

PŘÍRODNÍ POLYMERY

Polyterpeny

PŘÍRODNÍ KAUČUK

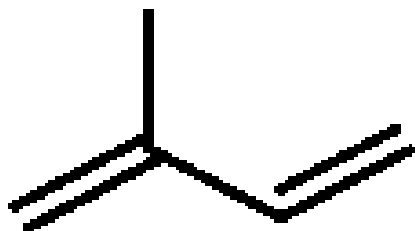
RNDr. Ladislav Pospíšil, CSc.

UČO:29716

Časový plán

LEKCE	téma
1	Úvod do předmětu - Struktura a názvosloví přírodních polymerů, literatura
2	Deriváty kyselin, - přírodní pryskyřice, vysýchavé oleje, šelak
3	Vosky
4	Přírodní gummy, Polyterpeny – přírodní kaučuk, získávání, zpracování a modifikace
5	Polyfenoly – lignin, huminové kyseliny
6	Polysacharidy I – škrob
7	Polysacharidy II – celulóza
8	Bílkovinná vlákna I
9	Bílkovinná vlákna II
10	Kasein, syrovátka, vaječné proteiny
11	Identifikace přírodních látek
12	Laboratorní metody hodnocení přírodních polymerů

Isopren – základní jednotka TERPENOIDŮ



Systematický název	2-methyl-buta-1,3-dien
Ostatní názvy	2-methyl-1,3-butadien
<u>Sumární vzorec</u>	C ₅ H ₈

TERPENOIDY – HLAVNÍ SLOŽKY PRYSKYŘIC (přednáška č. 2)

OZNAČENÍ	POČET UHLÍKŮ	SKUPENSTVÍ za normální teploty (tj. 23 °C)
Monoterpenoid	10	kapalina
SESQUITERPENOID	15	kapalina
Diterpenoid	20	Pevná látka
TRITERPENOID	30	Pevná látka

Trochu terminologie je nutné

POLYTERPENY = POLYISOPRENY

Kaučuk > vulkanizace > PRYŽ

Rubber > Vulcanization > Vulcanized Rubber

PŘÍRODNÍ GUMY = POLYSACHARIDY =

KLOVATINY (lepidlo **UMĚLÁ**

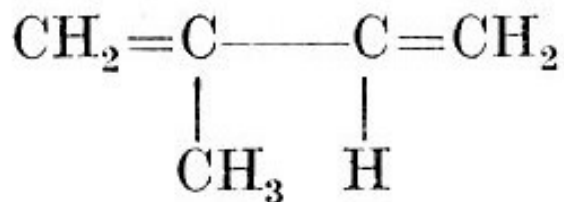
KLOVATINA > z čeho to je?)

Kde se v češtině vzal výraz GUMA?

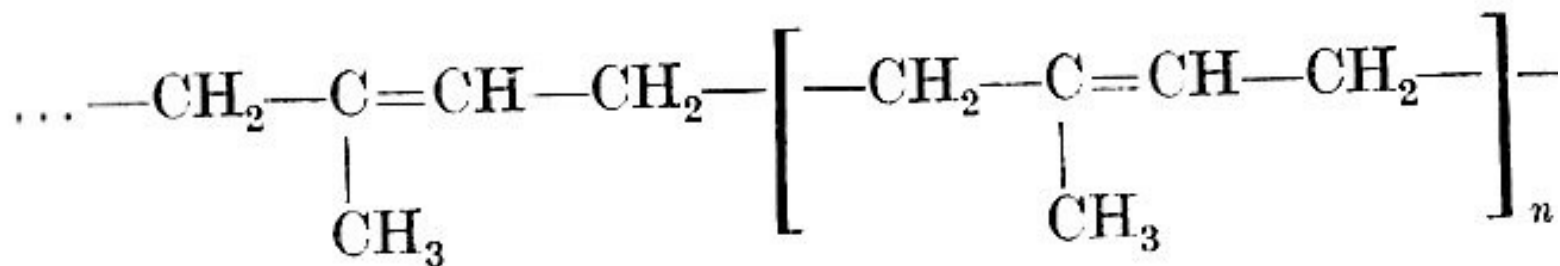
Z německého GUMMI = PRYŽ

Kaučuk je německy Kautschuk

Chemickým složením je přírodní kaučuk polymerem uhlovodíku izoprenu $[C_5H_8]_n$ (2-metylbutadien):

