, folie a profilované výrobky. Do předehřáté formy se vloží nálož materiálu, který je v přebytku a uzavře se. Materiál se začne ohřívat na teplotu vulkanizace. Při vulkanizaci je ve formě lisovací tlak, který umožní úplné vyplnění dutiny formy. Vzduch ve formě musí mít možnost dostat se z ní ven například odvzdušňováním. Přebytečný materiál se z formy vytlačí do přetokových kanálek, které se po ukončení lisování odstraní. Aby se forma při procesu vulkanizace neotevřela, musí být uzavírací tlak větší než tlak uvnitř formy. Proces lisování lze vidět na obrázku níže. [1]

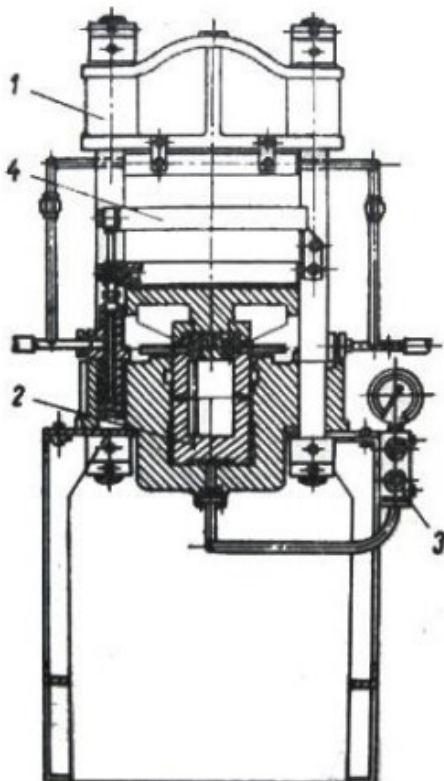


Obr. 2: Proces lisování [3]

a) plnění formy, b) lisování, c) vyjímání výlisku z formy

2.3.1 Vulkanizační lisy

Vulkanizační lisy mohou být na ruční, hydraulický a mechanický pohon. Nejčastěji se lze setkat s lisem hydraulickým, který se používá pro průmyslovou výrobu. Tyto lisy používají jako tlakové médium olej nebo vodu. Většinou pracují se spodním pístem, který se pohybuje v tlakovém válci umístěném v rámu lisu. [1]

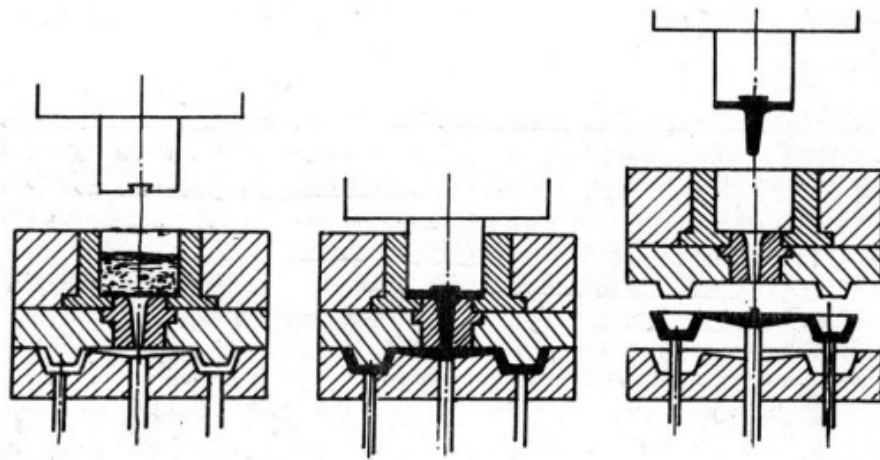


Obr. 3: Lis se spodním pístem [1]

1 – rám, 2 – píst, 3 – dvoucestný ventil, 4 – střední topná deska

2.4 Přetlačování

Jde o metodu, kdy je kaučuková směs protlačována kanálky do vulkanizační formy. Nálož kaučukové směsi se vloží do komory. Spuštěním lisu dojde k pohybu dolní desky vzhůru a do tlakové komory vnikne píst upevněný na horní desce. Píst protlačí směs přes vtok do dutiny. Dutina formy musí být odvzdušňována. Po naplnění formy dojde k vytékání směsi kontrolním otvorem, což znamená konec lisovacího procesu. [1]



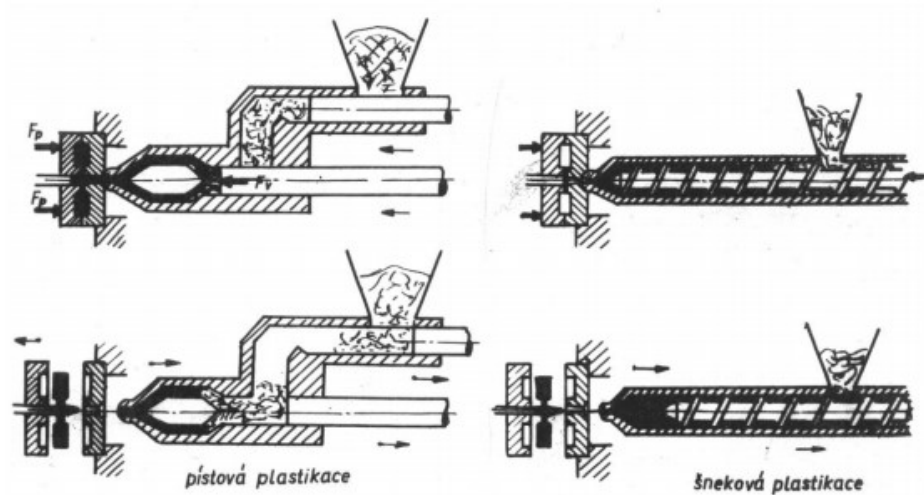
Obr. 4: Technologie přetlačování [3]

2.5 Vstřikování

Jde o metodu lisování, při které nevznikají žádné přetoky. Před procesem vstřikování do formy se směs ohřívá nejvýše na 100 °C. Forma bývá ohřáta na 200 °C, při této teplotě dochází k vulkanizaci směsi. Vstřikovací stroje lze použít pístové a šnekové. [1]

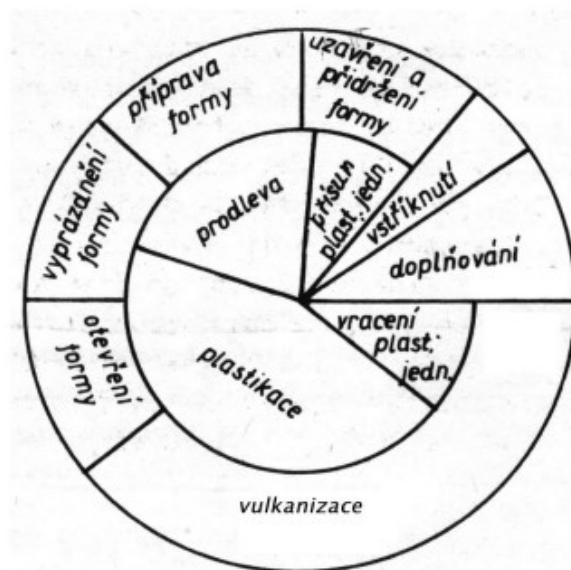
Pístové vstřikovací stroje mají nepřetržité zásobování směsí. Směs se předehřívá staticky ve válci. Píst vtlačuje zplastikovanou směs do předehřáté formy. [1]

Šnekové vstřikovací stroje používají k plastikaci šnek. Směs se do stroje dostává ve formě granulí nebo pásů. K plastikaci dochází mezi šnekem a stěnami válce. Připravená směs je do formy vstříknuta vysokou rychlostí. [1]



Obr. 5: Princip vstřikování pístové a šnekové plastikace [3]

Cyklus vstřikování lze rozdělit na dvě části, první část se odehrává v plastikační jednotce a druhá ve formě. Celý proces vstřikování je znázorněn na obrázku níže. [3]



Obr. 6: Vstřikovací cyklus [3]

Metodu vstřikování lze snadno automatizovat, má velkou produktivitu a malé materiálové ztráty. [3]

2.6 Vulkanizace

Zvulkanizováním kaučukové směsi se získá konečný produkt nazývaný pryž. Pryž má vysokou schopnost vratné deformace, při nízkém modulu pružnosti. Tuto vlastnost pryž získá

při procesu vulkanizace, kdy dojde ke vzniku pevných chemických vazeb. Tyto vazby vznikají mezi řetězovými molekulami kaučuku. Proces vulkanizace je podmíněn přítomností vulkanizačního činidla. [1,6]

Po průběhu vulkanizace se stává polymer nerozpustný. Při použití rozpouštědla dojde pouze k botnání vulkanizátu. Pevnost vulkanizátu roste až do optimálního stupně zesíťování. Po překročení tohoto stupně dochází k poklesu pevnosti, naopak dochází ke zvyšování modulu a tvrdosti. Čím vyšší je stupeň vulkanizace, tím vyšší je odolnost vůči trvalým deformacím. [1]

2.6.1 Průběh vulkanizace

Průběh vulkanizace můžeme rozdělit do tří fází:

- indukční perioda vulkanizace,
- vlastní síťovací reakce,
- změny ve struktuře vytvořené sítě. [6]

Ve fázi indukční periody vulkanizace dochází k reakci vulkanizačního činidla, nejčastěji sírou nebo donory síry s kaučukem a dalšími složkami směsi velice pomalu. V této fázi dochází k zaplnění formy kaučukovou směsí. [1,6]

Další fází je vlastní síťovací reakce, kdy dojde ke zrychlení reakcí složek kaučukové směsi. Začínají se tvořit příčné vazby a dojde k celkovému zesíťování. Vulkanizační činidlo se zde již skoro nevyskytuje, čímž dochází ke snížení rychlosti vulkanizace. [1,6]

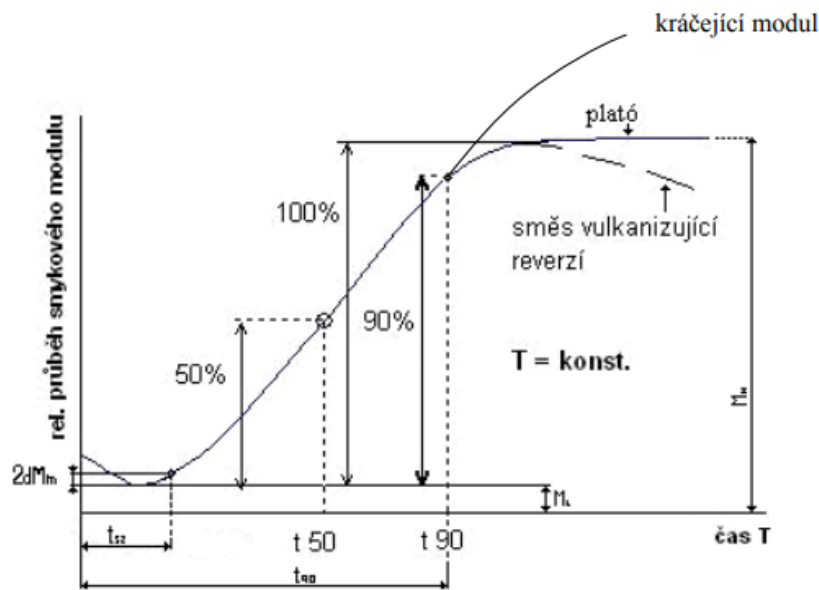
Následuje fáze změny ve struktuře vytvořené sítě. Zde může dojít k několika jevům – reverzi, dodatečnému síťování. Reverzí rozumíme pokles stupně vulkanizace, a tím zhoršení vlastností vulkanizátu. K dodatečnému síťování dochází při delší vulkanizaci, zde je již vulkanizační činidlo dokonale zreagované. Vulkanizát se stává tvrdší. Optimem poslední fáze by měl být konstantní stupeň vulkanizace. [1,6]

2.6.2 Vulkanizační křivka

Slouží k zobrazení průběhu vulkanizace. Vulkanizační křivka zaznamenává závislost stupně vulkanizace na době vulkanizace. Lze se setkat se třemi variantami vulkanizační křivky, kdy má každá jiný průběh. Vulkanizační křivka se získává z přístroje zvaný vulkometr. [6]

První variantou je vulkanizační křivka, kdy po hodnotě M_{\max} , která znázorňuje maximální modul pružnosti, následuje krácející modul. Modul zde pomalu vzrůstá. Druhou variantou je reverze, kdy modul klesá. Poslední variantou, která může nastat je vulkanizační plató. V tomto případě se modul po dobu vulkanizace již nemění. [6]

Z vulkanizační křivky se získávají hodnoty důležité pro zjištění doby navulkanizace, optimum vulkanizace, popřípadě odolnosti proti reverzi. [6]



Obr. 7: Vulkanizační křivka [3]

t_{s2} – čas bezpečnosti

t_{50} – čas vulkanizace 50 % materiálu

t_{90} – čas vulkanizace 90 % materiálu

MH – maximální hodnota kroutícího momentu

ML – minimální hodnoty kroutícího momentu

3 ZANÁŠENÍ VULKANIZAČNÍCH FOREM

K zanášení dutin vulkanizačních forem dochází v průběhu vulkanizace pryžového výrobku. Na zanášení dutiny vulkanizační formy má největší podíl kaučuková směs (složení), dutina formy (materiál, opracování, tepelné zpracování, povrchová úprava, složitost konstrukce) a zpracovatelské podmínky. Nejčastěji se tyto problémy objevují u syntetických kaučuků, při použití vysoké vulkanizační teploty. [1]

V důsledku zanešení dutin forem jsou zjišťovány odchylky rozměrové i tvarové. Zanešení povrchu dutiny vulkanizační formy negativně ovlivňuje vyjímání hotových výlisků z formy a zvyšuje možnost výroby nekvalitních výrobků. [7]

3.1 Přílnavost

Přílnavost a znečištění dutiny formy jsou úzce spjaty s adhezí, povrchovými aktivitami a přísadami. Při tvarování dochází ke kontaktu mezi dutinou formy a zpracovávaným materiálem. Nezvulkanizované části materiálu způsobují zanášení forem vlivem lepivosti. Při prvotním zanešení dutiny formy se znečištění dále rychle rozšiřuje. [8, 9]

Pro odstranění nebo omezení těchto problémů je možno použít roztoky, které usnadňují vyjímání výlisku z formy a zabraňují ulpívání zbytků na povrchu formy. V současnosti jsou k tomuto účelu používány vodné emulze silikonového oleje. [1]

3.2 Složení kaučukové směsi

Během vulkanizace na stěnách dutiny formy ulpívá vrstva znečištění, která se s každým dalším cyklem zvětšuje. Bylo zjištěno, že při vulkanizaci pomocí síry a oxidu zinečnatého nejvíce znečištění vznikalo díky vedlejšímu reakčnímu produktu sulfidu zinečnatého. Tato látka způsobuje šedou vrstvu znečištění formy. [10]

Znečištění může být redukováno změnou složení směsi nebo povrchovou úpravou formy. Při změně složení směsi, byly provedeny pokusy s nahrazením oxidu zinečnatého, který ve směsi slouží jako aktivátor. Oxid zinečnatý byl nahrazen oxidem vápenatým a oxidem hořečnatým. Tohle řešení nepřineslo výsledky, protože vytvořený sulfid vápenatý i sulfid hořečnatý tvořily také značné znečištění. [10]

3.3 Procesní parametry

Na znečišťování dutiny formy má největší vliv vulkanizační teplota a počet proběhlých cyklů. Se zvyšující se vulkanizační teplotou roste množství a rychlost znečištění dutiny formy. Čím více vulkanizačních cyklů ve vulkanizační formě proběhne, tím větší množství znečištění v dutině formy zůstane. Znečištěná forma zamezuje snadnému vyjmutí vylisku, popřípadě jsou v důsledku znečištění vyráběny nekvalitní kusy. [7]

3.4 Drsnost a tvrdost formy

Na zanášení dutiny vulkanizační formy má významný vliv drsnost formy. Čím drsnější je povrch dutiny formy, tím více dochází k jejímu znečištění. Eliminovat drsnost dutiny formy lze povrchovou úpravou, která sníží její drsnost a dochází tak k snadnějšímu vyjmutí pryžového výrobku z formy. Vliv na drsnost formy mají také způsoby čištění dutiny formy. Mechanické čištění způsobuje opotřebení materiálu dutiny formy, což způsobuje její zdrsňení a následné ulpívání výrobku ve formě. [7]

Zvyšující se tvrdost dutiny formy snižuje přilnavost pryžového výrobku. Umožňuje také použití abrazivních čistících metod jako je tryskání. [7]

3.5 Geometrie tvaru dutiny formy

Znečištění dutiny formy lze nalézt v místech, kde tavenina nepodléhá smykovému napětí. Ve vulkanizační formě se tato místa nacházejí především v rozích a v místech s rozšířeným průřezem. Znečištění je sledováno především na stěnách dutiny formy, které jsou kolmé k toku kaučukové směsi. Zvýšení znečištění je sledováno také v místech soutoku proudu taveniny, kde se lze setkat s oxidací pryže, která se následně stává lepkavou. [7, 11]

3.6 Povrchová úprava forem

Při výběru materiálu forem je nutné vybrat materiál požadované tvrdosti a odolnosti proti opotřebení. Je vhodné, aby byl materiál snadno obrobitelný a bylo možno vyrobit složité tvary dutiny formy. V praxi se lze setkat s ocelí, hliníkem a slitinami mědi. Tyto materiály jsou dále opatřeny povrchovou úpravou, která upravuje vlastnosti materiálu dutiny formy. [9]

Používané povrchové úpravy slouží většinou pro snížení opotřebení povrchu forem. Při aplikaci povrchových úprav jsou využívány vysoké teploty, které mají nepříznivý vliv na metalurgický stav slitiny nebo mohou vést k deformaci dutiny formy. [9]

U vulkanizačních forem se lze setkat s povlakem z tvrdého chromu, který umožňuje výborné uvolnění pryžového výrobku z formy. Chromový povlak je získáván elektrochemicky. Využívány jsou i keramické povlaky, kdy se oxid chromu váže termochemicky na dutinu formy. Keramický povlak zvyšuje tvrdost a odolnost proti opotřebení, zároveň snižuje tření. Povlak niklu je používán pro svou odolnost proti kyselinám, má špatné separační vlastnosti, a proto je většinou aplikován pod povlak chromový. [9,12]

3.7 Separační prostředky

Pro snadné vyjmutí je nutná co nejmenší přilnavost pryžového výrobku. Co nejmenší přilnavosti lze dosáhnout použitím separačních prostředků, které slouží jako dělící část mezi povrchem dutiny formy a pryžovým výrobkem. Separační činidla lze rozdělit na vnější a vnitřní. [7, 11]

Vnější separační prostředky jsou ve většině případů na silikonové nebo teflonové bázi. Jsou používány za účelem usnadnění vyjímání výlisků z vulkanizační formy. Separační prostředky jsou nanášeny na povrch dutiny formy nátěrem nebo rozprašováním. [7, 11]

Vnitřní separační činidla jsou přidávána do kaučukové směsi. Cílem vnitřních separačních prostředků je snížení lepivosti směsi ve vulkanizační formě. [7]

4 ZPŮSOBY ČIŠTĚNÍ POVRCHU DUTIN FOREM

Při vulkanizaci vlivem tlaku, teploty a přísad mohou v dutinách forem vznikat usazeniny, které mají za následek sníženou kvalitu a produktivitu výrobků. Mnoho směsí obsahuje stabilizátory, plniva a další přísady zanechávající zbytky v dutině formy. Zanešená dutina formy prodlužuje proces výroby, kdy je nutné dutinu formy během výroby čistit. Opětovná montáž forem vede k jejich opotřebení a manipulace s nimi může vést k jejich poškození. V některých případech může dojít až k deformaci forem způsobenou přeplněním kaučukovou směsí. Pro čištění forem můžeme použít metody mechanické, chemické a termochemické. Tyto metody zajišťují eliminaci poškození vulkanizačních forem a dalších používaných nástrojů. [13,14]