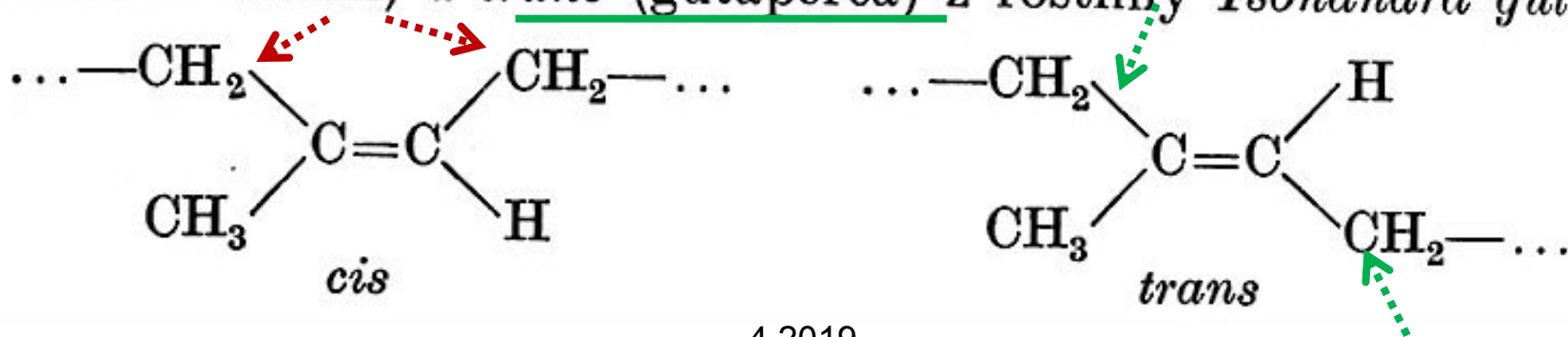


Strukturní vzorec polyizoprenu $[C_5H_8]_n$ je



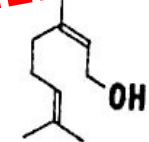
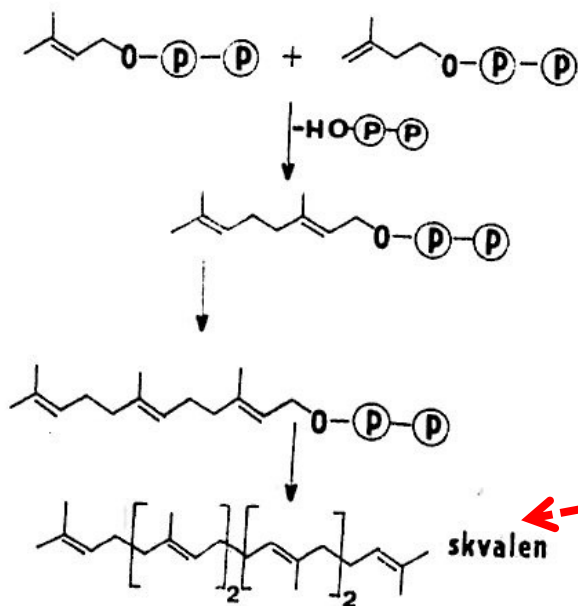
cis -1,4 polyizopren - Označení se vztahuje k hlavnímu řetězci

Polyizopren se vyskytuje ve dvou formách, a to ve formě *cis* (přírodní kaučuk) a *trans* (gutaperča) z rostliny *Isonandra gutta*.

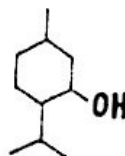


TŘÍSTUPŇOVÁ enzymatická syntéza TERPENOIDŮ

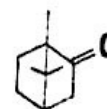
KONDENZACE „hlava – pata“ dvou jednotek „AKTIVNÍHO“ ISOPRENU



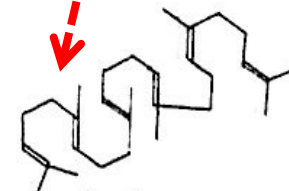
geraniol



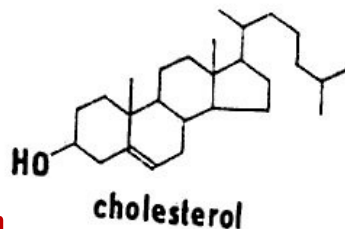
menthol



kafr



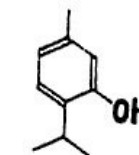
skvalen



cholesterol



vitamin D3



thymol

TERPENOIDY

POLYTERPENY = POLYISOPRENY

Výskyt v přírodě

- Jsou obsaženy v cca. 2000 rostlinách z různých geografických oblastí
- Stromy, keře, byliny
- **NEJDŮLEŽITĚJŠÍ JE STROM:**
kaučukovník *Hevea brasiliensis*
- **NADĚJNÁ BYLINA:** ***Taraxanum koksagyz (s ním bylo experimentováno i na VÚMCH, nyní PIB a políčka byla v Brně na Riviére)***

SNAD historické snímky!



Obr. 2. Doprava přírodního latexu ke zpracování



Obr. 3. Srážení přírodního latexu

POLYTERPENY = POLYISOPRENY

Získávání v přírodě



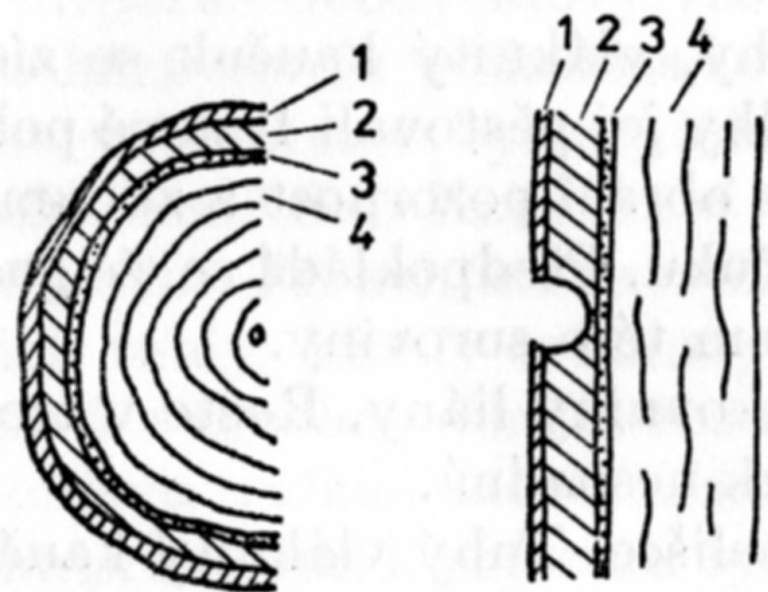
- **LATEX** (cca. 25 – 35 % kaučuku)
- Koagulace kyselinami (mravenčí, octová) > **KREPOVÝ KAUČUK**
- **SUŠENÍ NAD OHNĚM** > **UZENÝ KAUČUK**
- Kalandrování a stabilizace proti oxidaci a mikroorganismům
- **Expedice**