4.1 Mechanické čištění dutin forem

Mechanické čištění dutin forem patří mezi nejstarší způsoby čištění. V současné době se od tryskání klasickým abrazivem přechází k tryskání suchým ledem, především pro citlivost této metody k čištěnému povrchu a nižším nákladům na čištění. [15]

4.1.1 Tryskání

Jedná se o postup čištění materiálů forem proudem abrazivních částic. Tryskání je rozlišováno na „tlakovzdušné“ a „metáním“. [13]

Tlakovzdušné tryskání

Tlakovzdušné tryskání slouží pro opracování povrchu formy pomocí proudem unášených jemných abrazivních částic. Dle způsobu je děleno na „injektorový“ nebo „tlakový“ systém. Rozdíl mezi těmito systémy je ve výkonosti, a to zhruba 300 %. [13,16]

Injektorový systém přisává abrazivní částice ve vzduchové uzavřené komoře. Uvnitř uzavřené pistole je umístěna vzduchová tryska. Tato tryska pod určitým tlakem strhává abrazivní částice. Tryskací hadicí se abrazivo dostane k ústí trysky, kde je vymršťováno na povrch otryskávaného materiálu. Injektorový systém se využívá v tryskacích kabinách, tryskacích pistolích a zařízeních na „volné“ tryskání. [13]

U tlakového systému je uzavřená tlaková nádoba s abrazivem. Za zvýšeného tlaku je abrazivo unášeno do hadice, která je ukončena tryskou. Z trysky je abrazivo vrháno na povrch tryskaného materiálu. [13]

Tryskání metáním

Tato technologie pracuje na principu odstředivé síly. Na rotoru se nachází metací lopatky, které jsou na něm pravidelně rozmístěny. Do středu rotoru jsou přiváděny abrazivní částice, které jsou při dostatečném počtu otáček vymrštěny na povrch materiálu. Použité abrazivum projde filtrem, kde je rozděleno na část dále využitelnou a znehodnocené abrazivum. [16]



Obr. 8: Rozdělení tryskání [17]

Abraziva používaná pro tryskání

Mezi nejpoužívanější abraziva řadíme ocelové granuláty a drtě s tvrdostí 46 – 53 HRC. Drť je vyráběna drcením tepelně upraveného granulátu. Granulát je vyráběn z nadeutektoidní uhlíkové oceli. Výhodou oceli je dlouhá životnost a rázová odolnost. [13]

Pro otryskávání výrobků z neželezitých kovů je využíván antikoroziční granulát s tvrdostí kolem 30 HRC. Granulát je vysoce korozivzdorný s dlouhou dobou použití. Využívá se především pro výrobky s vysokou pevností. [13]

Dalším materiálem používaným pro otryskávání jsou korundové drtě. Tyto drtě jsou využívány i jako ostřívo do žáruvzdorných hmot. [13]

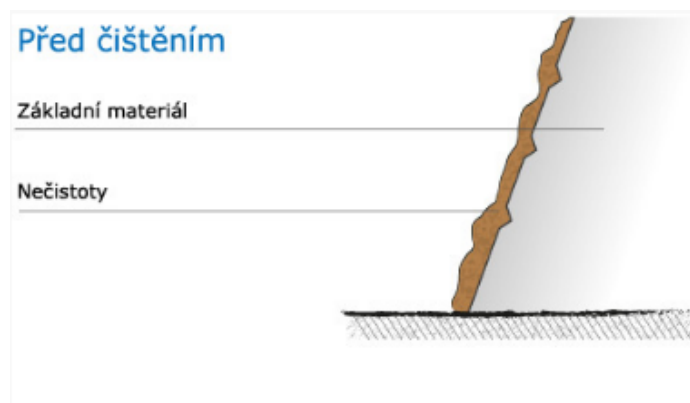
Tryskání suchým ledem

Otryskávání suchým ledem je určeno pro použití na horkých formách a zvláště vhodný je pro nástroje s více dutinami a malými, složitými nebo citlivými povrchy. [15]

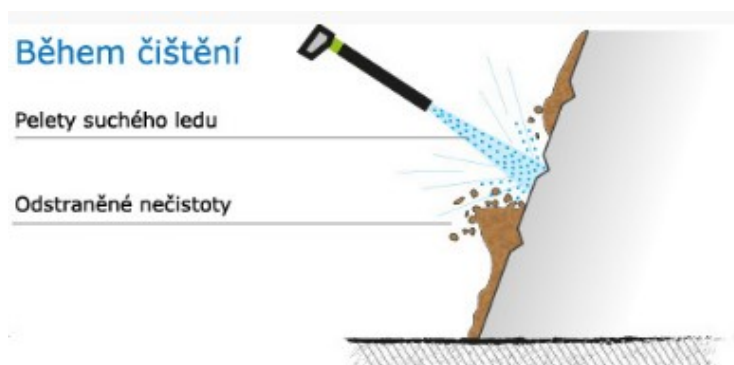
Pelety suchého ledu jsou ze zásobníku unášeny stlačeným vzduchem přes hadici na tryskaný materiál. Znečištěný materiál se po rychlém ochlazení suchým ledem vlivem zkrěhnutí uvolňuje. Pistole umístěná na konci hadice slouží k usměrnění tryskání na povrch čistěného materiálu. Suchý led při kontaktu se znečištěným povrchem mění své skupenství z pevného na plynné. [13, 18]

Pelety při kontaktu se znečištěným materiálem působí třífázově. První fází je působení kinetické energie. Ta vzniká při dopadu pelety na povrch znečištěného materiálu. Znečištění je z povrchu uvolněno. Druhou fází je ochlazení znečištění nízkou teplotou suchého ledu. Znečištěný materiál se stane křehkým, čímž dojde k snadnému oddělení od materiálu. V třetí fází dojde k sublimaci pelety. Sublimací dojde k zvětšení objemu suchého ledu až 800-krát. Několikanásobné zvětšení oddělí usazeniny od čištěného materiálu. [13, 18]

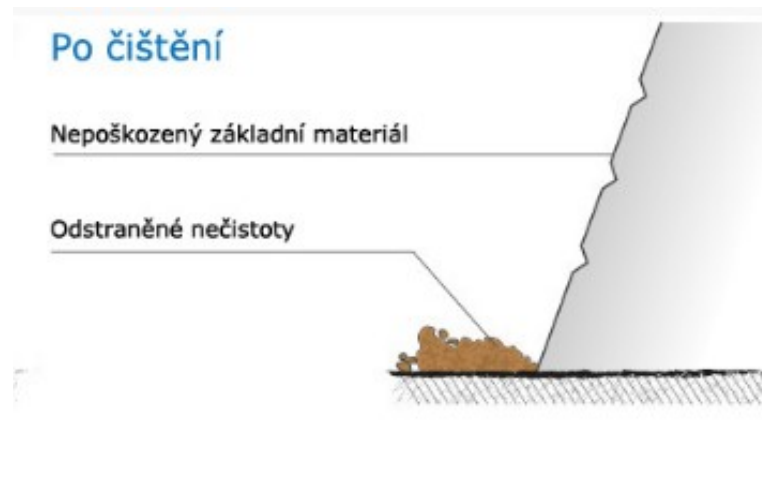
Technologie tryskání suchým ledem má schopnost odstranit znečištění, aniž by došlo k poškození čištěného materiálu. [18]



Obr. 9: Znečištěný materiál [18]



Obr. 10: Čištění suchým ledem [18]



Obr. 11: Materiál po čištění suchým ledem [18]

Čištění suchým ledem eliminuje náklady a likvidaci odpadu, jako je například u manuálního čištění nebo čištění ultrazvukem, kde je použito rozpouštědel a další tekuté čisticí roztoky. Mimo to bylo prokázáno, že otryskávání suchým ledem prodlužuje životnost nástrojů tím, že eliminuje opotřebení způsobené abrazivními procesy čištění. Metoda je bezpečná, neboť jsou zde eliminovány chemikálie. Největší výhodou ovšem zůstává čištění horkých forem, což značně snižuje čas potřebný k čištění a zaručuje rychlou návratnost formy do provozu. Nevýhodou této technologie jsou vysoké provozní náklady a nadměrný hluk při procesu čištění. [15,12]

4.1.2 Čištění ocelovými kartáči, brusnými pastami

Hlavní zásadou je používat mechanické prostředky z měkčích materiálů než je materiál čištěného povrchu. V opačném případě může dojít k poškrábání dutiny formy. Metody brusných past nejsou doporučovány. Abrazivní složka brusných past snižuje životnost dutiny formy i kvalitu povrchu. Formy čištěné těmito způsoby jsou v důsledku nešetrného čištění často obnovovány, což vede k vyšším nákladům výroby. [19]

4.2 Chemické čištění forem

Chemické čištění je proces, který primárně využívá chemická řešení k odstranění nečistot z forem. [19]

Chemické čištění má oproti čištění mechanickému řadu nevýhod. Největší nevýhodou je, že forma musí být vždy demontována a znovu sestavena. Při chemickém čištění musí být forma

vystavena chemickému činidlu po dostatečně dlouhou dobu, což prodlužuje čas čištění. Čištěním nejsou poškozovány části forem, které jsou více náchylné ke korozi. [20]

4.2.1 Proces chemického čištění

Při chemickém čištění je většinou použit pětistupňový proces, ten je závislý na povaze materiálu a typu znečištění. [20]

Krok 1 – čištění alkalickými látkami

Obvykle je prováděno hydroxidem sodným a jsou jím odstraněny všechny polární látky jako tuky a oleje. [20]

Krok 2 – oplachování

Usazeniny jsou z materiálu uvolněny. Alkálie i usazeniny jsou z materiálu odstraněny. [20]

Krok 3 – čištění kyselinou

Kyselinami jsou odstraňovány iontové usazeniny z kovu. Výběr kyseliny závisí na ceně a její účinnosti, ale i druhu znečištění. [20]

Krok 4 – oplachování

Opětovné uvolňování usazenin. Odstraňuje čisticí chemikálii. [20]

Krok 5 – ochrana alkalickými látkami

Vyčištěný kov musí být potažen ochrannou vrstvou proti korozi. Potažení je obvykle prováděno reakcí kovu s oxidačním činidlem, které je obvykle alkalické. Forma následně může být použita tak, jak byla navržena. [20]

4.2.2 Kyselé a alkalické roztoky

Čištění rozpouštědly může být prováděno kyselými nebo alkalickými chemikáliemi, jako je ethylenglykol a organická činidla. Čištění rozpouštědly je pomalé. Výběr kyseliny závisí na čištěném materiálu a druhu znečištění. Pro svou nebezpečnost při použití bývají používány jako poslední možnost čištění. Alkalické roztoky vyžadují dlouhou dobu ponoření, a to 3 – 4 hodiny. Nedosahují optimálních výsledků, a proto je nutné manuální dočištění ocelovými kartáči. [21]

Náklady na zařízení pro čištění těmito látkami jsou nízké, ovšem náklady na chemické látky jsou značně vysoké. Použitá rozpouštědla ovlivňují životní prostředí a je třeba ekologické likvidace odpadu. [21]

4.2.3 Čištění pomocí ultrazvuku v chemické lázni

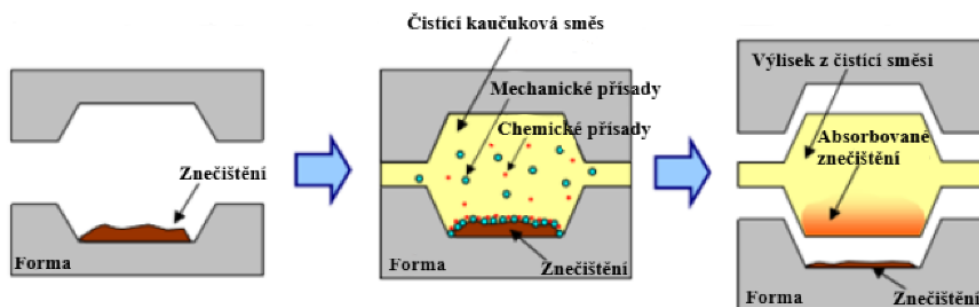
Čištění probíhá pomocí ultrazvukové aktivace v chemické lázni. Kompletní zařízení pro čištění forem se skládá z 3 až 6 nádrží, dle druhu použití. Nejdříve je forma vložena do ponorné nádrže s alkalickým roztokem a aktivovaným ultrazvukem. Zde dojde k čištění znečištěných ploch. Následně je forma propláchnuta v nádrži s aktivní lázní o teplotě 40 °C a aktivovaným ultrazvukem. Po opláchnutí studenou vodou následuje ponoření do kyselého roztoku, kde dojde k deoxidaci povrchu dutiny formy s následným oplachem studenou vodou. Posledním krokem při čištění dutiny formy pomocí ultrazvuku je sušení v nádrži s odvzdušňovacím olejem, kde dojde k sušení a ochraně před oxidací povrchu. [22]

Hlavní výhodou této metody čištění je odstranění opotřebení formy, úspora nákladů na pracovní sílu a snížení opotřebení dutiny formy. [22]

4.2.4 Použití čisticích prostředků pro snížení znečištění formy

Použitá čisticí prostředky mohou být na bázi suspenze či gumové čisticí směsi. Slouží jako prevence znečištění nebo přímo pro čištění povrchu dutiny formy.[23, 24]

Čisticí gumová směs slouží pro odstranění znečištění dutiny formy, ke kterému dochází při procesu lisování ve vulkanizační formě. Čisticí směs je vložena do formy, použitá lisovací teplota je od 160 – 190 °C. Čisticí směs je lisována po dobu 2 – 5 minut. Čisticí směs díky svým přísadám rozpouští znečištění na povrchu dutiny formy. Znečištění následně ulpívá na výlisku z čisticí směsi. [24]



Obr. 12: Proces čištění gumovou čisticí směsí, překlad autor [24]

Čistící suspenze slouží jako prevence zanášení dutiny formy. Při použití čistících prostředků, sloužících pro snížení znečištění dutiny formy je nutné znát dobu, po které je dutina formy znečištěna a je nutné přejít k procesu čištění. Čistící prostředky jsou použity v tzv. čistícím bodu. Tento bod je ve středu doby mezi dvěma čistícími cykly a následně v době pravidelného čištění. Například, je-li dutina formy čištěna každý měsíc, jsou čistící prostředky použity každých 14 dní. Důvodem tohoto častějšího čištění je exponenciální růst zanášení dutiny formy. [23]

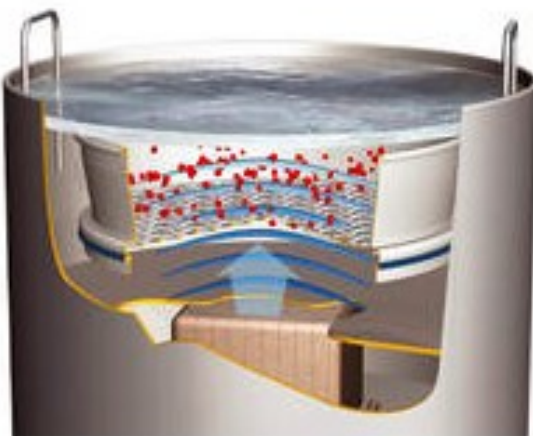
Čistící prostředek je vybírán dle teploty dutiny formy ihned po jejím otevření. Čistící prostředek prochází celým vstřikovacím systémem, má vynikající průtokové charakteristiky, které umožňují čištění téměř jakéhokoli vstřikovacího stroje. Čištění je prováděno za vypnutého vakua. Následně je vstřikovací stroj spuštěn a proběhne čištění stroje. Je nutné, aby čistící prostředek vyplnil celou dutinu formy. Čistící prostředek rozkládá příčné vazby znečištění. Dochází k pohlcení znečištěných složek čistícím prostředkem. Po použití prostředku je nutné spustit další dva vstřikovací cykly s obvyklým materiálem. To zajistí vyčištění stroje od čistícího prostředku. [23]

4.3 Termochemické čištění forem

Mezi metody termochemického čištění forem lze zařadit čištění ultrazvukem, laserem a elektrolýzou. V současné době jsou tyto metody čištění využívány především pro jejich nedestruktivní způsob čištění a pro schopnost čištění špatně dostupných míst dutiny vulkanizační formy. [25, 26, 12]

4.3.1 Čištění ultrazvukem

Ultrazvukové čištění využívá vysokofrekvenční zvukové vlny pro odstranění zbytku znečištění forem, znečištění z nástrojů a desek, které jsou ponořeny do vyhřívaného obvykle 50 – 60 °C teplého vodného roztoku. Ultrazvukový generátor převádí standardní kmitočtový proud 60 nebo 50 Hz na vysokofrekvenční elektrickou energii 20 000 Hz nebo i více. Generátor je připojen k malým převodníkům. Tyto snímače vibrují při ultrazvukové frekvenci 20 kHz a vyšší. To způsobí, že dno nebo strany nádrže vibrují podobně jako membrána, což vytváří mikroskopické bubliny, známé také jako kavitace, které drtí a uvolňují zbytky a špínu. [25]



Obr. 13: Princip čištění ultrazvukem [26]

Čistící schopnost ultrazvuku závisí na čistícím roztoku. Ten je použit dle způsobu znečištění a druhu vstříkované směsi. Vysoce alkalické roztoky, jako je hydroxid sodný nejlépe odstraňují tvrdé nečistoty, aniž by došlo k poškození většiny povlaků. Mimo vysoce alkalických roztoků může být použito mírných alkalických roztoků a mírných kyselých roztoků. Obecně platí, že čím mírnější roztoky jsou k čištění použity, tím méně účinné jsou při čištění. [25]

Metoda čištění ultrazvukem odstraní většinu nečistot, při minimálním použití manuálního čištění. Nevýhodou metody je použití roztoků škodlivých pro životní prostředí, které musí být ekologicky zlikvidovány. [25,12]

4.3.2 Čištění laserem

Jedná se o bezkontaktní, nedestruktivní metodu čištění nástrojů pro vstříkování. Čištění laserem je přesná a cenově výhodná metoda pro čištění kovových nástrojů. Touto metodou je možné odstraňovat znečištění jak lokálně, tak i plošně. Lasery jsou schopny odstranit přísady, barviva, mastnotu, rez a další nečistoty z povrchu forem, a zároveň minimalizovat otěr a tvorbu tepla. [27,28]

Při čištění laserem dochází k odstranění usazených nečistot z povrchu formy pomocí ultrakrátkých laserových pulzů. Nečistota je odstraňována pomocí tepla a teplem vyvolaným tlakem, což způsobí odpaření nečistoty, aniž by došlo k poškození základního materiálu. Pro správné čištění musí být správně nastaveny parametry laseru. [29, 28]



Obr. 14: Princip čištění laserem [30]

Formy mohou být čištěny na místě, aniž by je bylo nutné demontovat. Mohou být taktéž čištěny chladné i horké. To zaručí minimální narušení procesu výroby a méně prostojů. Lasery jsou málo nákladné na spotřebu energie a nízká spotřeba materiálu udržuje náklady na minimu. Čištění laserem je ideální použít tam, kde formy vyžadují časté čištění. Nevýhodou použití laserů k čištění dutin forem jsou vysoké pořizovací náklady laseru. [27,12]

4.3.3 Čištění elektrolýzou

Elektrolytické čištění je způsob odstraňování znečištění z kovového povrchu vystavením elektrody elektrolytické lázni. Obvykle je připravená lázeň ochlazována, protože elektrolytický proces vytváří hodně tepla. Vodivost roztoku se zvyšuje na teplotu, která nesmí být příliš blízko varu, neboť vznikající bubliny snižují vodivost. Rozmezí pracovních teplot je mezi 40 – 60 °C. Obecně platí, že elektrolytický proces je agresivnější než ultrazvukové čištění. [31]

5 MATERIÁLY FOREM

Vulkanizační formy jsou nástroje, které jsou tvořeny z mnoha druhů dílů. Tyto díly mohou být funkční nebo pomocné. Hlavními požadavky na výrobu forem jsou nízké náklady na pořízení formy, její dlouhá životnost a schopnost dosáhnout stanovené kvality výrobku. [19]