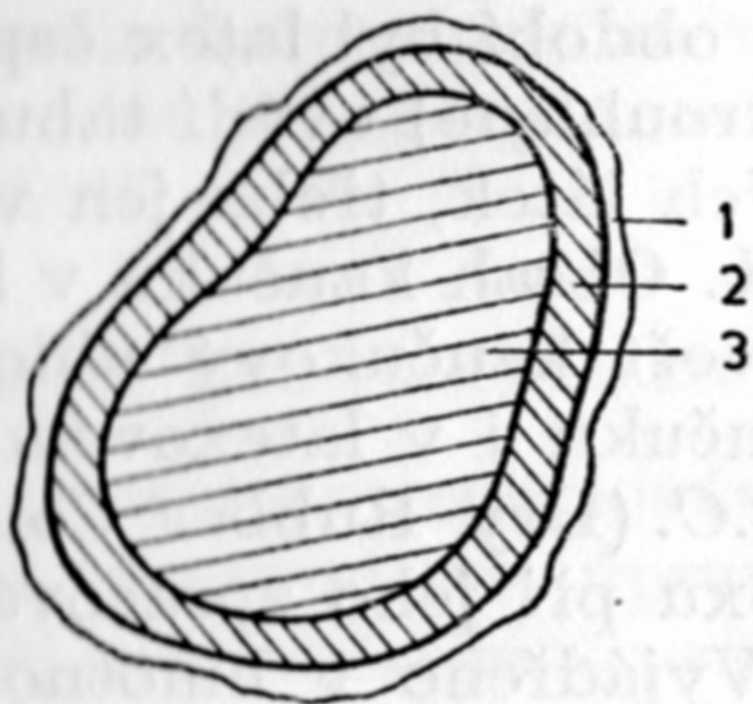
Příroda, před miliony let, vyvinula proces SAMOHOJENÍ za využití elastomerů.

Řezy odběrných míst kaučukového LATEXU se tedy sami zhojí a stroj neumírá

Nature, over millions of years, evolved self-healing processes using elastomers (like latex). (Source: Jingdong)



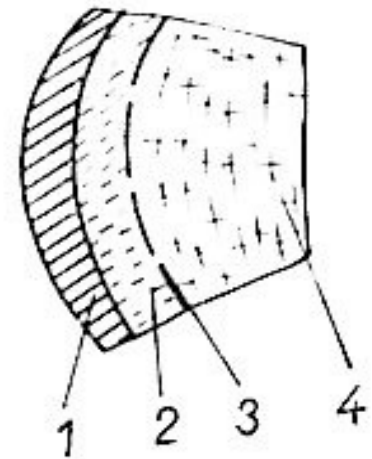
Obr. 2. Vrstvy v řezu kmene
kaučukovníku brazilského
1 — stará odumírající kůra, 2 — mladá
kůra s mléčnicemi, 3 — kambium,
4 — dřevo



Obr. 4. Složení kaučukové částice
v latexu
1 — bílkoviny a pryskyřice,
2 — gel, 3 — sol

LATEX (cca. 25 – 35 % kaučuku) z čeho se skládá

- **Kaučuk (cca. 25 – 35 %)**
- **Voda (60 – 75 %)**
- **Bílkoviny (2 %)**
- **Sacharidy**
- **Minerály**
- **Pryskyřice**



Obr. 1. Řez kmenem,
kaučukovníku
1 — stará kůra,
2 — nová kůra s latexem,
3 — kambium, 4 — dřevo

**UZENÝ
KAUČUK**

**KREPOVÝ
KAUČUK**

Tabulka 1. Složení přírodního kačuku

	Rozmezí hodnot	Střední hodnoty	
		Smoked sheets	Crepes
Voda [hmotn. %]	0,3 — 1,12	0,61	0,42
Acetonový extrakt [hmotn. %]	2,5 — 3,2	2,90	2,70
Bílkoviny [hmotn. %]	2,5 — 3,5	2,80	2,80
Popeloviny [hmotn. %]	0,15 — 0,9	0,38	0,30
Kaučuk [hmotn. %]	92 — 94	93,80	93,60
Chloridy [hmotn. %]	0,002 — 0,01	0,006	0,003
Strany [hmotn. %]	0,02 — 0,05	0,03	0,04
Steroly [hmotn. %]		0,50	0,50
Vyšší mastné kyseliny [hmotn. %]		1,40	1,10
Měd [ppm]	2 — 10	5	4
Mangan [ppm]	0,8 — 4	1,5	1

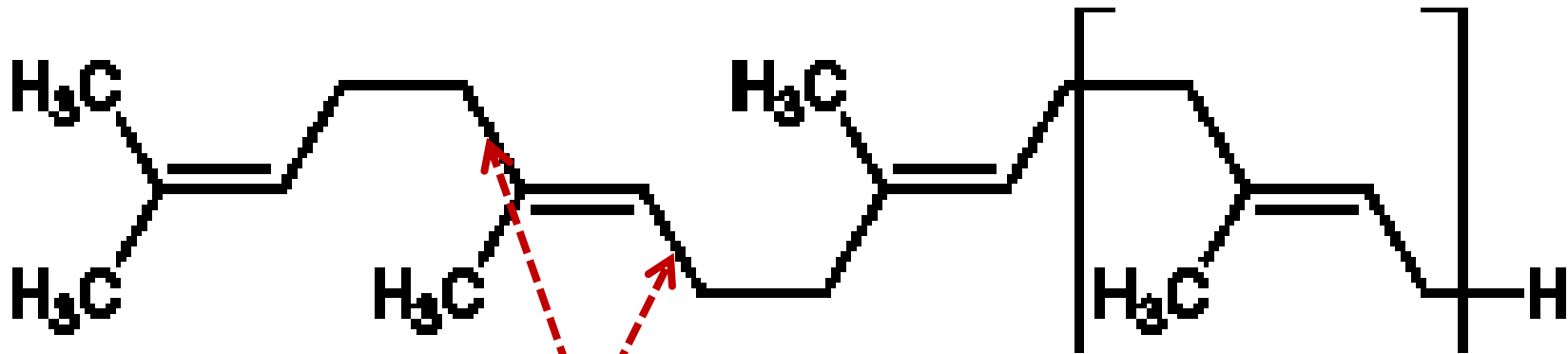
Tabulka 6. Složení přírodního latexu

Složka	Obsah hmotn. %
kaučukový uhlovodík	35
voda	60
bílkoviny	2
pryskyřice a mastné kyseliny	1,8
anorganické sloučeniny a jiné složky	1,2