Výběr materiálu forem se odvíjí od druhu použité kaučukové směsi, požadavků na přesnost a kvalitu výrobku, podmínkách vstřikování a použitého vstřikovacího stroje. Pro výrobu forem lze většinou použít materiály s univerzálním využitím. Z ocelí pro svou jakost může být využita konstrukční ocel, cementační ocel, kalitelná ocel a antikorozi ocel. Dalšími používanými materiály mohou být neželezné slitiny kovů a další materiály. [19]

5.1 Oceli

Pro svou pevnost a mechanické vlastnosti jsou nejvyužívanějším materiálem na výrobu forem. Volba konkrétního materiálu závisí na jeho požadované funkci. Materiál musí být dobře obrobitelný a mít dostatečnou mechanickou pevnost. Aby bylo dosaženo kvalitního výstřiku, jsou na materiál kladeny další požadavky jako je kalitelnost a prokalitelnost, dobrá lešitelnost, vysoká otěruvzdornost a odolnost proti korozi. [19]

Konstrukční oceli

Tento druh ocelí je vhodný pro výrobu méně namáhaných dílů formy. Konstrukční oceli jsou používány hlavně k výrobě rozpěrek, dorazů, desek, šroubů a šroubení. Tyto oceli jsou dobře obrobitelné. U forem, u kterých je požadavek na vyšší pevnost se používá konstrukční ocel uhlíková ušlechtilá. [19]

Cementační oceli

V žíhaném stavu mají tyto oceli nízkou pevnost, jsou dobře obrobitelné, tvárné a nejsou náchylné k praskání v průběhu kalení. Zvýšení pevnosti lze dosáhnout cementací povrchové vrstvy, kterou je možno zakalit na tvrdost více jak 700 HV. Je používána na funkční díly vulkanizačních forem, pouzdra a kolíky. [19]

Kalitelné oceli

Při kalení oceli dochází k velkým deformacím. Ocel se kalí ve vodě, přičemž je prokalena malá povrchová vrstva což způsobuje měkké jádro. Použití pro formy jednoduchých tvarů a pomocných dílů forem. [19]

Antikorozní oceli

Jsou odolné proti chemicky agresivním látkám, jsou odolné proti korozi, mají vysokou prokalitelnost. Tyto oceli se používají pro tvarové části forem. [19]

Oceli k nitridování

Nitridování se provádí u součástí dobře zakalených a popouštěných, zvyšujeme tím tvrdost vrstvy na povrchu součásti. Tloušťka vrstvy se pohybuje od 0,02 až 0,05 mm. Tímto procesem lze dosáhnout tvrdosti 800 až 1200 HV. Vhodné pro výrobu dílů s vysokými požadavky na ošetrivost. [19]

Martensiticky vytvrditelné oceli

Patří sem vysoce legované oceli Cr, Ni, Co, Mo. Tyto oceli mají nízký obsah C a lze je za použití nízké teploty tepelně vytvrdit. Pro svou vysokou cenu se používají na nejvíce namáhané díly forem. Na díly, které mají být leštěny a zároveň budou vysoce houževnaté. [19]

5.2 Slitiny mědi

Slitiny mědi se s výhodou používají pro jejich dobrou tepelnou vodivost, chemickou odolnost a dobré kluzné vlastnosti. Tepelná vodivost je u těchto materiálů 4x vyšší než u ocelí. Dobré kluzné vlastnosti zaručují jednodušší odformování výrobku. [19]

Jsou vhodné na výrobu chladících trnů, tvarových vložek, matic a šroubů, vyhazovacích kolíků, středících pouzder a podobně. [19]

5.3 Slitiny hliníku

Využívá se jejich chemické odolnosti proti korozi a pro svou tepelnou vodivost. Jsou méně odolné a i pevnost je zde nižší než u ocelí, mají výborný chladicí účinek. Často zde na povrchu materiálu může docházet ke vzniku pórů. Používají se na formy, které jsou plněny směsí obsahující nadouvadla a na tvarové vložky. [19]

6 TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ MATERIÁLU FOREM

Tepelným zpracováním se rozumí operace, při kterých dojde ke změně vlastností materiálů. Tyto vlastnosti se mění na požadované vlastnosti. Při tepelném zpracování se mění struktura a mechanické vlastnosti materiálu. Mezi hlavní operace patří žíhání, kalení, popouštění s následným kalením a chemicko-tepelná zpracování. [19]

Žíhání ocelí

Při tepelném zpracování součástí forem používáme žíhání bez překrystalizace. [19]

Jedná se o žíhání k odstranění vnitřního pnutí, vznikajícího při tepelném a mechanickém zpracování a žíhání naměkko, které provádíme za účelem zlepšení obrábění u ocelí s obsahem uhlíku nad 0,4 %. [32]

Kalení ocelí

Kalením s následným popouštěním se získávají konečné vlastnosti materiálu formy. Tímto zpracováním se zvyšuje tvrdost oceli. Může zde dojít ke vzniku vnitřního pnutí, které dále způsobuje deformaci materiálu. [19]

Popouštění ocelí

Následuje vždy po kalení. Při kalení vznikají vnitřní pnutí, která vedou k deformacím materiálu. Popouštěním dojde ke snížení vnitřního pnutí. Dále popouštění snižuje tvrdost, pevnost, zmenšuje křehkost a naopak zvyšuje houževnatost. [19]

Cementování ocelí

Jedná se o sycení povrchu oceli uhlíkem. Provádí se u materiálů s nízkým obsahem uhlíku. Vzniklá vrstva je hluboká 0,3 až 2,5 mm. Po cementování následuje kalení, díky kterému se zvýší tvrdost materiálu. Cementovaná vrstva vyniká vysokou tvrdostí. Jádro materiálu je houževnaté. Provádí se u materiálů forem, které jsou namáhány na otěr. [19]

Nitridování ocelí

Jedná se o sycení povrchu dusíkem. Získá se materiál s vysokou tvrdostí povrchu. Dále se již tepelně nezpracovává. Materiál bývá před nitridováním zušlechťován. Nitridace se provádí u funkčních dílů forem, ve kterých jsou zpracovávány materiály obsahující abrazivo. Tímto chemicko-tepelným procesem se získá vysoká ořezavost. [19]

Tepelné zpracování neželezných kovů

Používá se u slitin neželezných kovů. Zpracováním dochází k úpravě a zlepšení požadovaných vlastností materiálu forem. Provádí se žíhání na odstranění pnutí, žíhání na měkko a vytvrzování. Vytvrzováním se vylučují určité složky zpracovávané slitiny. [19]

7 POVRCHOVÉ ÚPRAVY MATERIÁLU FOREM

Povrchové úpravy forem ovlivňují především vlastnosti formy a technickou funkci formy. Při volbě povrchové úpravy forem, záleží především na účelu a funkci povlaku. [33]

Rozlišují se povlaky ochranné a speciální. Povlaky ochranné tvoří na materiálu vrstvu, která ho chrání proti korozi a klimatickým vlivům. Speciální povlaky slouží ke zvýšení odolnosti proti opotřebení dutiny formy, zvýšení tvrdosti povlakovaného materiálu nebo také upravení elektrické vodivosti materiálu. [33]

7.1 Úprava povrchu před povlakováním

Každý materiál byl před přípravou na povlakování zpracováván, skladován a přepravován. Během těchto procesů ulpívá na materiálu mnoho nečistot. Především se lze setkat s mastnotou od olejů, vazelín a vosků, okujemi a jinými analogickými látkami vytvářejícími se při zpracování materiálu a dalšími částicemi. [33]

Nanášení povlaků se aplikuje pouze na materiál čistý. Materiál musí být zbaven všech nečistot vyskytujících se na povrchu. Důležitá je také úprava jakosti materiálu tak, aby byla vyhovující mikrogeometrie a mikrostruktura povrchu. [33]

Pro úpravu povrchu můžeme použít mechanické úpravy, chemické úpravy, elektrochemické úpravy a další technologie. Tyto technologie jsou vybírány na základě materiálu formy, předchozího zpracování materiálu, stupni znečištění povrchu, rozměrů a konstrukce formy a v neposlední řadě také množství vyráběných forem nebo jejich částí. [33]

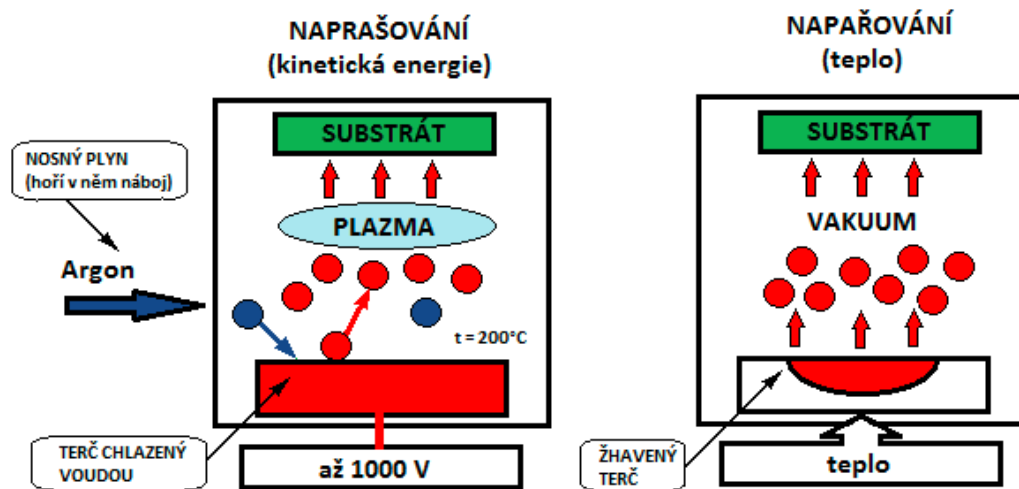
7.2 Povlaky PVD

Povlaky PVD, physical vapour deposition, jsou fyzikální metody vytváření povlaků, které vznikají napařováním nebo naprašováním. [33]

Při napařování se látka, která má být odpařena, nahřívá na vyšší teplotu. K ohřátí látky se používá odporový ohřev, indukční ohřev, ohřev elektronovým svazkem, ohřev laserem nebo rychlým odpařením. Ohřátí může být provedeno v celém materiálu nebo pouze v místě odpařované látky. Vzniklý povlak má tloušťku 2 – 5 μm . Nejčastěji se používá odpařování wolframu, tantalu, molybdenu, grafitu, platiny a niklu. [33]

Naprašováním se vytváří vrstva povlaku za nízkých teplot. Ionty nebo neutrální částice dopadající na materiál mají za následek vyseknutí atomů nebo iontů provázené emisí elektronů a fotonů. [34]

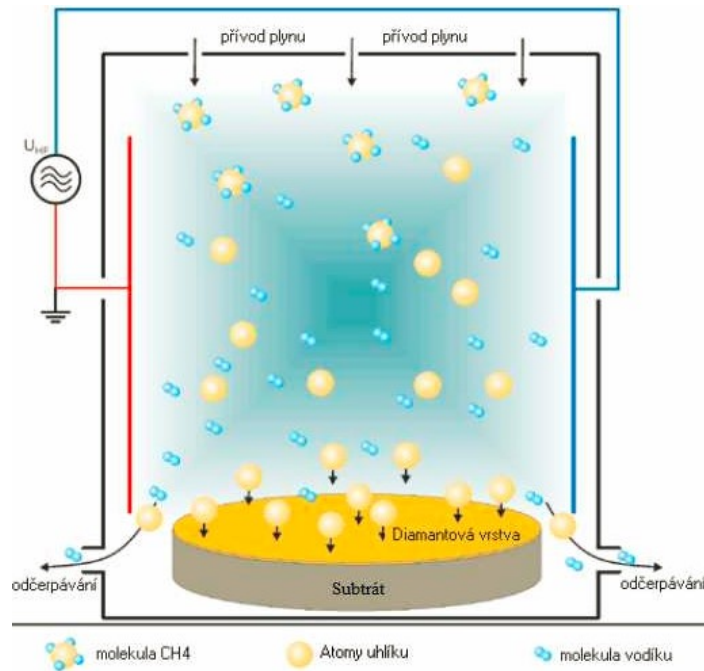
PVD povlaky zlepšují vyplnění formy materiálem a zaručují vyšší abrazivní schopnost dutiny formy. Povrchová vrstva nesmí reagovat s chemickými složkami používanými pro čištění. Povlak zároveň musí odolávat mechanickým způsobům čištění, jako je například otryskávání. Musí mít tedy dostatečnou tvrdost. [35]



Obr. 15: Princip naprašování a napařování povlaku PVD [36]

7.3 Povlaky CVD

Povlaky CVD, chemical vapor deposition, je chemické nanášení povlaku. Povlaky jsou vytvářeny plynnými chemickými sloučeninami, které jsou dodávány do pracovní komory. Za zvýšené teploty ($900 - 1100^{\circ}\text{C}$) probíhá chemická reakce těchto reaktivních plynných sloučenin a par výchozích látek. Na povrchu ohřivaného substrátu vzniká povlak. Nevýhodou těchto povlaků je zaoblování ostrých hran, vznikající tloušťkou povlaku. [35, 38]



Obr. 16: Princip chemického nanášení povlaku CVD [37]

Povlaky jsou vysoce odolné a ořezuvzdorné. Metoda je vhodná pro tvarově složité výrobky. [38]

8 METODY ZKOUMÁNÍ ZANÁŠENÍ DUTIN FOREM

Při zkoumání znečištění dutin forem je důležité znát informace o jeho složení. K tomuto účelu lze použít metodu infračervené spektrometrie, rentgenové fluorescence a hodnocení pomocí změny povrchové energie. Infračervená spektrometrie je využívána k rozpoznání chemické struktury materiálů již řadu let. Dříve byla používána pro práškové materiály, protože nebyla možná analýza absorbujících matric. Při zkoumání povrchu materiálu může být využito také rentgenové fluorescence, která identifikuje jednotlivé atomy. [39, 40]

8.1 Infračervená spektrometrie

Jedná se o metodu zkoumání vzorků, která provádí kvantitativní i kvalitativní analýzy, zkoumá molekulovou dynamiku, chemické vlastnosti molekul, ale i další oblasti. Analyzuje makroskopické vzorky materiálu a podává informace o jejich složení. Metoda je založena na pohlcování infračerveného záření s různou vlnovou délkou zkoumaným materiálem. Infračerveným zářením se rozumí elektromagnetické záření o vlnové délce 800 nm – 0,5 mm. [41, 39]

Podstatou metody je interakce infračerveného záření se zkoumaným materiálem. Může dojít k pohlcení fotonu materiálem, pak se jedná o absorpční infračervenou spektroskopii. Odlišným případem je vyzáření fotonu. V tom případě se jedná o emisní infračervenou spektroskopii. Dle vlnových délek záření ji lze rozdělit na dalekou, střední a blízkou. Při zkoumání chemické struktury materiálu je sledována střední infračervená oblast. [39]

8.2 Rentgenová fluorescenční spektrometrie

Tato metoda je založena na vysokoenergetickém rentgenovém záření, které po dopadu na materiál vytrhne elektron z vnitřních slupek atomů každého z prvků. Vakance ve slupce je zaplněna elektronem ze slupky vyšší. Každý z atomů emituje specifické rentgeové záření. Dle intenzity spektrálních čar, která je měřena, je zjištěno složení zkoumaného materiálu. [40]

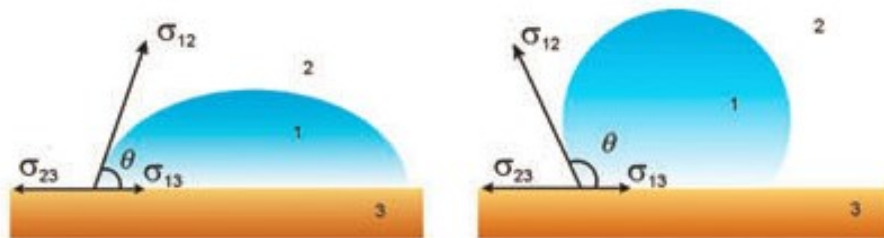
Pro tuto analýzu je nutné mít vzorky tuhých kompaktních materiálů, tuhé zrnité materiály, kapalně vzorky nebo vzdušné aerosoly. [40]

8.3 Hodnocení pomocí změny povrchové energie

Každý povrch tělesa narušuje prostorové uspořádání atomů a molekul, které je charakteristické pod povrchem tělesa. Atomy i molekuly na povrchu tělesa nemají žádné sousední atomy a molekuly, z toho důvodu nedokáží vytvořit energeticky nejvýhodnější uspořádání. Chemické vazby vznikají u látek pevných, u kapalných látek vznikají vazby převážně fyzikální, tyto vazby jsou vytvořeny na základě kohezních sil. Kohezní síly jsou překonávány při zvětšení povrchu kapaliny, kdy se molekuly dostávají zevnitř kapaliny na povrch. Protože k dostání molekuly či atomu na povrch je využita určitá práce, ukládají se zde atomy a molekuly ve stavu s vyšší energií. Povrchová energie se u kapalných látek měří jako práce, která je vynaložena k zvětšení povrchu kapaliny o jednotku, zatímco objem zůstává nezměněn. [42]

U povrchové energie se používají pojmy jako hustota povrchové energie či kapilární konstanta. Hustotou povrchové energie i kapilární konstantou je myšlena povrchová energie na plošnou jednotku povrchu tělesa. [42]

Povrchovou energii lze nalézt na rozhraní fází, které nejsou navzájem mísitelné, jako je například pevná látka – kapalina nebo pevná látka – vzduch. [42]



Obr. 17: Rozhraní tří fází [42]

Obr. 19 zobrazuje rozhraní tří fází. Na stěně pevné kapiláry se stýkají další dvě fáze. V tomto místě se vektorově sčítají mezifázová napětí. Výslednice těchto napětí zvedne nebo sníží vodní hladinu v kapiláře. Pro rovnováhu napětí zobrazenou na obrázku platí:

$$\sigma_{12} \cos \theta + \sigma_{13} = \sigma_{23}$$

Po úpravě:

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{23} - \sigma_{13}}{\sigma_{12}}$$

Úhel θ je označován jako krajový úhel a označuje smáčivost povrchu kapalinou. Adhezní konstanta je rozdíl $\sigma_{23} - \sigma_{13}$. [42]

9 SOUHRN STUDIJNÍ ČÁSTI

Teoretická část se věnuje složení kaučukové směsi, vulkanizaci ve formě a znečištění dutin vulkanizačních forem. U forem jsou popsány základní materiály používané na formy a jejich povrchové úpravy. Práce je zaměřena především na oblast čištění dutin forem, a to mechanickými a chemickými způsoby čištění. Jednotlivé metody jsou zde popsány a vysvětleny principy čištění. Závěr teoretické části je věnován metodám zkoumání a analýzy znečištění povrchu dutin forem.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

10 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Stanovené cíle diplomové práce:

- Provést optickou mikroskopii a vyhodnotit jakost opracovaných ploch vybraných zkušebních těles.
- Na vybraných zkušebních tělesech provést vstřikování.
- Použít vybrané chemické a mechanické metody čištění.
- Vyhodnotit znečištění vybraných zkušebních těles metodou FTIR.
- Vyhodnotit provedené metody čištění optickou mikroskopií.
- Provést zhodnocení použitých způsobů čištění forem.

11 POUŽITÉ MATERIÁLY

Pro experiment byla použita zkušební tělesa, která byla použita již dříve v jiných experimentech. Jednalo se o zkušební tělesa z nástrojových ocelí a slitin hliníku. Použita byla i nově vyrobená zkušební tělesa z nástrojových ocelí. Nová zkušební tělesa byla u každého typu nástrojové oceli zhotovena ve třech jakostech povrchu. Materiály zkušebních těles jsou popsány v Tab. 1 a Tab. 2.