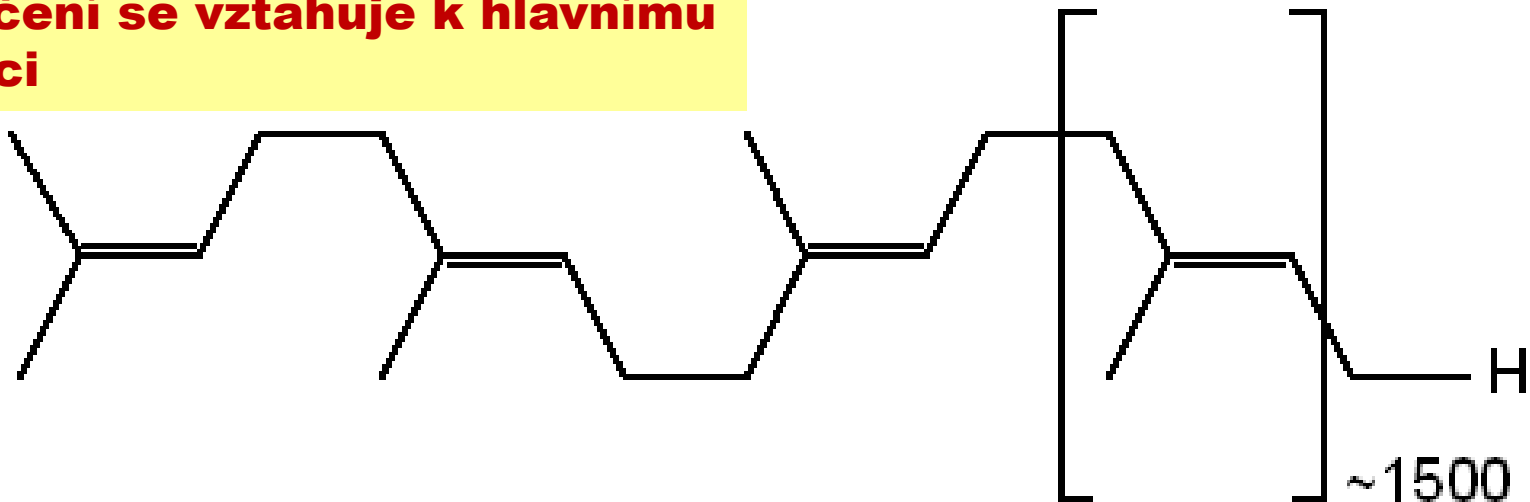
Tabulka 7. Závislost hustoty a viskozity přírodního latexu na obsahu kaučukového uhlovodíku

Obsah kaučukového uhlovodíku hmotn. %	Hustota kg m ⁻³	Viskozita mPa s
20	996	2,5
30	983	4,0
40	972	5,5
50	959	7,5
60	948	27,0
63		53,0

GUTAPERČA - různá prezentace hlavního řetězce v literatuře

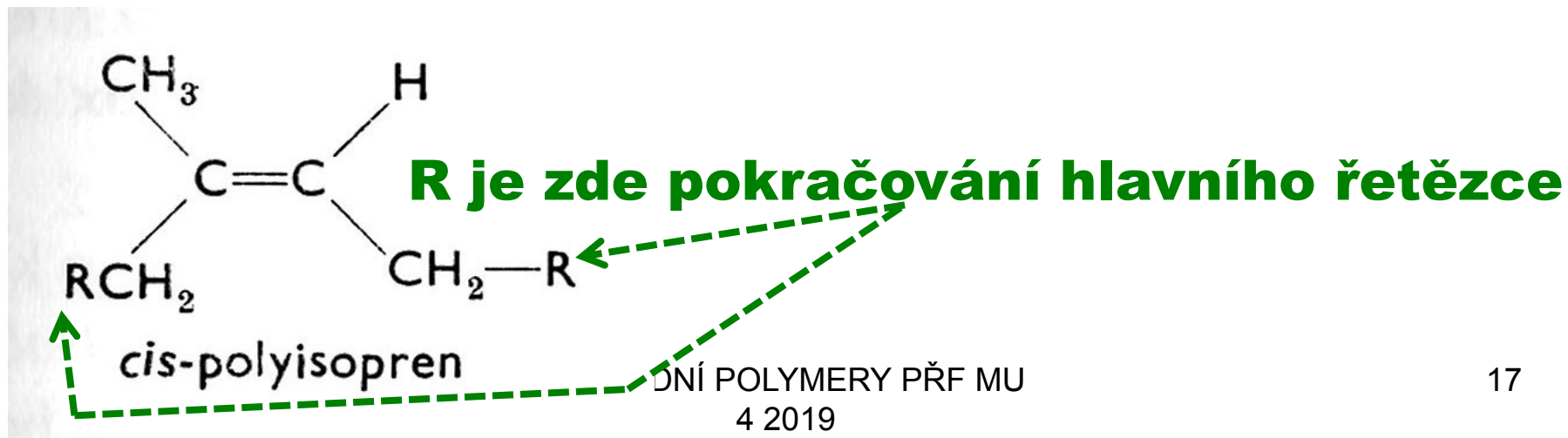
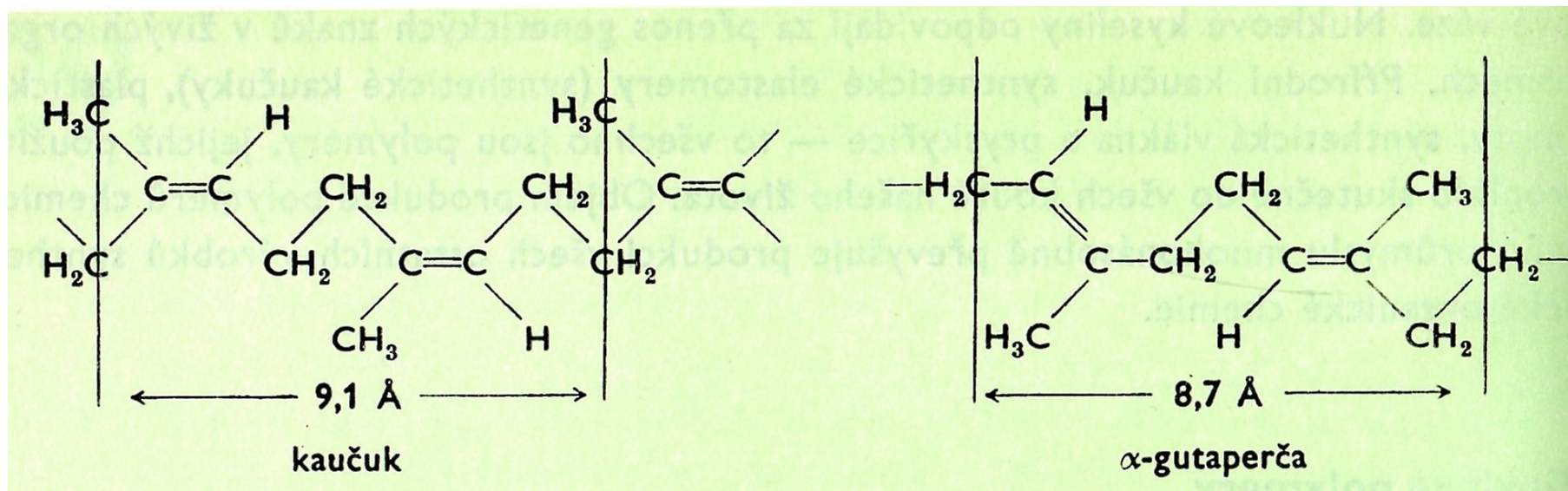


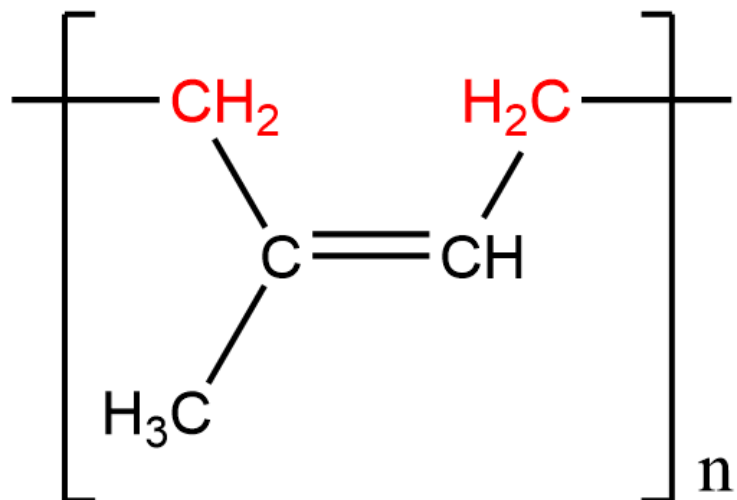
trans-1,4 polyizopren
Označení se vztahuje k hlavnímu řetězci



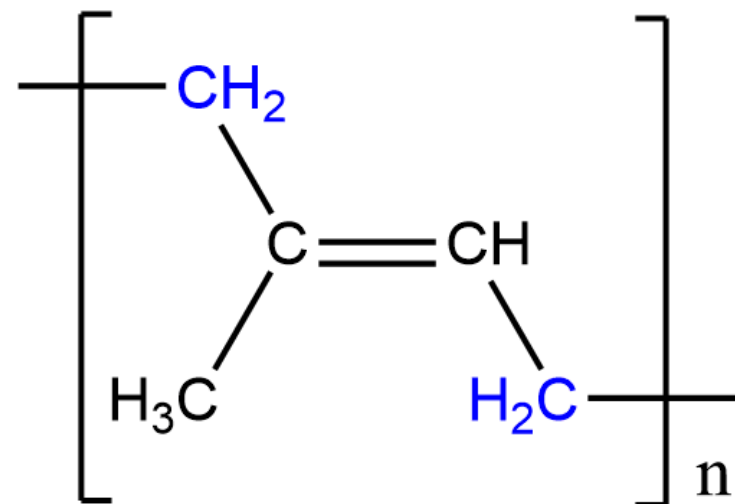
GUTAPERČA versus PŘÍRODNÍ KAUČUK

různá prezentace hlavního řetězce v literatuře





přírodní kaučuk
(Z)-polyisopren



gutaperča
(E)-polyisopren

trans-Forma polyisoprenu se rovněž vyskytuje v přírodě; je známa jako gutaperča nebo balata. Jako gutaperča se označuje produkt získaný z latexu různých stromů druhu *Dichopsis*, řád Sapotaceae, rostoucích v Malajsii. Gutaperča obsahuje asi 80 % poly-1,4-*trans*-isoprenu a zbytek pryskyřice a používala se dříve pro izolaci podmořských kabelů. Balata je pak produkt získaný z latexu rostliny *Mimusops globosa* rostoucí ve Venezuele a obsahuje 50 až 60 % poly-1,4-*trans*-isoprenu, zbytek tvoří pryskyřice. Používala se pro výrobu golfových míčků. Poly-1,4-*trans*-isopren je krystalický, neboť konfigurace *trans* usnadňuje dobré uložení polymerních řetězců. Existuje ve formě α (planární), termodynamicky stabilní, u níž byla zjištěna perioda identity 0,87 nm a bod tání 74 °C. Zahřátím nad teplotu 68 °C a rychlým ochlazením přechází ve formu β (neplanární), s periodou identity 0,48 nm a bodem tání 64 °C.