11.1 Použité nástrojové oceli

Ocel 1.2343 je středně legovaná nástrojová ocel vhodná pro práci za tepla. Má velmi dobrou houževnatost a vysokou pevnost za tepla. Je odolná proti opotřebení za tepla. V žíhaném stavu je dobře obrobitelná. [43]

Ocel 1.2316 je chrom – molybdenová ocel vhodná ke kalení v oleji. Má dobrou prokalitelnost a pevnost za tepla. Zvýšený obsah chromu má za následek zvýšenou odolnost proti korozi. Ocel má výbornou odolnost proti opotřebení, dobrou lešitelnost a obrobitelnost. [43]

Ocel 1.2312 je nástrojová ocel, která je velmi dobře prokalitelná. Má dobrou pevnost. Je možno ji cementovat v lázni nebo plynu a nanášet tvrdochrom. Má vyšší obsah síry, díky níž je dobře obrobitelná. [43]

Ocel 1.2714 je nikl – chrom – molybden – vanadová ocel. Vhodná pro kalení v oleji nebo v proudu vzduchu. Má velkou prokalitelnost. Po kalení má ocel vysokou tvrdost a dobrou houževnatost a teplotní odolnost. Tato ocel je odolná proti prudkým teplotním změnám. [43]

Ocel 1.2080 je chromová ocel, vysoce legovaná, s velkou prokalitelností, a to jak v oleji, tak na vzduchu. Je vysoce odolná proti opotřebení. Má vysokou pevnost v tlaku a dobrou řezivost. Nevýhodou je citlivost na rychlý ohřev. [43]

Ocel 1.2085 je martenzitická ocel obsahující velké množství chromu. Tato ocel je korozi-vzdorná. Má vysokou odolnost proti opotřebení a je dobře obrobitelná. [43]

Ocel 1.2162 je mangan – chromová ocel určená k cementování. Cementovaná vrstva vyniká vysokou tvrdostí a pevností v jádře. Ocel má dobrou tvárnost za tepla a obrobitelnost v žíhaném stavu. [43]

Ocel 1.2436 je legována chromem. Ocel má vysokou otěruvzdornost a rozměrovou stálost. Je možno ji kalit v oleji i v proudu vzduchu. [43]

Ocel 1.2767 je chrom – nikl – wolfram – molybdenová ocel s velkou prokalitelností v proudu vzduchu. Po kalení má vysokou tvrdost a dobrou houževnatost. Je odolná proti opotřebení. [43]

Tab. 1: Chemické složení použitých nástrojových ocelí [43]

Chemické složení nástrojových ocelí [%]									
Číslo materiálu	C	Mn	Si	Cr	W	Mo	V	P max.	S max.
1.2343	0,33-0,41	0,25-0,50	0,80-1,20	4,80-5,50		1,10-1,50	0,30-0,50	0,03	0,02
1.2316	0,33-0,43	1,00	1,00	15-17	1,00-1,30			0,03	0,03
1.2312	0,35-0,45	1,40-1,60	0,30-0,50	1,80-2,00		0,15-0,25		0,03	
1.2714	0,50-0,60	0,65-0,95	0,10-0,40	1,00-1,20	0,07-0,12	0,45-0,55	1,50-1,80	0,03	0,03
1.2080	1,90-2,20	0,15-0,45	0,10-0,40	11,00-10,00				0,03	0,03
1.2085	0,28-0,38	1,00	1,00	15,00-17,00				0,03	0,03
1.2162	0,18-0,24	1,10-1,40	0,15-0,35	1,00-1,30				0,03	0,03
1.2436	2,00-2,30	0,30-0,60	0,10-0,40	11,00-13,00	0,60-0,80			0,03	0,03
1.2767	0,40-0,50	0,15-0,45	0,10-0,40	1,20-1,50	0,40-0,80	0,15-0,35		0,03	0,03

11.2 Použité slitiny hliníku

Peraluman 30 má vynikající chemickou odolnost, zejména proti slané vodě. Má dobré elongační vlastnosti a vyniká vysokou houževnatostí. Vhodný pro odlévání. [44]

Peraluman 36 je slitina hliníku, která je vysoce odolná proti korozi. Je odolná proti mechanickému opotřebení. [44]

G. Al C210 je slitina hliníku s velmi dobrou odolností vůči korozi a dobrou tvarovou stálostí. Má nízké vnitřní pnutí. [45]

Tab. 2: Chemické složení slitin hliníku [44, 45]

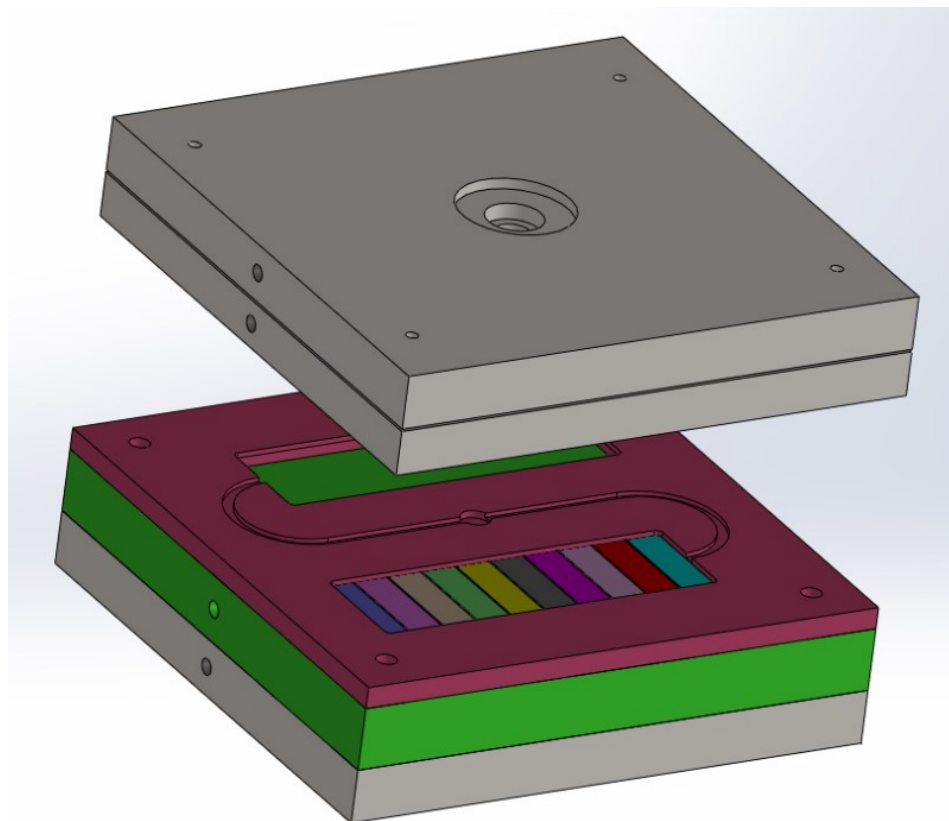
Chemické složení slitin hliníku [%]									
Název materiálu	Chemická značka	Cu	Si	Fe	Mn	Zn	Mg	Ti	Ostatní
Peraluman 30	AlMg3	0,02	0,45	0,15	0,01-0,40	0,1	2,70-3,50	0,01-0,15	Be
Peraluman 36	AlMg3Si	0,02	0,90-1,30	0,15	0,01-0,40	0,1	2,70-3,50	0,01-0,15	Be
G. Al C210	AlMg4,5 Mn	0,10	0,40	0,4	0,50-1,00	0,2	4,30-5,20	0,15	Be

12 FORMA

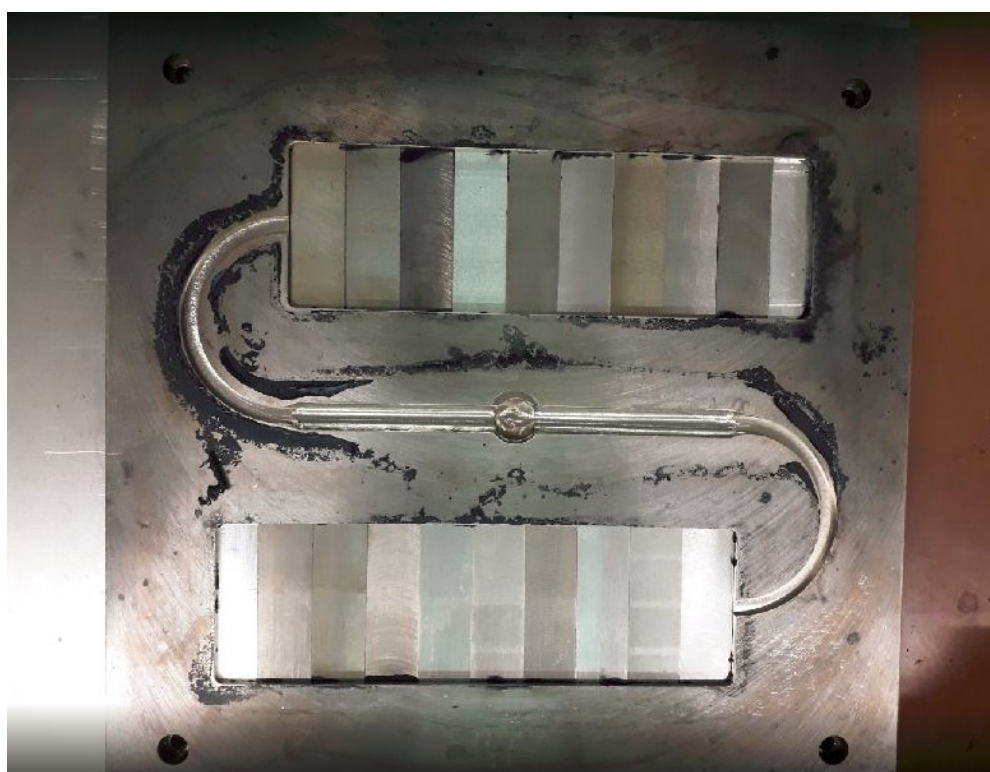
Nová zkušební tělesa, která byla předmětem experimentu čištění, byla použita při vstřikování do formy, viz. Obr. 18, 19. v rámci projektu číslo CZ.01.1.02/0.0/0.0/16_045/0010883. Ve formě bylo umístěno 20 zkušebních těles. Jejich rozmístění je znázorněno v Tab. 3. Aby bylo zjištěno, zda má tok kaučukové směsi při vstřikování vliv na velikost znečištění zkušebních těles, byla tato tělesa rozlišena označením na boku těles a jejich rozmístění ve formě pečlivě dodržováno. Cílem bylo zjistit případné rozdíly ve způsobu nebo intenzitě čištění nebo ve změně jakosti povrchu.

Tab. 3: Umístění zkušebních těles ve formě

Levá strana	Pravá strana
Al D1	vtok
1.2343 D	1.2316 D :
1.2343 C	1.2316 C :
1.2343 B	1.2316 B :
1.2316 D	1.2343 D :
1.2316 C	1.2343 C :
1.2316 B	1.2343 B :
1.2312 D	1.2312 D :
1.2312 C	1.2312 C :
1.2312 B	1.2312 B :
vtok	Al D1 :



Obr. 18: Sestava zkušební formy [46]



Obr. 19: Vulkanizační deska se zkušebními tělesy

Pro experiment byla použita zkušební tělesa, na kterých byly vstřikovány celkem tři směsi na bázi EPDM. Jednalo se o směsi se sírovým vulkanizačním systémem, tak i o směsi s peroxidovým vulkanizačním systémem. Směs označovaná I56040601F byla na bázi sírového vulkanizačního systému. Směsi označovány I16045519F a 35963 byly na bázi peroxidového systému.

Příklad složení kaučukové směsi na bázi EPDM byl poskytnut firmou Hexpol Compounding, s.r.o.

Tab. 4: Vzorové složení kaučukové směsi od firmy Hexpol Compounding, s.r.o.

Kaučuk		EPDM termopolymer 100 dsk
Vulkanizační systém	Síra	1,2
	MBT	1,5
	VPTT	2
	ZnO	3
	Stearin	1,5
Ochranný systém	Flectol H	2
Modifikační systém	Saze Nebo silika, kaolin	až 130
	JM vápenec	až 150
Změkčovadla	Parafinický olej	až 100

Lisování kaučukové směsi probíhalo v prostorách UTB ve Zlíně. Byl použit vstřikovací stroj REP 27 Y125. U každé směsi byly použity stanovené vulkanizační a lisovací podmínky.

13 POUŽITÉ ČISTÍČÍ PROSTŘEDKY

Pro čištění zkušebních těles byly vybrány mechanické a chemické čisticí prostředky. Na zkušebních tělesech bylo sledováno úbytek znečištění po aplikaci různých čisticích prostředků.

13.1 Mechanické čisticí prostředky

Mechanické čištění bylo provedeno dvěma způsoby. K prvnímu čištění bylo použito brusného papíru, k dalšímu čištění bylo následně použito mosazných kartáčů.

Brusný papír o zrnitosti 1200 a 2000 byl použit dle jakosti povrchu zkušebních těles. Jako brusný materiál byl u obou brusných papírů použit karbid křemíku s pojivem z pryskyřice.

Pro mechanické čištění kartáčem byl zvolen mosazný kartáč o průměru štětín 0,15 mm a 0,2 mm.



Obr. 20: Čištění kartáčem s mosaznými štětínami o průměru 0,15 mm



Obr. 21: Čištění kartáčem s mosaznými štětinami o průměru 0,2 mm

13.2 Chemické čisticí prostředky

Pro chemické čištění byly vybrány přípravky značky Lusin, které byly vyvinuty speciálně na čištění a údržbu forem. Konkrétně byly vybrány přípravky Lusin L 51 a Lusin L 21. Dalším použitým přípravkem byl připravený roztok, který je ve fázi vývoje.

Lusin Clean L 51 je všestranný pomalu odparný čistič forem a nástrojů v plastikářském průmyslu. Používá se především pro čištění tvarů forem a dělicích rovin. Odstraňuje zbytky olejů, tuků, vosků a pryskyřic. Čisticí prostředek má rychlý čisticí účinek a lehce se nanáší. Prostředek lze použít i na čištění plastových a gumových povrchů. Jako aktivní látky jsou zde použita organická rozpouštědla. Materiálový list ukazuje příloha P I. [47]

Lusin Clean L 21 je speciální čisticí prostředek na formy. Odstraňuje zbytky polymerů bez mechanického poškození formy. Čisticí prostředek má rychlý čisticí účinek. Jako aktivní látky zde nalezneme organická rozpouštědla. Materiálový list je umístěn příloze P II. [47]



Obr. 22: Použité čisticí prostředky Lusin Clean L 21 a Lusin Clean L 51

Roztok ve vývoji byl použit jako univerzální čistič.



Obr. 23: Vzorek vyvíjeného univerzálního čisticího roztoku

14 POUŽITÉ PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ

K zjištění jakosti povrchu zkušebních těles bylo využito drsnoměru Mitutoyo SJ - 401. Pro přiblížení povrchu a zjištění detailního pohledu na čištěné plochy zkušebních těles bylo použito optické měření mikroskopem ProScope. Lisování kaučukové směsi ve formě bylo provedeno pomocí vstřikovacího stroje REP V27 Y125. Pro vyhodnocení metod čištění bylo použito přístroje Nicolet Avatar 32D. Veškeré použité vybavení bylo poskytnuto fakultou technologickou, UTB ve Zlíně.

14.1 Drsnosměr Mitutoyo SJ 401

Před lisováním byla na všech zkušebních tělesech změřena drsnost povrchu pomocí drsnoměru Mitutoyo SJ 401.

Přístroj je vhodný na měření drsnosti, vlnitosti povrchu a primárního profilu. Vyhodnocuje parametry drsnosti povrchu na velkém displeji se snadno čitelnými údaji. Jedná se o dílenské provedení přístroje, který je přenositelný. Dotykovým snímacím hrotem kopíruje povrch vzorku a vyhodnocuje jeho strukturu dle DIN EN ISO 3274. Pro experiment bude sledována hodnota R_a , neboli střední aritmetická úchylka profilu. [48, 49]



Obr. 24: Drsnosměr Mitutoyo SJ 401

14.2 Mikroskop ProScope HR

Optická mikroskopie byla použita pro zvětšení vyčištěného povrchu. Fotografie mohou být zvětšeny 30x, 100x a 400x. Po čištění byly mikroskopem zdokumentovány povrchy těles. Pořízené fotografie poslouží k vyhodnocení provedeného experimentu.



Obr. 25: Mikroskop ProScope HR

14.3 Vstřikovací stroj REP 27 Y125

Pro vulkanizaci ve formě byl použit vstřikovací stroj REP 27 Y125. Tento vstřikovací stroj je určen pro zpracování elastomerních směsí. Jednotlivé dávky materiálu jsou do stroje přiváděny ve formě pásku. Materiál se dostane do plastického stavu, následně je vstříknut do připravené předeřáté formy.



Obr. 26: Vstřikovací stroj REP 27 Y125



Obr. 27: Připravený materiál ve formě pásu

14.4 Infračervený mikroskop Nicolet AVATAR 32D

Jedná se o nedestruktivní analytickou metodu, která je založena na absorpci infračerveného záření zkoumaným materiálem. Tato metoda byla použita pro zjištění kontaminace vzorků po čištění. Díky této analýze je možné identifikovat organické sloučeniny a anorganické látky. Získaná data upravená do grafů jsou podkladem pro výsledné hodnocení jednotlivých metod čištění. [39]



Obr. 28: Infračervený mikroskop Nicolet AVATAR 32D

15 PROVEDENÍ EXPERIMENTU

V rámci experimentu byly zkoumány mechanické a chemické metody čištění povrchu. Experiment byl rozdělen do čtyř fází.

Při první fázi čištění bylo využito zkušebních těles z dříve prováděných experimentů. V dalších třech fázích čištění bylo použito nových zkušebních těles, kdy byla před prvním čistícím cyklem určena jakost zkoumaných těles. Následně bylo provedeno za stanovených vulkanizačních podmínek vstřikování o určeném počtu cyklů. Čištění bylo provedeno vždy zvolenou chemickou i mechanickou metodou. Po čištění byla provedena analýza optickou mikroskopií, analýza FTIR a zjištěna jakost povrchu nových zkušebních těles.

15.1 Čištění zkušebních těles z dříve prováděných experimentů

Experiment byl proveden na zkušebních vzorcích dříve prováděných experimentů, které byly použity při vulkanizaci kaučukových směsí jak na bázi EPDM, tak na bázi kaučuku NR a SBR, případně směsí s kaučukovými systémy pevných a kapalných kaučuků, využívaných při výrobě pláštíků pneumatik. Účelem experimentu bylo získat praktické zkušenosti s odstraňováním kontaminace po proběhlé skladovací době, kdy formy nebyly správně uloženy a skladovány. Byly zkoumány také vlivy skladování na vznik např. koroze, chemické změny ze zbytků surovin.

15.1.1 Chemické čištění

K chemickému čištění byl použit přípravek Lusin clean L 51 a Lusin clean L 21. Přípravky ve formě spreje byly nastříkány na zkušební tělesa. Přípravek se nechal působit po dobu 10 minut. Po uplynutí této doby byl papírovým ubrouskem přípravek setřen. Použití jednotlivých přípravků je shrnuto v Tab. 5.

Tab. 5: Přehled použitých přípravků na zkušebních tělesech

Chemické čištění		
Materiál	Označení	Použitý přípravek
1.2085	-	Lusin clean L 21
1.2162	-	Lusin clean L 21
1.2436	-	Lusin clean L 51
1.2767	-	Lusin clean L 51
Peraluman 30	B2	Lusin clean L 51
Peraluman 36	C1	Lusin clean L 21
G.Al C210	D2	Lusin clean L 51
1.2714	1	Lusin clean L 21
1.2080	2	Lusin clean L 21



Obr. 29: Použití přípravku Lusin clean L 51 na zkušebních tělesech

15.1.2 Mechanické čištění

Mechanické čištění bylo provedeno pomocí brusného papíru. Papír byl použit o zrnitosti 1200 a 2000 (vyjadřuje se počtem brusných částic na plošný anglický palec) dle zjištěné jakosti povrchu zkušebních těles. Mechanické čištění bylo provedeno na polovině zkušebního tělesa pro srovnání metod čištění. V Tab. 6 je přehled použitých zrnitostí brusného papíru u jednotlivých zkušebních těles.