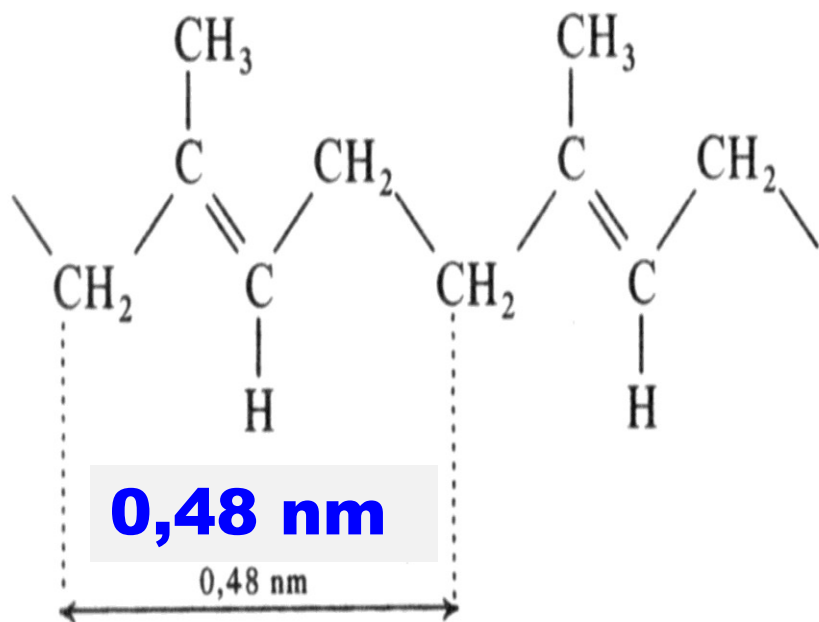
α versus β GUTAPERČA

β GUTAPERČA

- Zahřáním nad cca. 68 °C a prudkým ochlazením vzniká z

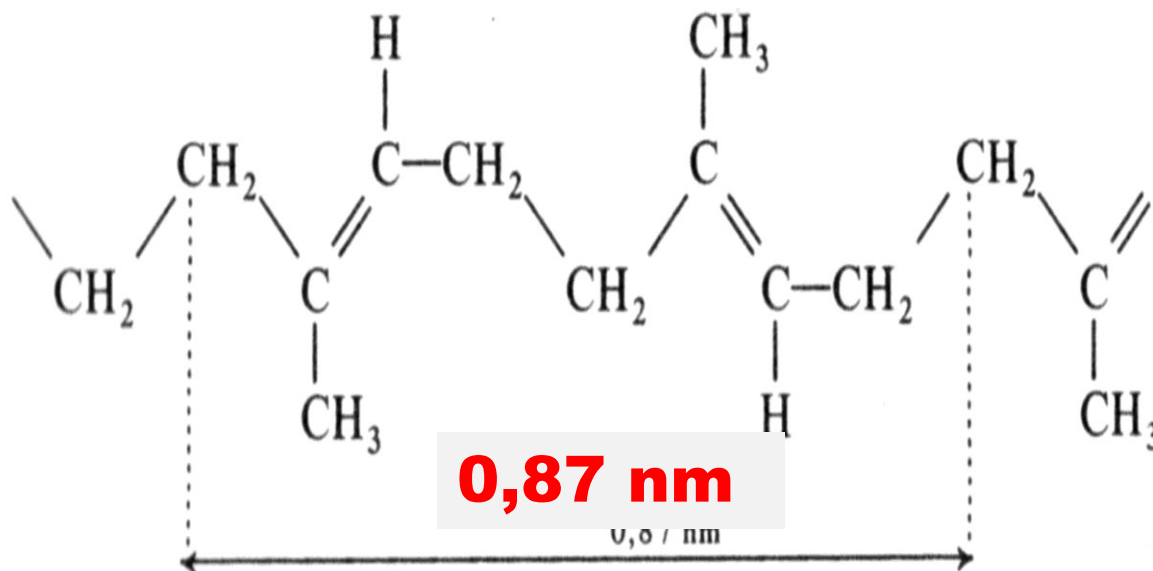
α GUTAPERČI

- Má b.t. cca. 64 °C



α GUTAPERČA

- Cca. 80 % trans izomeru, zbytek jsou různé pryskyřice
- Je PLANÁRNÍ & SEMIKRYSTALICKÁ, b.t. cca. 74 °C



GUTAPERČA versus BALATA

- **BALATA** je velmi podobná **GUTAPERČI**, ale jen fyzikálními vlastnostmi, ne **chemicky**
- **BALATA** je měkčí > byla používána do **žvýkaček**, nyní syntetické náhražky
- Nyní má jen (**ZATÍM**) **okražový a klesající využití**

Manilkara bidentata is a species of Manilkara native to a large area of northern South America, Central America and the Caribbean. Common names include bulletwood, **balatá**, ausubo, massaranduba, and (ambiguously) "cow-tree".

Balatá is a large tree, growing to 30–45 m (98–148 ft) tall.

Its latex is used industrially for products such as

CHICLE is a NATURAL GUM >

POLYSACHARID, nikoli POLYTERPEN!

Polyisopreny *cis* a *trans* jsou kromě pryskyřičných látek přítomny v produktu chicle gum ze stromu *Achros sapota* rostoucího ve střední Americe. Používá se pro výrobu žvýkacích gum.

 **SYNONYMUM**

ZAPOTA OBECNÁ

Zapota obecná či **sapodila obecná** (*Manilkara zapota*, existuje celá řada vědeckých synonymních názvů)

Kmen rostliny, listy i nezralé plody obsahuje bílý latex, který se zachycuje podobně jako kaučuk, nazývá se chicle a vyrábějí se z něj především přírodní žvýkačky.



Manilkara bidentata

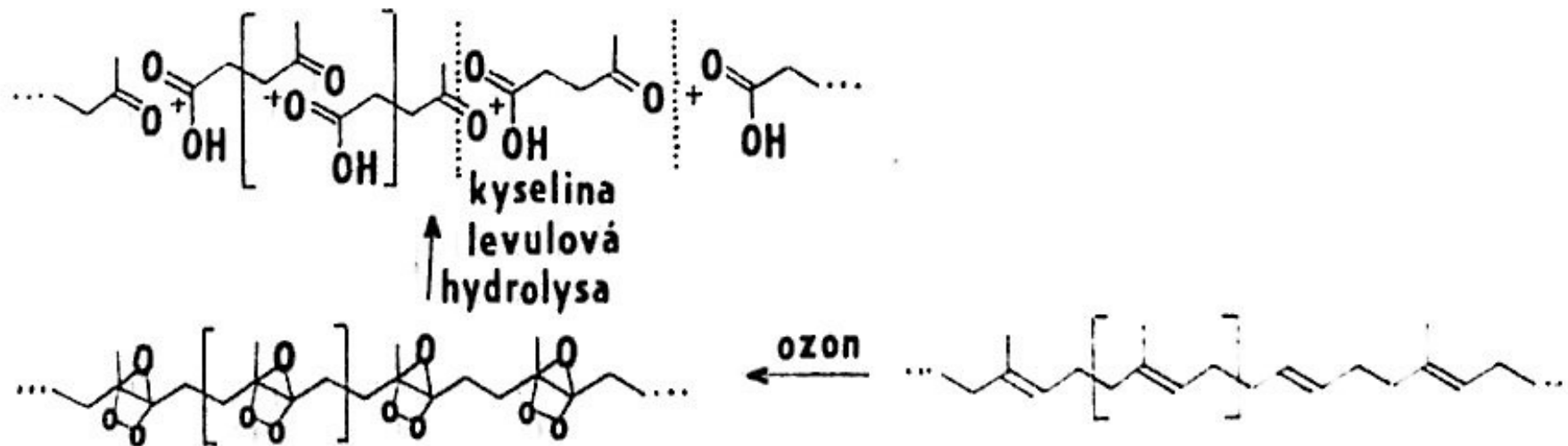


Manilkara zapota

DL
4 2019

POLYTERPENY = POLYISOPRENY

Jak byla odhalena struktura



Zde je toto demonstrováno na:
Trans > GUTAPERČA

Nejdůležitější vlastností kaučuku je kaučuková elastičnost, která je po kaučuku i nazvána. Při natahování dochází k orientaci molekul a vytváření vláknité textury. Ochladíme-li nenatažený a natažený kaučuk v kapalném vzduchu a vzorky potom rozbijeme, vznikne z nenataženého kaučuku drť, z nataženého vlákna. V amorfním stavu jsou makromolekuly neuspořádané, natahováním se lépe orientují a vytvářejí krystalické oblasti. Po skončení působení deformační síly přejde materiál opět v amorfní stav, poněvadž slabé van der Waalsovy síly uhlovodíků nepostačí k udržení krystalinity.

ZPRACOVÁNÍ PŘÍRODNÍHO KAUČUKU

Před vulkanizací

- **„Lámání kaučuku“** – štěpení řetězců na kratší působením mechanické energie a kyslíku
- **Přidání dalších složek a prohnětení (homogenizace):**
 - Plniva (hlavně saze, amorfni SiO_2 ,)
 - Změkčovadla
 - Pigmenty,
 - Antioxidanty a antiozonanty
 - **Vulkanizační činidla (síra, urychlovače, ...)**
 - Maziva

ZPRACOVÁNÍ PŘÍRODNÍHO KAUČUKU

Jedno typické složení směsi

Složka	Díly	Účel
PŘÍRODNÍ KAUČUK	40	
Syntetický kaučuk 1	30	Modifikace vlastností
Syntetický kaučuk 2	30	Modifikace vlastností
ZnO	3 – 4	Urychlovač vulkanizace
Kyselina stearová	2	Mazivo
Saze ztužující	30	Modifikace vlastností
Změkčovadlo	4	Modifikace vlastností
Síra	2 – 3	Vulkanizace (sít'ování)
Antioxidant, antiozonant	1,5	Ochrana proti stárnutí vlivem kyslíku a ozónu

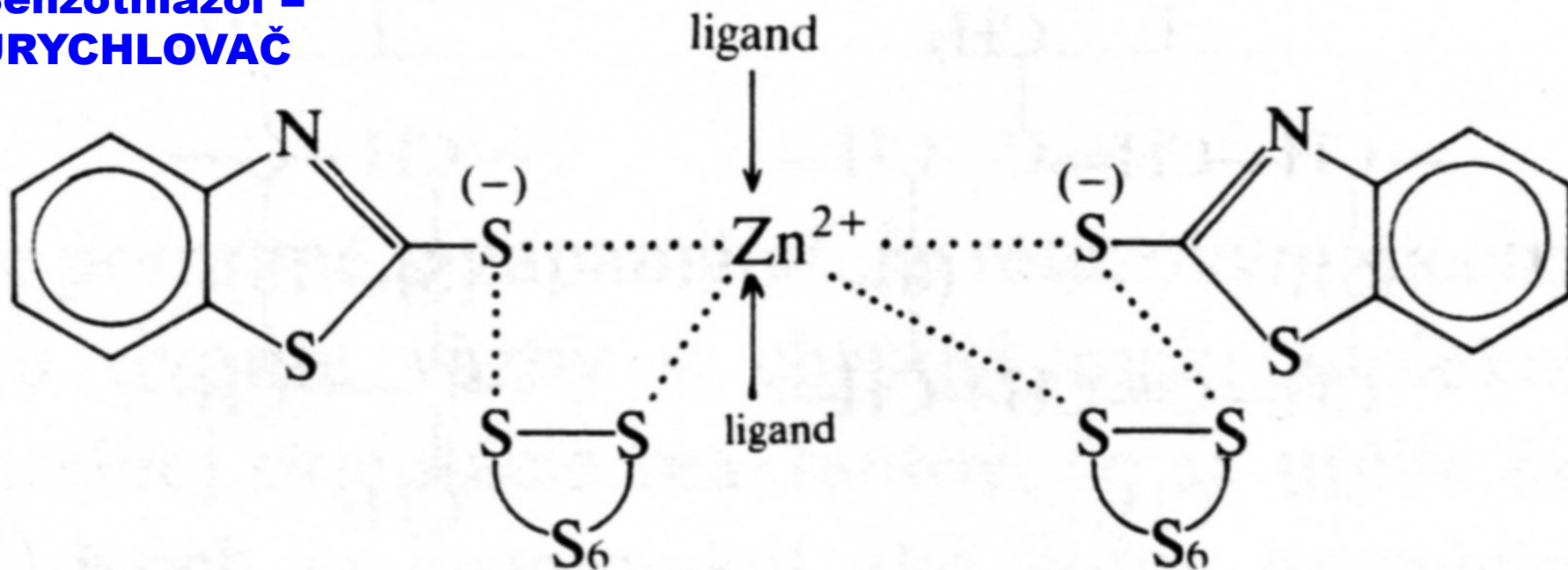
Lidé od kaučuku a PVC většinou nepracují s %, ale s DÍLY!