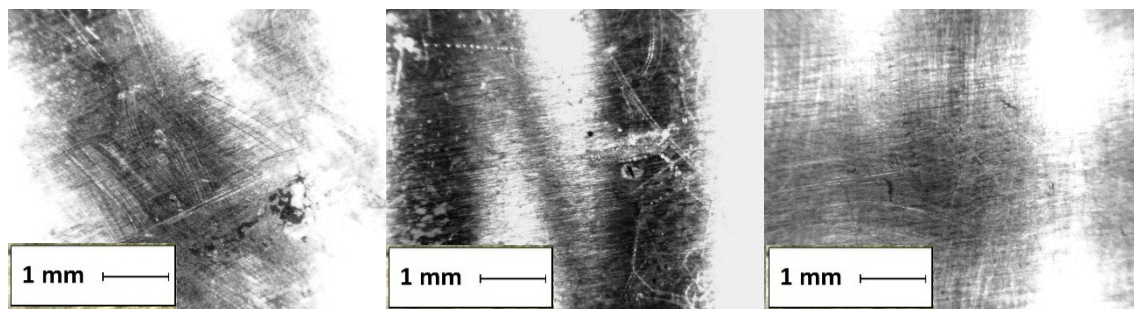
Tab. 6: Přehled zrnitosti brusného papíru u jednotlivých zkušebních těles

Mechanické čištění		
Materiál	Označení	Použitá zrnitost brusného papíru
1.2085	-	2000
1.2162	-	2000
1.2436	-	2000
1.2767	-	2000
Peraluman 30	B2	1200
Peraluman 36	C1	1200
G.Al C210	D2	2000
1.2714	1	1200
1.2080	2	1200

15.1.3 Optická mikroskopie

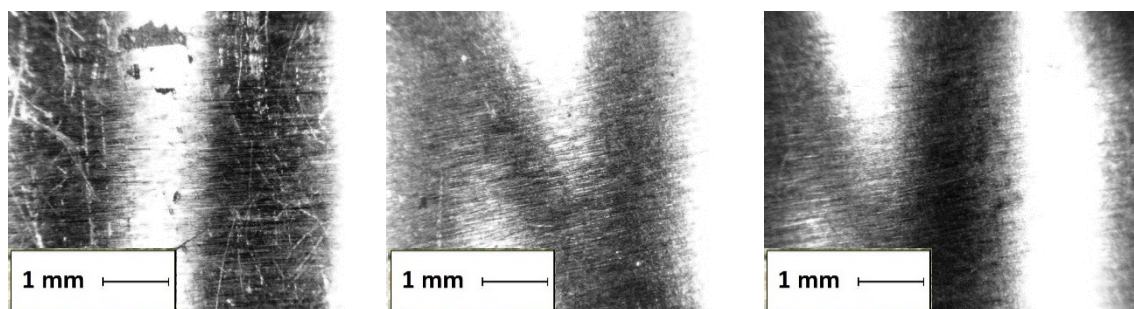
Zkušební tělesa byla dokumentována optickým mikroskopem. První fotografie zobrazuje zkušební těleso před čištěním, druhá fotografie po chemickém čištění a třetí fotografie po mechanickém čištění. Všechny fotografie byly zvětšeny 30x.

Ocel 1.2085 a ocel 1.2162 byla čištěna chemicky přípravkem Lusin clean L 21 a mechanicky brusným papírem o zrnitosti 2000. Pro ukázkou byla vybrána ocel 1.2162. Všechny fotografie byly uloženy jako příloha P III na přiložené CD.

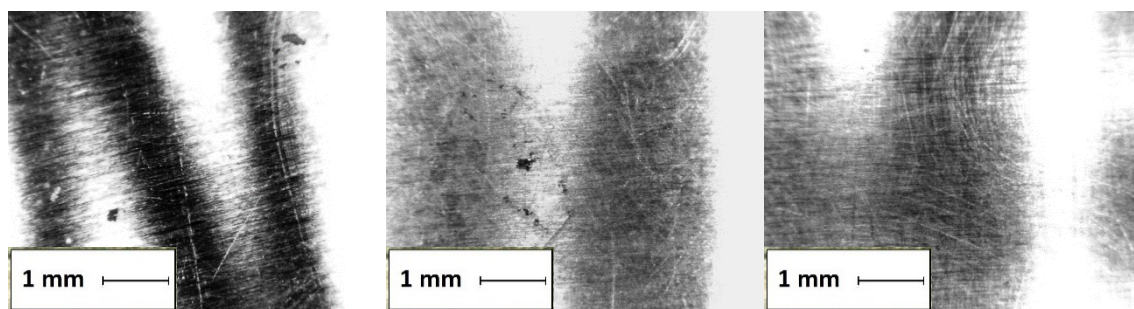


Obr. 30: Ocel 1.2162 před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x

Ocel 1.2436 a ocel 1.2767 byla čištěna chemicky přípravkem Lusin clean L 51 a mechanicky čištěna brusným papírem o zrnitosti 2000.

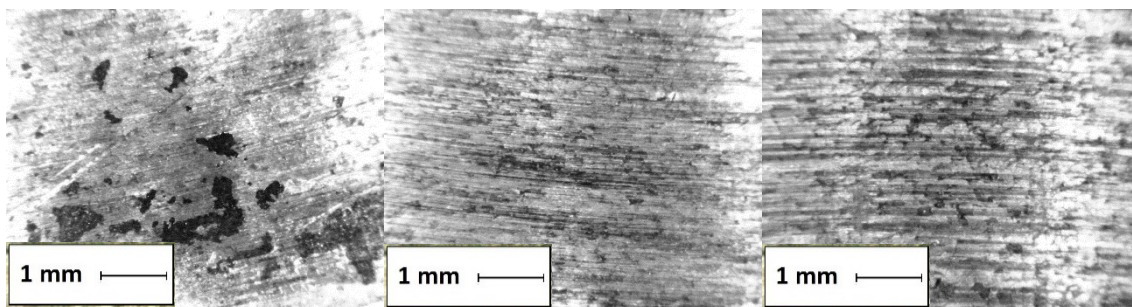


Obr. 31: Ocel 1.2436 před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x



Obr. 32: Ocel 1.2767 před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x

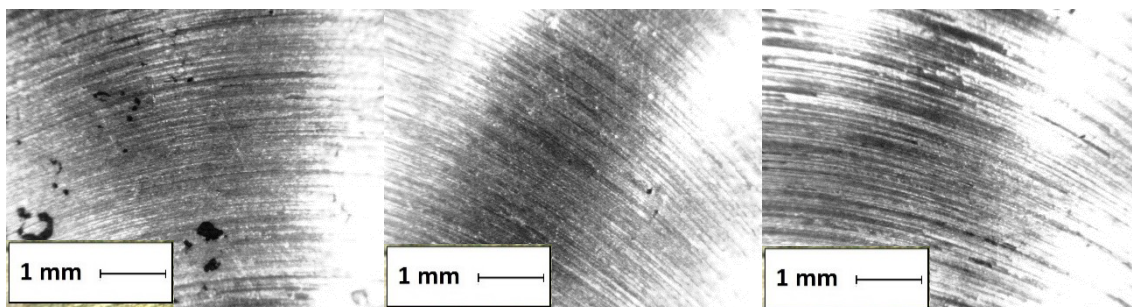
Slitina hliníku Peraluman 30 (B2) byla chemicky čistěna přípravkem Lusin clean L51 a mechanicky brusným papírem o zrnitosti 1200.



Obr. 33: Peraluman 30 před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x

Slitina hliníku G Al C210 (D2) byla čistěna chemicky přípravkem Lusin clean L 51 a mechanicky brusným papírem o zrnitosti 2000. Fotografie byly uloženy jako příloha P III na přiložené CD.

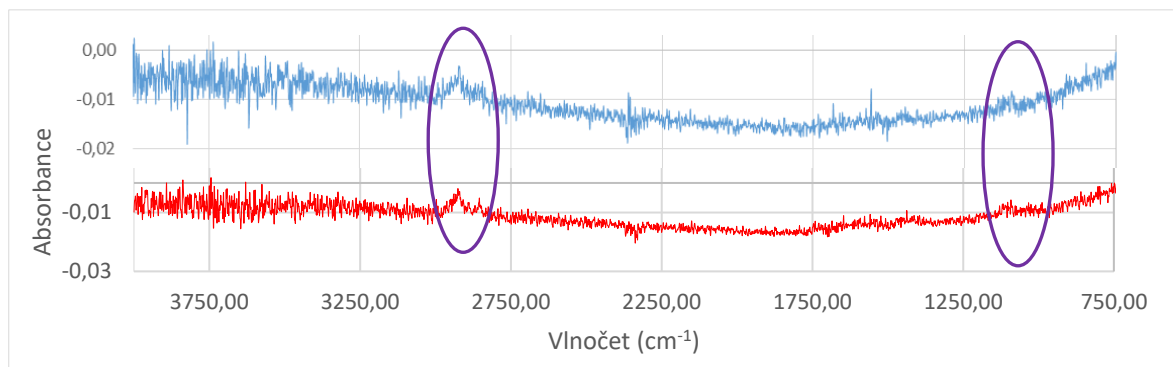
Slitina hliníku Peraluman 36 (C1), ocel 1.2714 a ocel 1.2080 byla čistěna chemicky přípravkem Lusin clean L 21 a mechanicky brusným papírem o zrnitosti 1200. Jako vzor byly použity fotografie oceli 1.2080. Fotografie zbylých materiálů byly uloženy na přiložené CD jako příloha P III.



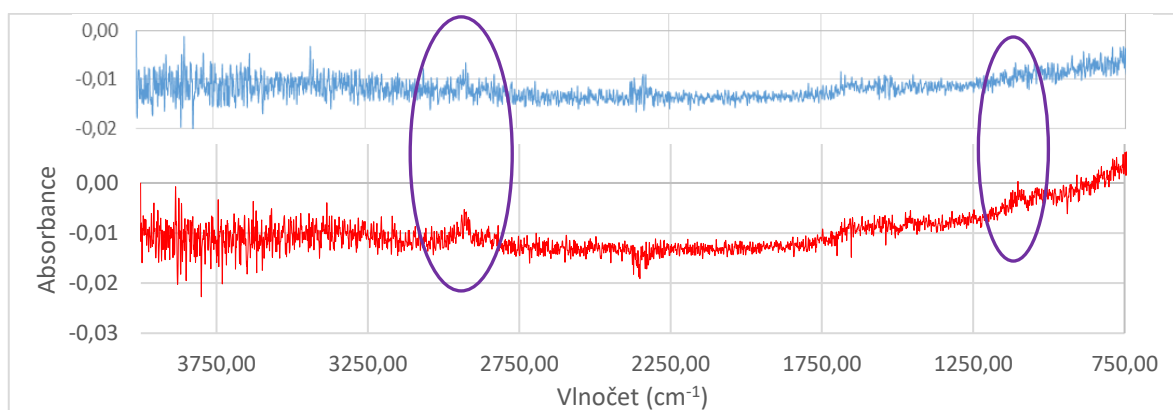
Obr. 34: Ocel 1.2080 před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x

15.1.4 Analýza FTIR

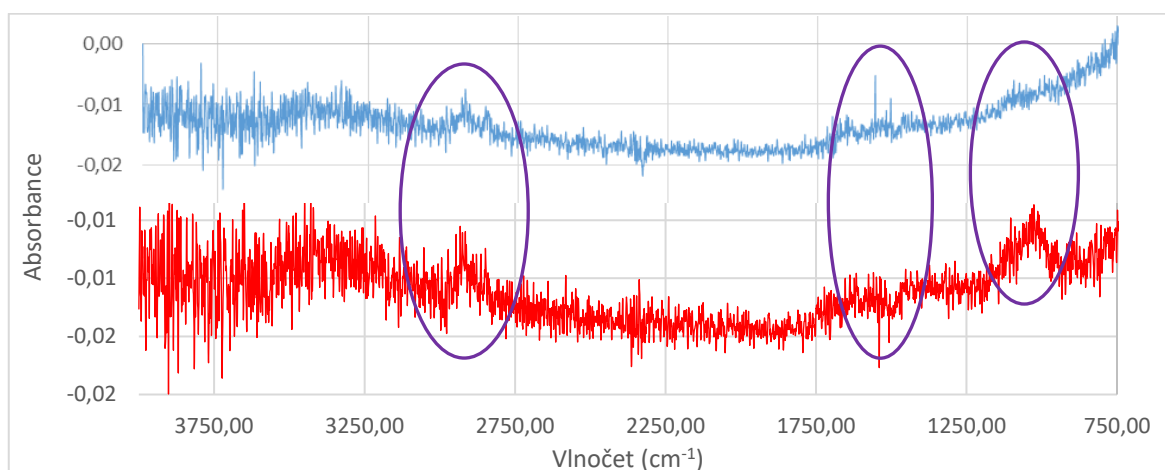
Po čištění zkušebních těles byla použita analýza FTIR, která identifikuje organické sloučeniny a anorganické látky vyskytující se na zkušebních vzorcích. U každého materiálu byla provedena analýza FTIR po chemickém čištění – červená křivka i po mechanickém čištění – modrá křivka. Všechna spektra byla uložena na přiložené CD jako příloha P IV.



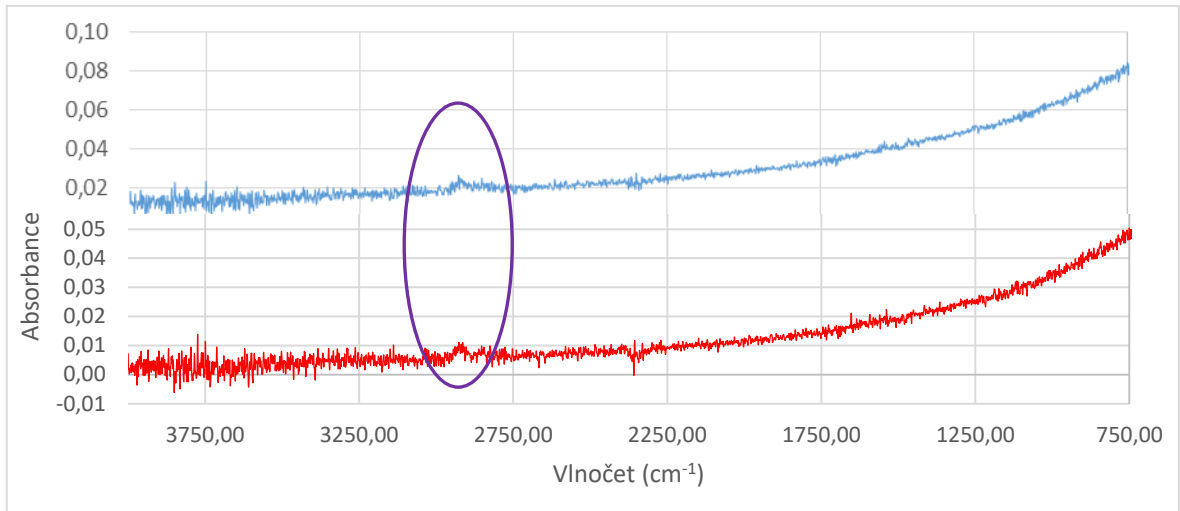
Obr. 35: Spektrum oceli 1.2162



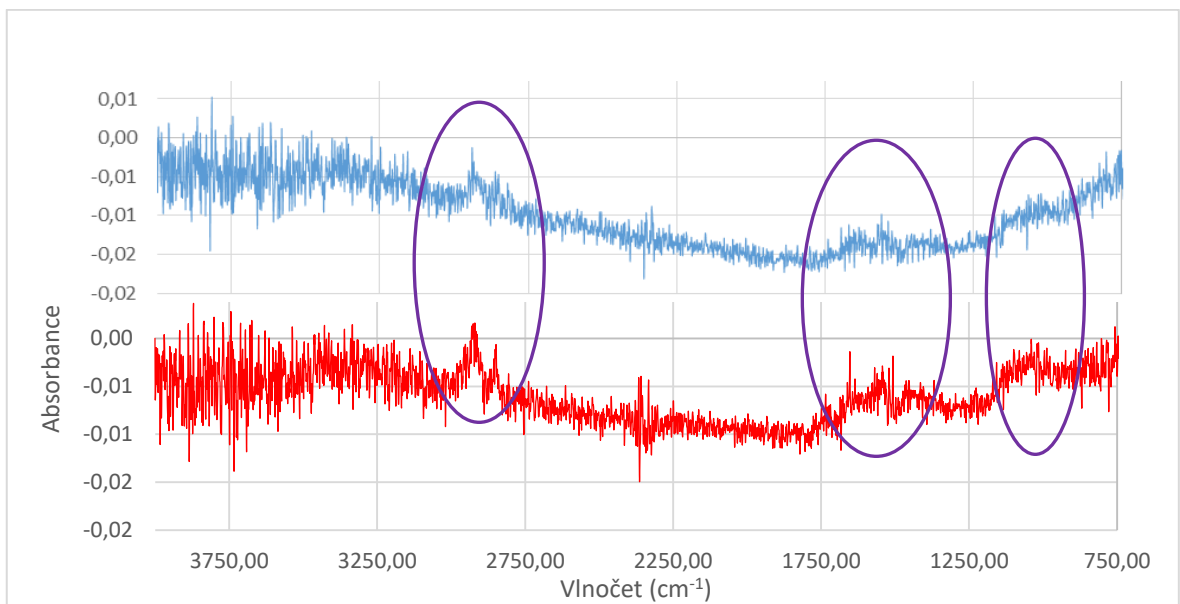
Obr. 36: Spektrum oceli 1.2436



Obr. 37: Spektrum oceli 1.2767



Obr. 38: Spektrum slitiny hliníku Peraluman 30



Obr. 39: Spektrum oceli 1.2080

15.2 Čištění zkušebních těles z nástrojové oceli 1.2312, 1.2316, 1.2343

Pro druhou část experimentu byla použita zkušební tělesa z projektu číslo CZ.01.02/0.0/0.0/16_045/0010883. Čištění těchto zkušebních těles proběhlo celkem 3x. Při každém vstřikovacím cyklu byla použita jiná kaučuková směs. Pro vstřikování byly použity směsi na bázi EPDM. Čištění proběhlo stanovenými chemickými a mechanickými metodami čištění.

15.2.1 Jakost zkušebních těles

Před procesem vstřikování byla na všech zkušebních tělesech změřena jakost povrchu. Zkušební tělesa byla vyhotovena ve třech drsnostech B – 0,4 μm , C – 0,8 μm , D – 1,6 μm . Měření drsnosti povrchu bylo provedeno na třech místech zkušebního tělesa. Sledovány byly hodnoty Ra – střední aritmetická úchylna posuzovaného profilu. Naměřené hodnoty jsou zaznamenány v Tab. 7 a Tab. 8.

Tab. 7: Jakost povrchu zkušebních těles levé strany formy

Naměřené hodnoty jakosti – levá strana formy						
Materiál		Ra [μm]			\bar{x}	s
1.2312	B	0,4	0,35	0,44	0,4	0,04
	C	0,87	0,83	0,93	0,88	0,04
	D	1,69	1,9	1,97	1,85	0,12
1.2316	B	0,43	0,37	0,39	0,4	0,02
	C	0,91	0,98	0,69	0,86	0,12
	D	1,62	1,63	1,55	1,6	0,04
1.2343	B	0,44	0,34	0,37	0,38	0,04
	C	0,84	1,09	2,04	1,32	0,52
	D	0,37	1,15	1,35	0,96	0,42

Tab. 8: Jakost povrchu zkušebních těles pravé strany formy

Naměřené hodnoty jakosti – pravá strana formy						
Materiál		Ra [μm]			\bar{x}	s
1.2312	B	0,46	0,34	0,41	0,4	0,05
	C	0,75	0,74	0,91	0,8	0,08
	D	1,86	1,66	1,59	1,7	0,11
1.2316	B	0,38	0,34	0,43	0,38	0,04
	C	0,83	0,99	0,94	0,92	0,07
	D	1,76	1,69	1,69	1,71	0,03
1.2343	B	0,41	0,34	0,37	0,37	0,03
	C	0,87	1,09	0,73	0,9	0,15
	D	2,35	1,87	1,79	2	0,25

15.2.2 Podmínky vstřikování a vulkanizace

Pro vstřikování byly použity směsi na bázi EPDM. Směs obsahovala sírový vulkanizační systém, další dvě peroxidový vulkanizační systém. Vstřikování proběhlo za následujících podmínek: teplota formy 195 °C, doba vulkanizace 3 minuty.

15.2.3 Chemické čištění

Pro chemické čištění bylo použito čistících přípravků Lusin clean L51, Lusin clean L21 a universální čistící přípravek na bázi kyselin a teinů. Přípravky značky Lusin byly na zkušební tělesa nastříkány a doba působení byla 15 minut. Po uplynutí doby působení byly přípravky pečlivě setřeny ubrouskem. Universální čistící přípravek byl aplikován na hadřík, kterým byla zkušební tělesa očištěna. Přehled použitých přípravků je v Tab. 9 a Tab. 10.

Tab. 9: Použití chemických přípravků levá strana formy

Chemické čištění – levá strana formy				
Materiál		Kaučuková směs		
		35963	I56040601F	I16045519F
1.2312	B	Lusin clean L 51	Lusin clean L 51	Universální čistící přípravek
	C	Lusin clean L 51	Lusin clean L 51	Universální čistící přípravek
	D	Lusin clean L 51	Lusin clean L 51	Universální čistící přípravek
1.2316	B	Lusin clean L 51	Lusin clean L 51	Universální čistící přípravek
	C	Lusin clean L 51	Lusin clean L 51	Universální čistící přípravek
	D	Lusin clean L 51	Lusin clean L 51	Universální čistící přípravek
1.2343	B	Lusin clean L 21	Lusin clean L 21	Universální čistící přípravek
	C	Lusin clean L 21	Lusin clean L 21	Universální čistící přípravek
	D	Lusin clean L 21	Lusin clean L 21	Universální čistící přípravek

Tab. 10: Použití přípravků – pravá strana formy

Chemické čištění – pravá strana formy				
Materiál		Kaučuková směs		
		35963	I56040601F	I16045519F
1.2312	B	Lusin clean L 21	Lusin clean L 21	Universální čisticí přípravek
	C	Lusin clean L 21	Lusin clean L 21	Universální čisticí přípravek
	D	Lusin clean L 21	Lusin clean L 21	Universální čisticí přípravek
1.2316	B	Lusin clean L 21	Lusin clean L 21	Universální čisticí přípravek
	C	Lusin clean L 21	Lusin clean L 21	Universální čisticí přípravek
	D	Lusin clean L 21	Lusin clean L 21	Universální čisticí přípravek
1.2343	B	Lusin clean L 51	Lusin clean L 51	Universální čisticí přípravek
	C	Lusin clean L 51	Lusin clean L 51	Universální čisticí přípravek
	D	Lusin clean L 51	Lusin clean L 51	Universální čisticí přípravek

15.2.4 Mechanické čištění

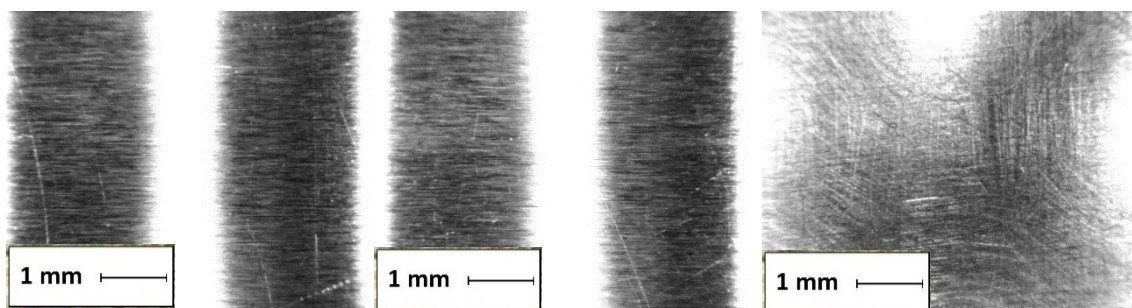
Mechanické čištění probíhalo pomocí mosazných kartáčů o různém průměru drátků. První z mosazných kartáčů měl průměr drátků 0,15 mm a druhý 0,2 mm. Zkušební tělesa byla těmito kartáči ručně čištěna. Tělesa z levé strany formy byla čištěna kartáčem o průměru drátků 0,2 mm, tělesa z pravé strany formy byla čištěna kartáčem o průměru 0,15 mm.

15.2.5 Optická mikroskopie – kaučuková směs 35963

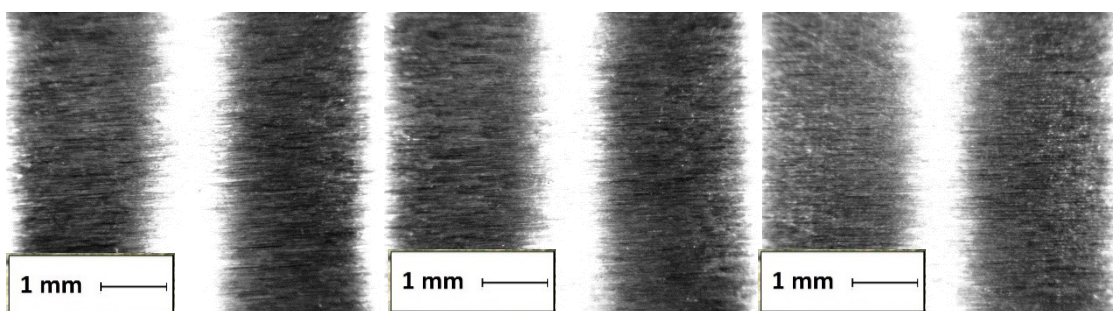
Optická mikroskopie byla použita pro srovnání mikroskopických vzorků těles před čištěním, po chemickém a po mechanickém čištění. Bylo použito 30x zvětšení.

Levá strana formy

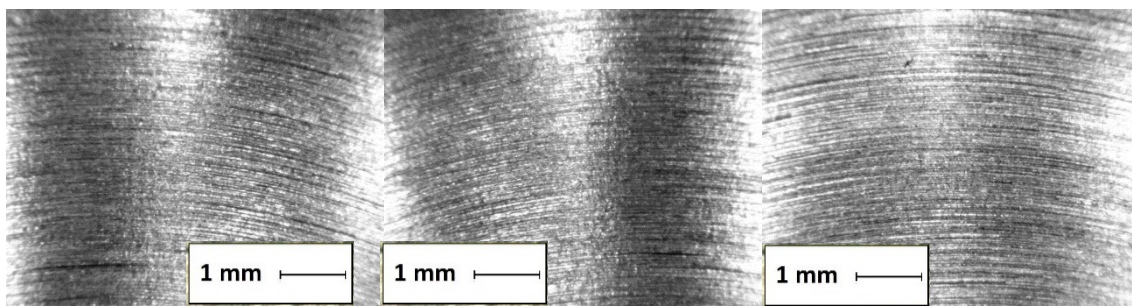
Ocel 1.2312 a 1.2316 byla čištěna přípravkem Lusin clean L 51 a mosazným kartáčem o průměru drátků 0,2 mm. U oceli 1.2343 byl použit pro chemické čištění přípravek Lusin clean L 21 a mosazný kartáč o průměru drátků 0,2 mm. V práci jsou použity fotografie oceli 1.2312 a 1.2343, další fotografie byly vloženy na CD jako příloha P V.



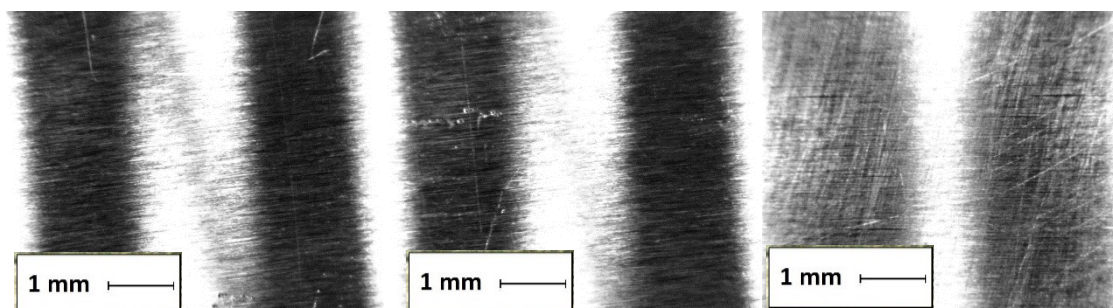
Obr. 40: Ocel 1.2312 B před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x



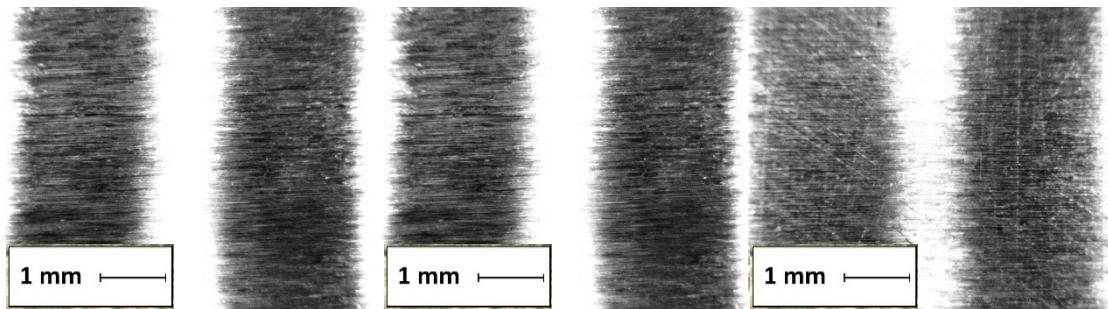
Obr. 41: Ocel 1.2312 C před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x



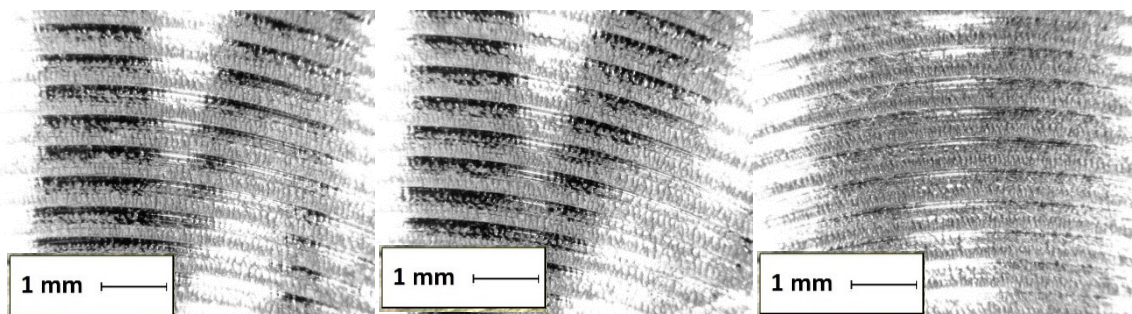
Obr. 42: Ocel 1.2312 D před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x



Obr. 43: Ocel 1.2343 B před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x



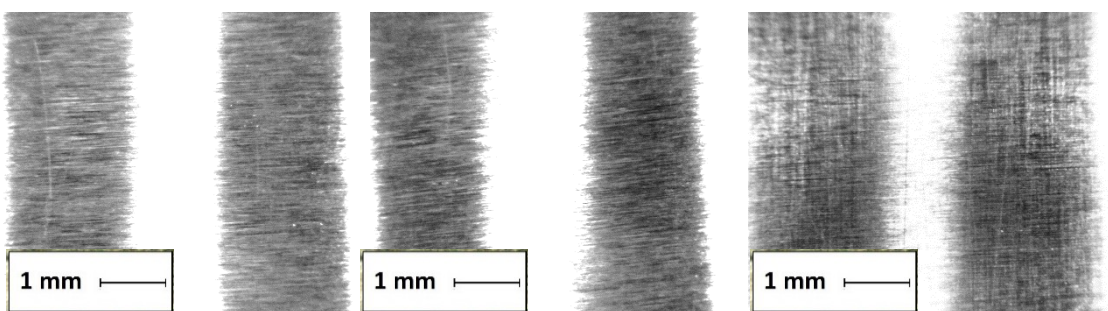
Obr. 44: Ocel 1.2343 C před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x



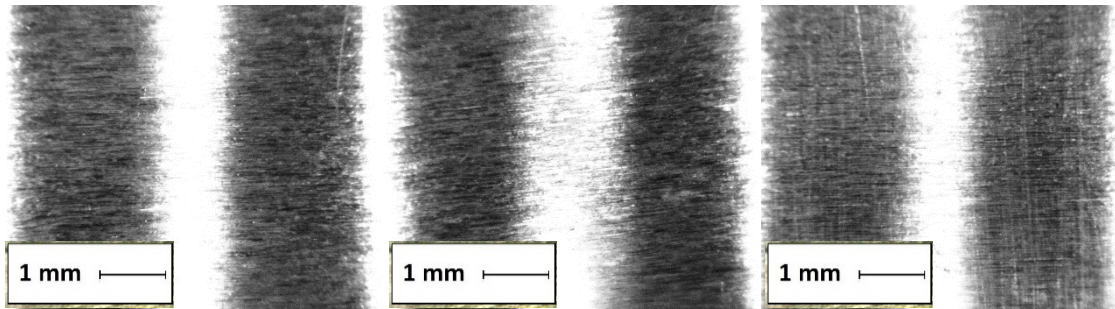
Obr. 45: Ocel 1.2343 D před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x

Pravá strana formy

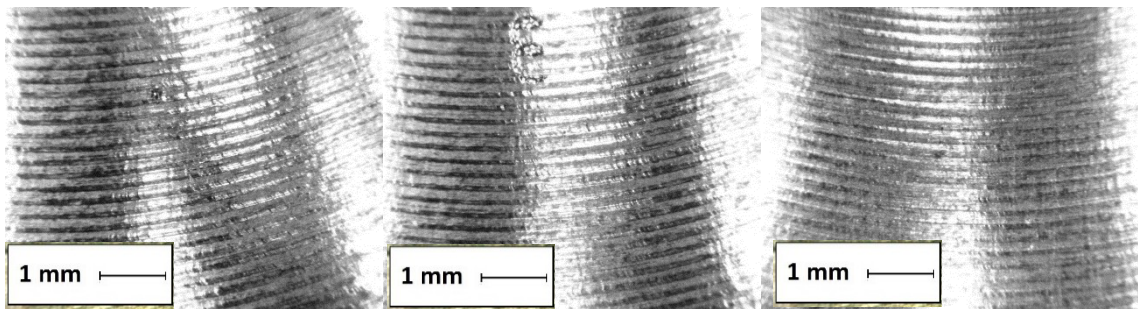
Ocel 1.2312 a 1.2316 byla čištěna chemicky přípravkem Lusin clean L 21. Ocel 1.2343 byla čištěna chemicky přípravkem Lusin clean L 51. K mechanickému čištění byl u všech zkušebních těles využit mosazný kartáč o průměru drátků 0,15 mm. Jako příklad je uvedena ocel 1.2316, zbylé fotografie materiálů byly vloženy na příložené CD jako příloha P VI.



Obr. 46: Ocel 1.2316 B (P) před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x



Obr. 47: Ocel 1.2316 C (P) před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x



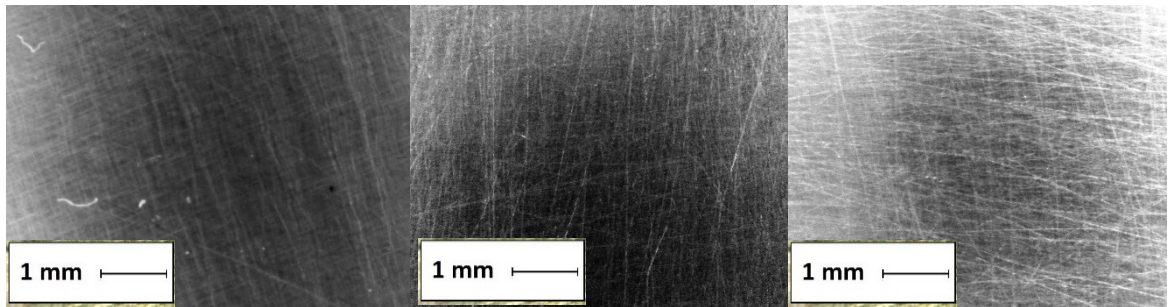
Obr. 48: Ocel 1.2316 D (P) před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x

15.2.6 Optická mikroskopie – kaučuková směs I56040601F

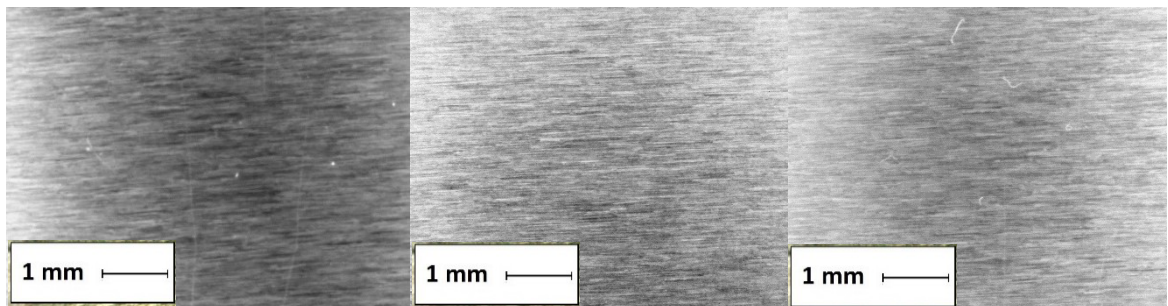
Optická mikroskopie byla použita pro srovnání mechanické a chemické metody čištění u vybraných zkušebních těles z nástrojové oceli. Pro experiment bylo použito 30x zvětšení.

Levá strana formy

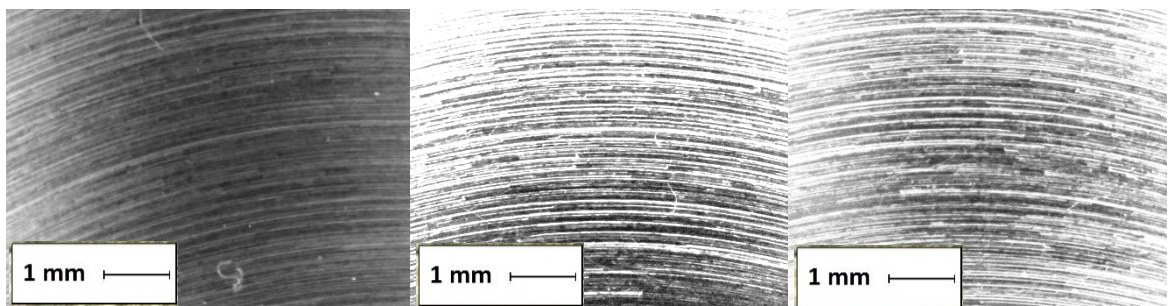
Ocel 1.2312 a 1.2316 byla čištěna přípravkem Lusin clean L 51 a u oceli 1.2343 byl použit pro chemické čištění přípravek Lusin clean L 21. U všech ocelí byl použit mosazný kartáč o průměru drátků 0,2 mm. Nejdříve byla zkušební tělesa čištěna mechanicky, následně chemicky. V práci jsou použity fotografie oceli 1.2312 a 1.2343, další fotografie byly vloženy na CD jako příloha P VII.



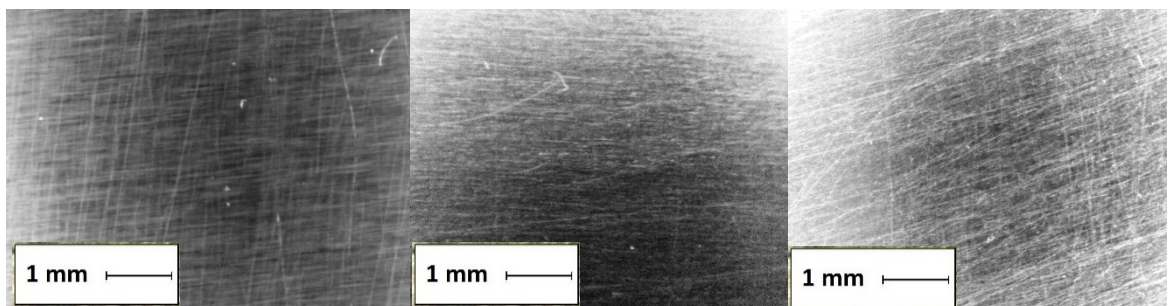
Obr. 49: Ocel 1.2312 B před čištěním, po čištění mechanickém a po čištění chemickém,
zvětšeno 30x



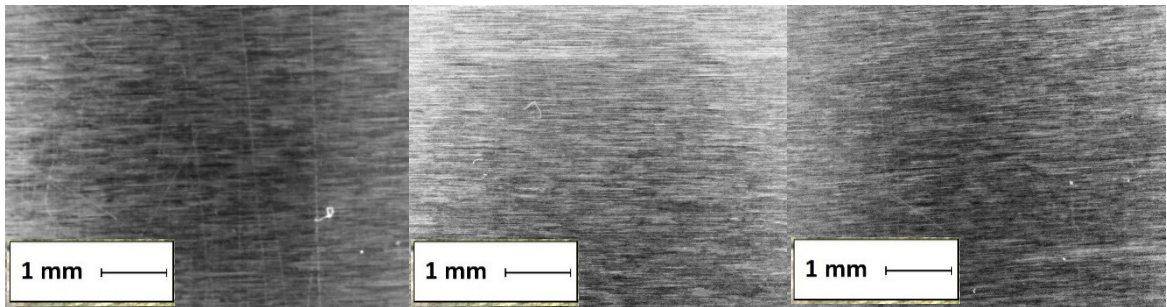
Obr. 50: Ocel 1.2312 C před čištěním, po čištění mechanickém a po čištění chemickém,
zvětšeno 30x



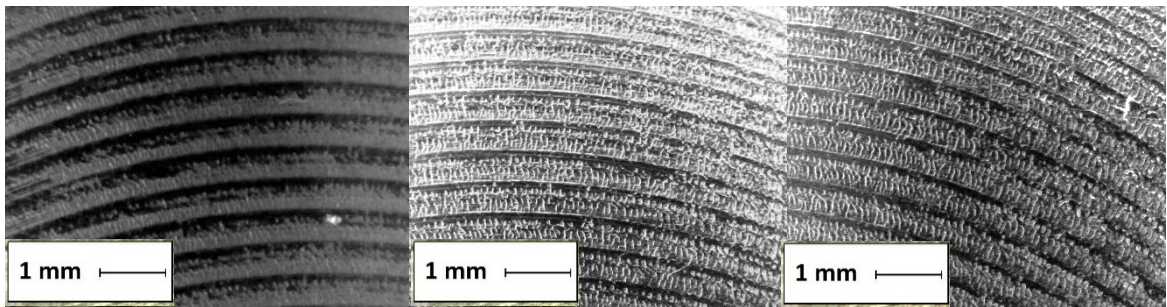
Obr. 51: Ocel 1.2312 D před čištěním, po čištění mechanickém a po čištění chemickém,
zvětšeno 30x



Obr. 52: Ocel 1.2343 B před čištěním, po čištění mechanickém a po čištění chemickém,
zvětšeno 30x



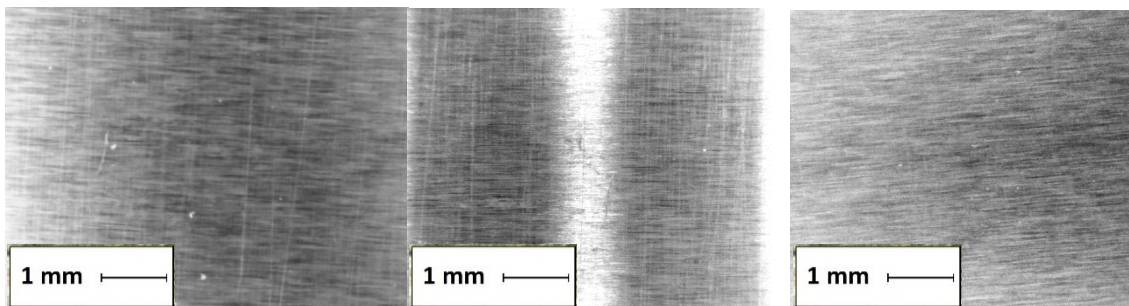
Obr. 53: Ocel 1.2343 C před čištěním, po čištění mechanickém a po čištění chemickém, zvětšeno 30x



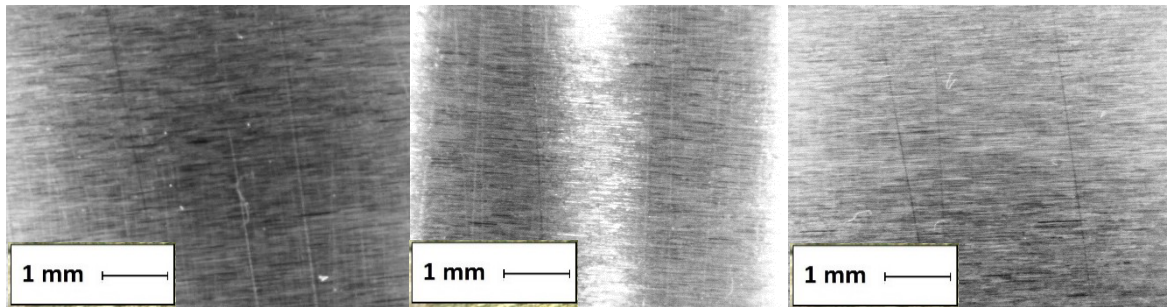
Obr. 54: Ocel 1.2343 D před čištěním, po čištění mechanickém a po čištění chemickém, zvětšeno 30x

Pravá strana formy

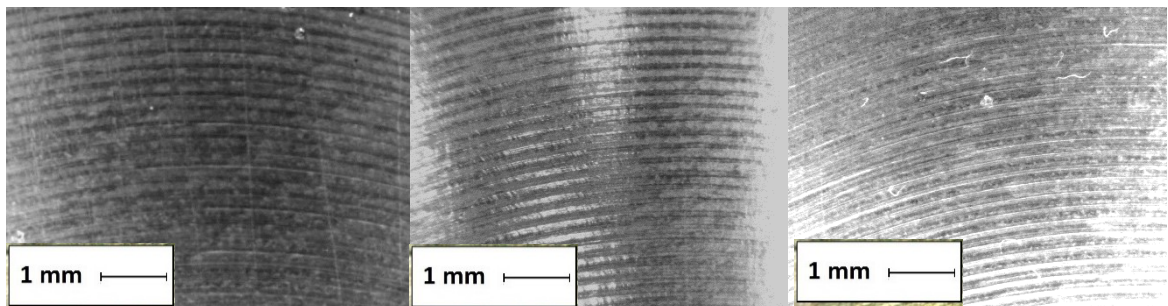
Ocel 1.2312 a 1.2316 byla čištěna chemicky přípravkem Lusin clean L 21. Ocel 1.2343 byla čištěna chemicky přípravkem Lusin clean L 51. K mechanickému čištění byl u všech zkušebních těles využit mosazný kartáč o průměru drátků 0,15 mm. Nejdříve byla zkušební tělesa čištěna chemicky a následně mechanicky. Jako příklad je uvedena ocel 1.2316, zbylé fotografie materiálů byly vloženy na příložené CD jako příloha P VIII.



Obr. 55: Ocel 1.2316 B před čištěním, po čištění chemickém a po čištění mechanickém, zvětšeno 30x



Obr. 56: 1.2316 C před čištěním, po čištění chemickém a po čištění mechanickém, zvětšeno 30x

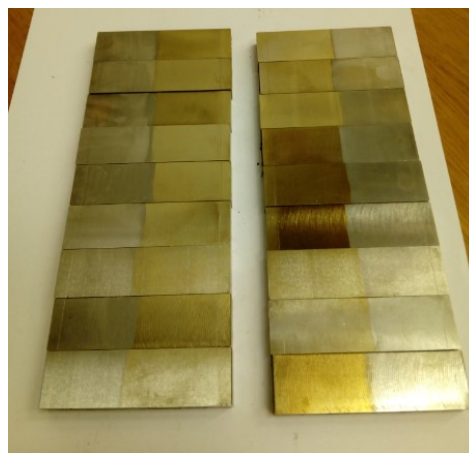


Obr. 57: 1.2316 D před čištěním, po čištění chemickém a po čištění mechanickém, zvětšeno 30x

15.2.7 Optická mikroskopie – kaučuková směs I16045519F

Optická mikroskopie byla použita pro srovnání mikroskopických vzorků těles před čištěním, po chemickém a po mechanickém čištění. U všech zkušebních těles bylo použito 30x zvětšení.

Všechna zkušební tělesa byla na polovině povrchu čištěna univerzálním čističem.



Obr. 58: Zkušební tělesa na jedné polovině vyčištěna univerzálním čističem

Levá strana formy

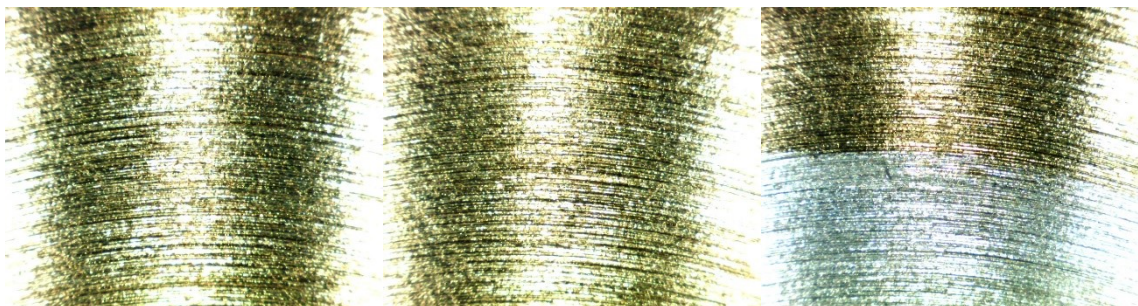
Na všechny zkušební tělesa byl použit mosazný kartáč s drátky o průměru 0,2 mm. Jako vzor je uvedena ocel 1.2312. Další fotografie byly vloženy jako příloha P IX na příložené CD.



Obr. 59: 1.2312 B před čištěním, po čištění mechanickém a rozdíl mezi mechanickým a chemickým čištěním, zvětšeno 30x



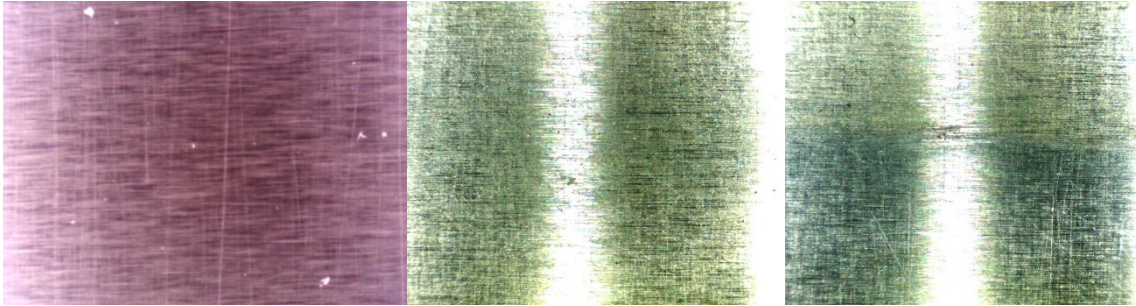
Obr. 60: 1.2312 C před čištěním, po čištění mechanickém a rozdíl mezi mechanickým a chemickým čištěním, zvětšeno 30x



Obr. 61: 1.2312 D před čištěním, po čištění mechanickém a rozdíl mezi mechanickým a chemickým čištěním, zvětšeno 30x

Pravá strana formy

Na všechny zkušební tělesa byl použit mosazný kartáč s drátky o průměru 0,15 mm. Jako vzor je uvedena ocel 1.2316. Fotografie zbylých materiálů byly vloženy jako příloha P X na přiložené CD.



Obr. 62: 1.2316 B před čištěním, po čištění mechanickém a rozdíl mezi mechanickým a chemickým čištěním, zvětšeno 30x



Obr. 63: 1.2316 C před čištěním, po čištění mechanickém a rozdíl mezi mechanickým a chemickým čištěním, zvětšeno 30x



Obr. 64: 1.2316 D před čištěním, po čištění mechanickém a rozdíl mezi mechanickým a chemickým čištěním, zvětšeno 30x

15.2.8 Jakost zkušebních těles po čištění

Po provedeném chemickém i mechanickém čištění bylo na zkušebních tělesech provedeno měření jakosti povrchu. Jakost byla měřena na 3 místech zkušebního tělesa. Sledována byla hodnota R_a .

Tab. 11: Naměřené hodnoty jakosti po čištění – levá strana formy

Naměřené hodnoty jakosti po čištění – levá strana formy						
Materiál		Ra [μm]			\bar{x}	s
1.2312	B	0,28	0,25	0,28	0,27	0,01
	C	0,85	0,81	0,65	0,77	0,09
	D	1,75	1,56	1,68	1,66	0,08
1.2316	B	0,32	0,27	0,31	0,3	0,02
	C	0,65	0,79	0,62	0,69	0,07
	D	1,58	1,63	1,66	1,62	0,03
1.2343	B	0,32	0,35	0,36	0,34	0,02
	C	0,97	0,83	1,01	0,94	0,08
	D	1,95	1,60	2,07	1,87	0,2

Tab. 12: Naměřené hodnoty jakosti po čištění – pravá strana formy

Naměřené hodnoty jakosti po čištění – pravá strana formy						
Materiál		Ra [μm]			\bar{x}	s
1.2312	B	0,29	0,27	0,35	0,3	0,03
	C	0,90	0,79	0,85	0,85	0,04
	D	1,56	1,46	1,45	1,49	0,05
1.2316	B	0,32	0,28	0,34	0,31	0,02
	C	0,92	0,64	0,76	0,77	0,11
	D	1,67	1,75	1,74	1,72	0,04
1.2343	B	0,31	0,39	0,34	0,35	0,03
	C	0,76	0,83	0,53	0,71	0,13
	D	2,14	2,14	1,63	1,97	0,24

16 DISKUZE

Cílem diplomové práce bylo vyčistit zkušební tělesa zvolenými mechanickými a chemickými metodami čištění a metody porovnat. Použita byla zkušební tělesa z dřívějších experimentů a zkušební tělesa z nástrojové oceli z projektu. Na zkušební tělesa z projektu byla 3x vstříkována kaučuková směs na bázi EDPM. Jako mechanické metody čištění bylo zvoleno čištění brusným papírem a mosaznými kartáči. K chemickému čištění bylo použito přípravků Lusin clean L 51, Lusin clean L 21 a univerzální čistič.

Zkušební tělesa, která byla použita při předchozích experimentech, byla zkoumána optickou mikroskopií a analýzou FTIR. Optická mikroskopie prokázala, že přípravky Lusin clean L 21 a Lusin clean L 51 přináší z hlediska čištění stejné výsledky, a to že jsou schopny vyčistit částečně povrch, který je kaučukovou směsí silně kontaminován. Přípravky nejsou vhodné pro důkladné čištění dutin forem. U mechanického čištění brusným papírem došlo k značnému odstranění znečištění na zkušebních tělesech.

Analýzou FTIR byl zjištěn výskyt organických složek, které jsou reprezentovány pásy CH_x , které lze vidět pod vlnočtem 3000 cm^{-1} . U hodnoty 1700 cm^{-1} se vyskytují skupiny CO-NH_x . Vzhled získaných spekter se u všech materiálů opakuje, u mechanického čištění se křivka více narovná, což prokazuje lepší čisticí schopnost než chemická metoda čištění. Obsah složek zjištěný FTIR analýzou pro experiment nejsou významné, neboť nepřesahují 10 %. [41, 50]

U zkušebních těles z projektu bylo použito jako chemické metody čištění přípravků Lusin clean L 21 a Lusin clean L 51. Dle fotografií z optické mikroskopie ani jeden z přípravků nebyl schopen odstranit menší znečištění na zkušebních tělesech. Na vybraných zkušebních tělesech byl použit univerzální čistič. Univerzální čistič dokázal odstranit znečištění, které bylo pravděpodobně způsobeno obsahem vody v kaučukové směsi. Jednalo se tedy nejspíše o rez. Odstranění znečištění bylo viditelné pouhým okem, na Obr. 58 je zřetelný rozdíl před a po vyčištění. Optická mikroskopie prokázala, že mechanické čištění mosaznými kartáči částečně vyčistí zkušební tělesa. Vyčištění bylo nejvíce pozorováno na vzorcích s větší drsností povrchu. Z hlediska průměru drátů kartáče nebyl pozorován ve výsledcích čištění žádný rozdíl. Drsnost zkušebních těles byla měřena před čištěním a následně po chemickém a mechanickém čištění, hodnoty se výrazně neměnily. Vliv toku kaučukové směsi neměl na znečištění zkušebních těles vliv. Zkušební tělesa umístěná v levé části i v pravé části formy byla dle výsledků optické mikroskopie srovnatelně znečištěna.

Z provedeného experimentu vyplívá, že zvolené chemické metody čištění nejsou moc účinné. Mechanické metody čištění odstraní znečištění lépe, ovšem ani tak není dosaženo optimálních výsledků.

Podle dosažených výsledků experimentálními pracemi s kaučukovými směsmi na bázi kaučuku EPM a EPDM lze konstatovat, že největší vliv na snížení kontaminace má kvalitní ocel. Vzorky ocelí použité na výrobu dutiny formy, by měly mít obsah Cr nad 10%. V experimentech se osvědčila ocel označení dle ČSN EN 10020 (42 0002) 1.2080 a 1.2085. K čištění kontaminantů pak stačily připravené roztoky.

ZÁVĚR

V práci bylo řešeno čištění zkušebních těles stanovenými mechanickými a chemickými metodami. U mechanického čištění bylo použito brusného papíru a mosazných kartáčů. K chemickému čištění byly použity přípravky Lusin a univerzální čistič. Cílem práce bylo zhodnotit mechanické a chemické metody čištění zkušebních vzorků.

Zhodnocení probíhalo optickou mikroskopií, kde byly získány fotografie zkušebních těles před čištěním, po chemickém i mechanickém čištění. Vybraná zkušební tělesa byla analyzována metodou FTIR, která určila obsah organických sloučenin. U vybraných zkušebních těles byla sledována jakost povrchu před čištěním a následně po chemickém a mechanickém způsobu čištění.

Ze zjištěných výsledků lze určit, že mechanické čištění zkušebních těles je účinnější než čištění chemické.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] FRANTA, Ivan. *Zpracování kaučukových směsí a vlastnosti pryže*. 2., přeprac. a rozšíř. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1969. Řada chemické literatury.
- [2] *Polymerove-typy* [online]. [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: <http://www.resinex.cz>
- [3] DVOŘÁK, Zdeněk. *ZRACOVATELSKÉ PROCESY GUMÁRENSKÉ: pro konstrukční směry*. Zlín, 2011, 182 s. Dostupné z: http://web.ft.utb.cz/cs/docs/T8ZPG_zpracovatelske_procesy_gumarenske.pdf
- [4] *Export-curbs-fail-to-lift-natural-rubber-prices* [online]. [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: <http://www.rubbernews.com>
- [5] MALÁČ, Jiří. *Gumárenská technologie*. 2015.
- [6] DUCHÁČEK, Vratislav a Zdeněk HRDLIČKA. *Gumárenské suroviny a jejich zpracování*. Vyd. 4., přeprac. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2009. ISBN 978-80-7080-713-2.
- [7] INSTITUT GUMÁRENSKÉ TECHNOLOGIE A TESTOVÁNÍ ZLÍN. *Problematika špinění forem: Studie o příčinách vzniku a možnostech jejího snížení*. Zlín, 1996.
- [8] BUKHINA, M. F., Y. L. MOROZOV, P. M. VAN DE VEN a J. W. M. NOORDERMEER. *Mould Fouling of EPDM Rubber Compounds*. 4/2003, , 172 - 183 [cit. 2018-01-25].
- [9] PACKHAM, D.E. *Mould sticking, fouling and cleaning*. Shropshire: Rapra Technology, 2002. ISBN 18-595-7357-6.
- [10] *Mold fouling during rubber vulcanization* [online]. [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <https://www.scribd.com/document/358406130/Mold-fouling-during-rubber-vulcanization>
- [11] DVOŘÁK, Zdeněk. *VADY VZNIKAJÍCÍ PŘI VÝROBĚ VÝROBKŮ TECHNOLOGIÍ VSTŘIKOVÁNÍ* [online]. 2013 [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/24610743-Vady-vznikajici-pri-vyrobe-vyrobku-technologiei-vstrikovani.html>

- [12] JETTER, Heinz a Jorg JETTER. Laser mold cleaning units reduce downtime, wear [online]. 13.11.2000 [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <http://www.rubber-news.com/article/20001113/ISSUE/311139980/laser-mold-cleaning-units-reduce-downtime-wear>
- [13] *Čištění forem a nástrojů od vulkanizačních zbytků suchým ledem a jiným abrazivem* [online]. In: . [cit. 2018-01-25].
- [14] JOHNSON, Steve. *Cleaning Molds: Part I* [online]. 6.1.2017 [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: [https://www.ptonline.com/articles/cleaning-molds-part-i\(2](https://www.ptonline.com/articles/cleaning-molds-part-i(2)
- [15] JOHNSON, Steve. *Cleaning Molds–Part II Blasting with Dry Ice* [online]. 7.1.2007 [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <https://www.ptonline.com/articles/cleaning-molds%E2%80%93part-ii-blasting-with-dry-ice>
- [16] *Tlakovzdušné pískování, tryskání*. [online]. [cit. 2018-01-25]. Dostupné z: <http://www.cmptrade.cz/UserFiles/file/02%20Trysk%C3%A1n%C3%AD.pdf>
- [17] *Technologie tryskání* [online]. [cit. 2018-01-25]. Dostupné z: <http://www.tryskani.kvalitne.cz/tryskani.php>
- [18] *Princip čištění suchým ledem CO2* [online]. [cit. 2018-01-25]. Dostupné z: [http://www.eco-stations.eu/princip-a-aplikace-cisteni-suchym-ledem.php#prettyphoto\[\]/0/](http://www.eco-stations.eu/princip-a-aplikace-cisteni-suchym-ledem.php#prettyphoto[]/0/)
- [19] *Formy pro zpracování plastů : vstřikování termoplastů. Díl 2*. Uniplast, Brno, 1999.
- [20] *CHEMICAL CLEANING OF METALS* [online]. [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <https://nzic.org.nz/ChemProcesses/metals/8H.pdf>
- [21] EDITED BY DOMINICK V. ROSATO, DONALD V. ROSATO a MARLENE G. ROSATO. *Injection Molding Handbook*. Third edition. Boston, MA: Springer US, 2012. ISBN 978-146-1545-972.
- [22] *SURFACE FINISHING* [online]. [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: www.novatec.it
- [23] *Glo-Mold* [online]. [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <http://www.valleyrubber.com/glo-mold.htm>
- [24] *NIKALET RCC: RUBBER BASED MOLD CLEANER* [online]. [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <http://www.douyee.com/en/products/item/214/nikalet-rubber-cleaning-sheet>

- [25] JOHNSON, Steve. *Cleaning Molds, Part III Ultrasonics Make Life Easier* [online]. 9.1.2007 [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <https://www.ptonline.com/articles/cleaning-molds-part-iii-ultrasonics-make-life-easier>
- [26] *O ULTRAZVUKU* [online]. [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <http://www.ultrasonic-cleaner.cz/page/o-ultrazvuku/6>
- [27] LEAVERSUCH, Robert D. *Lasers Now Clean Molds and Parts* [online]. 7.1.2004 [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <https://www.ptonline.com/articles/lasers-now-clean-molds-and-parts>
- [28] FLIMEL, Karol. Laser jako nástroj pro vysokorychlostní čištění. *Průmyslové spektrum*. 2016, **2016**(27).
- [29] *Čištění laserem* [online]. [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <http://narran.cz/laserove-cistení/>
- [30] *Nový nástroj pro čištění v průmyslu* [online]. 29.5.2015 [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <http://www.lascam.cz/novy-nastroj-pro-cistení-v-prumyslu-laser/>
- [31] *Ultrasonic versus electrolytic cleaning* [online]. 8.2013 [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: https://www.wireweb.de/wire-reports/ultrasonic-versus-electrolytic-cleaning_24215_de/
- [32] *Žihání* [online]. [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: http://www.bogner.cz/files/files/Teplne_zpracovani_-_zihani.pdf
- [33] DVOŘÁK, Zdeněk. *POVLAKY VE VÝROBĚ FOREM A JEJICH VLASTNOSTI* [online]. In: . 2010 [cit. 2018-01-25]
- [34] *Využití plazmových metod ve strojírenství: Metody depozice povlaků a tenkých vrstev* [online]. [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: http://fyzika.fs.cvut.cz/subjects/fzmt/lectures/FZMT_6.pdf
- [35] GERSTENBERGER, Jan. *Aplikace PVD na ošetření forem pro vstřikování plastů a lití Al* [online]. [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-32011/aplikace-pvd.html>
- [36] DAĐOUREK, Karel. *Metody vytváření tenkých vrstev*, 2008. [online]. [cit. 2018-12-16]. Dostupné z: http://www.kmt.tul.cz/edu/podklady_kmt_magistri/VTM/vtm%20Dad/13metody%20na%20vrstvy.pdf

- [37] ATEAM, ZCU, ČR. Tenké vrstvy. [online]. [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: World Wide Web: <http://www.ateam.zcu.cz/tenké_vrstvy_sma.pdf>.
- [38] *Tenké vrstvy* [online]. [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: https://www.opi.zcu.cz/tenke_vrstvy_fel_1.pdf
- [39] *Infračervená spektroskopie* [online]. [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <http://old.vscht.cz/lms/Zverze/Infrared.htm>
- [40] WIRTH, Karl. *X-Ray Fluorescence (XRF)* [online]. [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: https://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/XRF.html
- [41] KANIA, Patrik. *INFRAČERVENÁ SPEKTROMETRIE* [online]. [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <https://www.vscht.cz/files/uzel/0005766/Infra%C4%8Der-ven%C3%A1+spektrometrie.pdf?redirected>
- [42] HORÁK, Zdeněk a František KRUPKA. *Fyzika: příručka pro vysoké školy technického směru*. 3. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1981.
- [43] *Nástrojové oceli* [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://www.jkz.cz/cs/produkty/nastrojove-oceli/>
- [44] *Peraluman* [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://rheinfeld-en-all-alloys.eu/en/alloys/peraluman/>
- [45] *Produkty - hliník* [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://gleich.de/cz/produkty/g-al-c210r/>
- [46] *Řešení problematiky kontaminace vstřikovacích forem* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://dotaceeu.cz/cs/Statistiky-a-analyzy/Mapa-projektu/Projekty/01-Operacni-program-Podnikani-a-inovace-pro-konkur/01-1-Rozvoj-vyzkumu-a-voje-pro-inovace/Reseni-problematiky-kontaminace-vstrikovacich-fore>
- [47] *Lusin čisticí přípravky* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.panas.sk/storage/app/uploads/public/593/67e/036/59367e0364d84265140743.pdf>
- [48] *DRSNOMĚRY MĚŘENÍ JAKOSTI POVRCHU* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: http://gps.fme.vutbr.cz/STAH_INFO/2609_Mitutoyo_Drsnomery.pdf
- [49] *TECHNICKÁ DOKUMENTACE* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat410/www453/soubory/texty/ucebni_texty/td/01-textyVSB/005_Drsnost%20povrchu.pdf

-
- [50] Bruno, T. J., and P. D. N. Svoronos. *Handbook of Basic Tables for Chemical Analysis*. Third Edition. Boca Raton, FL: CRC Press, 2011, ISSN 978-1-4200-8042-1

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

SBR	Butadienstyrenový kaučuk
DSK	Díly na sto dílů kaučuku
EPDM	Etylen-propylen-dienový kaučuk
FTIR	Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací
PVD	Nanášení odpařením z pevné fáze
CVD	Chemická depozice z plynné fáze
C	Uhlík
Mn	Mangan
Si	Křemík
N	Dusík
P	Fosfor
S	Síra
V	Vanad
Cr	Chrom
Zn	Zinek
Mg	Hořčík
Ti	Titan
Te	Tellur
Be	Beryllium
Ni	Nikl
Co	Kobalt
Mo	Molybden
ZnO	Oxid zinečnatý
CO-NH _x	Amidové skupiny

Ra	μm	Střední aritmetická úchylka posuzovaného profilu
s		Směrodatná odchylka
\bar{x}		Aritmetický průměr

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Získávání přírodního kaučuku [4]	12
Obr. 2: Proces lisování [3]	17
Obr. 3: Lis se spodním pístem [1].....	18
Obr. 4: Technologie přetlačování [3].....	19
Obr. 5: Princip vstřikování pístové a šnekové plastikace [3]	20
Obr. 6: Vstřikovací cyklus [3]	20
Obr. 7: Vulkanizační křivka [3].....	22
Obr. 8: Rozdělení tryskání [17]	27
Obr. 9: Znečištěný materiál [18].....	28
Obr. 10: Čištění suchým ledem [18].....	28
Obr. 11: Materiál po čištění suchým ledem [18]	29
Obr. 12: Proces čištění gumovou čisticí směsí, překlad autor [24]	31
Obr. 13: Princip čištění ultrazvukem [26]	33
Obr. 14: Princip čištění laserem [30].....	34
Obr. 15: Princip napařování a napařování povlaku PVD [36]	40
Obr. 16: Princip chemického nanášení povlaku CVD [37]	41
Obr. 17: Rozhraní tří fází [42]	43
Obr. 18: Sestava zkušební formy [46]	52
Obr. 19: Vulkanizační deska se zkušebními tělesy.....	52
Obr. 20: Čištění kartáčem s mosaznými štětinami o průměru 0,15 mm.....	54
Obr. 21: Čištění kartáčem s mosaznými štětinami o průměru 0,2 mm.....	55
Obr. 22: Použité čisticí prostředky Lusin Clean L 21 a Lusin Clean L 51	56
Obr. 23: Vzorek vyvíjeného univerzálního čisticího roztoku.....	56
Obr. 24: Drsnoměr Mitutoyo SJ 401	57
Obr. 25: Mikroskop ProScope HR.....	58
Obr. 26: Vstřikovací stroj REP 27 Y125	59
Obr. 27: Připravený materiál ve formě pásku.....	59
Obr. 28: Infračervený mikroskop Nicolet AVATAR 32D	60
Obr. 29: Použití přípravku Lusin clean L 51 na zkušebních tělesech.....	62
Obr. 30: Ocel 1.2162 před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x	64

Obr. 31: Ocel 1.2436 před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x	64
Obr. 32: Ocel 1.2767 před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x	64
Obr. 33: Peraluman 30 před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x	65
Obr. 34: Ocel 1.2080 před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x	65
Obr. 35: Spektrum oceli 1.2162	66
Obr. 36: Spektrum oceli 1.2436	66
Obr. 37: Spektrum oceli 1.2767	66
Obr. 38: Spektrum slitiny hliníku Peraluman 30	67
Obr. 39: Spektrum oceli 1.2080	67
Obr. 40: Ocel 1.2312 B před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x	71
Obr. 41: Ocel 1.2312 C před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x	71
Obr. 42: Ocel 1.2312 D před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x	71
Obr. 43: Ocel 1.2343 B před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x	71
Obr. 44: Ocel 1.2343 C před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x	72
Obr. 45: Ocel 1.2343 D před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x	72
Obr. 46: Ocel 1.2316 B (P) před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x	72
Obr. 47: Ocel 1.2316 C (P) před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x	73
Obr. 48: Ocel 1.2316 D (P) před čištěním, po chemickém čištění a po mechanickém čištění, zvětšeno 30x	73
Obr. 49: Ocel 1.2312 B před čištěním, po čištění mechanickém a po čištění chemickém, zvětšeno 30x	74

Obr. 50: Ocel 1.2312 C před čištěním, po čištění mechanickém a po čištění chemickém, zvětšeno 30x.....	74
Obr. 51: Ocel 1.2312 D před čištěním, po čištění mechanickém a po čištění chemickém, zvětšeno 30x.....	74
Obr. 52: Ocel 1.2343 B před čištěním, po čištění mechanickém a po čištění chemickém, zvětšeno 30x.....	74
Obr. 53: Ocel 1.2343 C před čištěním, po čištění mechanickém a po čištění chemickém, zvětšeno 30x.....	75
Obr. 54: Ocel 1.2343 D před čištěním, po čištění mechanickém a po čištění chemickém, zvětšeno 30x.....	75
Obr. 55: Ocel 1.2316 B před čištěním, po čištění chemickém a po čištění mechanickém, zvětšeno 30x.....	75
Obr. 56: 1.2316 C před čištěním, po čištění chemickém a po čištění mechanickém, zvětšeno 30x.....	76
Obr. 57: 1.2316 D před čištěním, po čištění chemickém a po čištění mechanickém, zvětšeno 30x.....	76
Obr. 58: Zkušební tělesa na jedné polovině vyčištěna univerzálním čističem.....	76
Obr. 59: 1.2312 B před čištěním, po čištění mechanickém a rozdíl mezi mechanickým a chemickým čištěním, zvětšeno 30x.....	77
Obr. 60: 1.2312 C před čištěním, po čištění mechanickém a rozdíl mezi mechanickým a chemickým čištěním, zvětšeno 30x.....	77
Obr. 61: 1.2312 D před čištěním, po čištění mechanickém a rozdíl mezi mechanickým a chemickým čištěním, zvětšeno 30x.....	77
Obr. 62: 1.2316 B před čištěním, po čištění mechanickém a rozdíl mezi mechanickým a chemickým čištěním, zvětšeno 30x.....	78
Obr. 63: 1.2316 C před čištěním, po čištění mechanickém a rozdíl mezi mechanickým a chemickým čištěním, zvětšeno 30x.....	78
Obr. 64: 1.2316 D před čištěním, po čištění mechanickém a rozdíl mezi mechanickým a chemickým čištěním, zvětšeno 30x.....	78

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Chemické složení použitých nástrojových ocelí [43].....	49
Tab. 2: Chemické složení slitin hliníku [44, 45].....	50
Tab. 3: Umístění zkušebních těles ve formě.....	51
Tab. 4: Vzorové složení kaučukové směsi od firmy Hexpol Compounding, s.r.o.	53
Tab. 5: Přehled použitých přípravků na zkušebních tělesech.....	62
Tab. 6: Přehled zrnitosti brusného papíru u jednotlivých zkušebních těles.....	63
Tab. 7: Jakost povrchu zkušebních těles levé strany formy	68
Tab. 8: Jakost povrchu zkušebních těles pravé strany formy	68
Tab. 9: Použití chemických přípravků levá strana formy	69
Tab. 10: Použití přípravků – pravá strana formy	70
Tab. 11: Naměřené hodnoty jakosti po čištění – levá strana formy	79
Tab. 12: Naměřené hodnoty jakosti po čištění – pravá strana formy	79

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: Materiálový list Lusin clean L 51

PŘÍLOHA P II: Materiálový list Lusin clean L 21

PŘÍLOHA P III: Optická mikroskopie zkušebních těles z dřívě prováděných experimentů

PŘÍLOHA P IV: Spektra zkušebních těles z dřívě prováděných experimentů

PŘÍLOHA P V: Optická mikroskopie kaučukové směsi 35963 – levá strana

PŘÍLOHA VI: Optická mikroskopie kaučukové směsi 35963 – pravá strana

PŘÍLOHA VII: Optická mikroskopie kaučukové směsi I5604060IF – levá strana

PŘÍLOHA VIII: Optická mikroskopie kaučukové směsi I5604060IF – pravá strana

PŘÍLOHA IX: Optická mikroskopie kaučukové směsi I16045519F – levá strana

PŘÍLOHA X: Optická mikroskopie kaučukové směsi I16045519F – pravá strana

PŘÍLOHA P I: Materiálový list Lusin clean L 51

SAFETY DATA SHEET

according to Regulation (EC) No. 1907/2006 - GB



Lusin® Clean L 51

Version 2.0

Revision Date 09.05.2015

Print Date 10.05.2015

1. Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking

1.1 Product identifier

Product name : Lusin® Clean L 51

1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

Use of the Substance/Mixture : cleaning spray

1.3 Details of the supplier of the safety data sheet

Chem-Trend (Deutschland) GmbH
Ganghoferstr. 47
D-82216 Maisach-Gemlinden
Tel.: 0049 (0) 8142417-0
Fax.: 0049 (0) 814215884

E-mail address : mcm@chemtrend.de
Responsible/issuing person

National contact :

1.4 Emergency telephone number

0049 (0) 8142417-1169

2. Hazards identification

2.1 Classification of the substance or mixture

Classification (REGULATION (EC) No 1272/2008)

Aerosols, Category 1	H222: Extremely flammable aerosol.
Skin irritation, Category 2	H229: Pressurised container: May burst if heated.
Skin sensitisation, Category 1	H315: Causes skin irritation.
Chronic aquatic toxicity, Category 2	H317: May cause an allergic skin reaction.
	H411: Toxic to aquatic life with long lasting effects.

Classification (67/548/EEC, 1999/45/EC)

Extremely flammable	R12: Extremely flammable.
Sensitising	R43: May cause sensitisation by skin contact.
Irritant	R38: Irritating to skin.
Dangerous for the environment	R51/53: Toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic

PŘÍLOHA P II: Materiálový list Lusin clean L 21



Lusin[®] Clean L 21 Cleaning Agent

Benefits

- Removes polymer residues
- Has a rapid cleaning effect
- NSF registered, conforming to a K1 category

Typical Performance Characteristics

Flash point, °C/F°	2, 36
Refractive Index (20°C)	1.4333-1.4359
Shelf Life	12 months

Product Description

Lusin[®] Clean L 21 is an organic cleaning agent which is especially suitable for removing tenacious resin and other residues from metal surfaces.

Application

Lusin[®] Clean L 21 is used for the cleaning of dirty molds and the dissolution of polymer residues, e.g. PVC, PA, polyimides, acrylates, etc.

Spray Lusin[®] Clean L 21 on contaminated molds, allow the product to react, then remove by injection or with a clean cloth. If required, repeat several times at increased temperatures and longer reaction time (one hour maximum). After having cleaned the surface, apply an anti-corrosion agent such as Lusin[®] Protect G 31 for non-food grade applications. When mold is used in a food grade application, surface must be washed with a detergent, rinsed with potable water and dried prior to applying an anti-corrosion agent such as Lusin[®] Protect O 45 F.

Caution: Lusin[®] Clean L 21 attacks plastic and paint surfaces.

Note: Apply a good, protective skin lotion before handling Lusin[®] Clean L 21. Always wear impervious (e.g., neoprene) gloves and eye protection when handling this product.

Storage/Handling

For further information on storage, handling and hazards, please request a copy of Chem-Trend's Safety Data Sheet.

Packaging

Lusin[®] Clean L 21 is available in a variety of package sizes. Please contact Chem-Trend customer service for details.

While the technical information and suggestions for use contained herein are believed to be accurate and reliable, nothing stated in this bulletin is to be taken as a warranty either expressed or implied.

Further Information

Request information on our complete range of materials for this industry.