ZPRACOVÁNÍ PŘÍRODNÍHO KAUČUKU

Možná role Zn^{2+} jako AKTIVÁTORU VULKANIZACE

Zn^{2+} =
AKTIVÁTOR

Benzothiazol =
URYCHLOVAČ

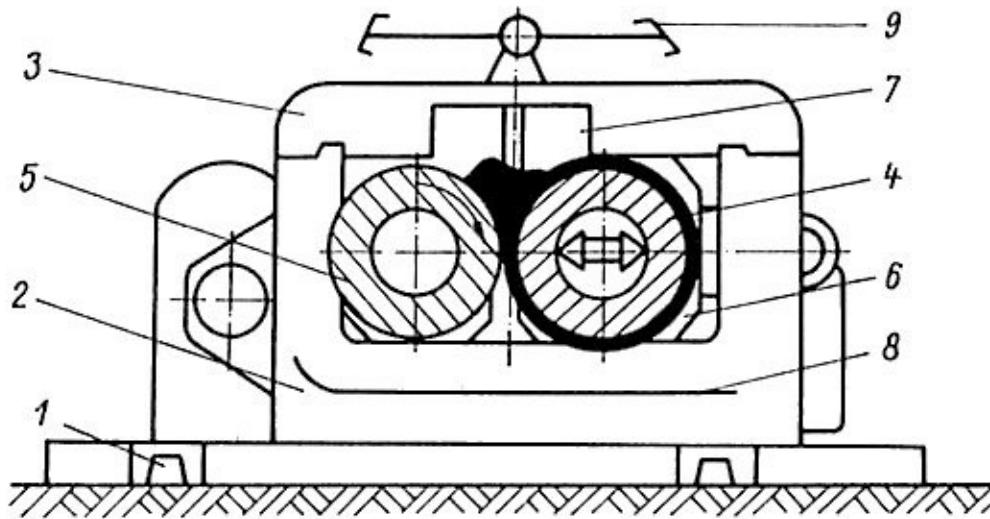


Co jsem já dělal zajímavého

PODKLADY PRO SOUDNÍHO ZNALCE

- černá skvrna na kapotáži závodní motorky
- **JE TO OD ASFALTU NEBO OD PNEUMATIKY?**
- **SEM + EDX** analýzy prvků ve skvrně
- „Po čem jsem šel“
 - síra (vulkanizace)
 - ZINEK (vulkanizační urychlovače jsou na bázi zinku)
- **VÝSLEDEK: je to od asfaltu, nebyla tam síra ani zinek**

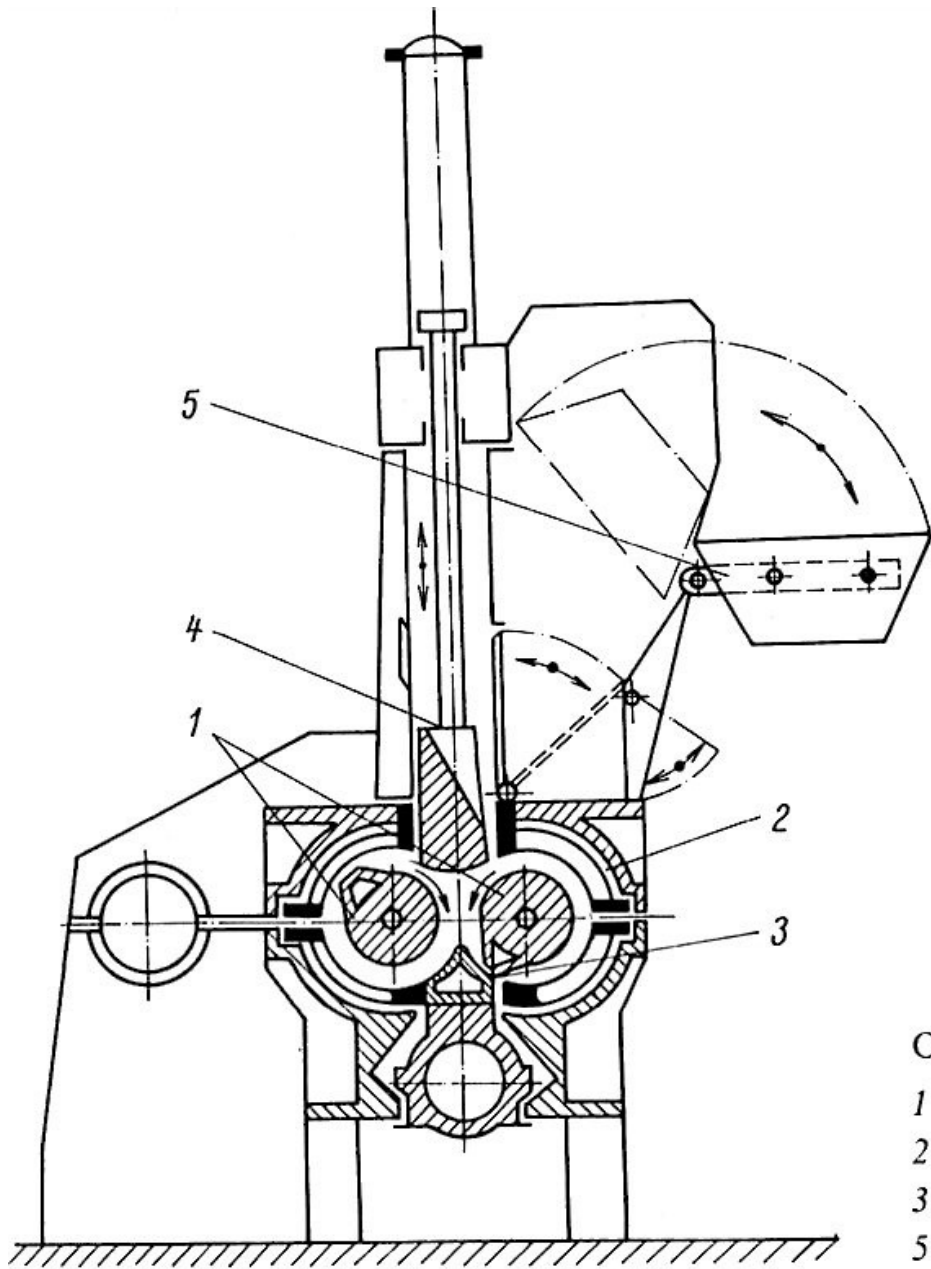
Dvouválec



Obr. 4. Schéma míchání směsí na dvouválci

1 – základní rám,
2 – postranice, 3 – třmen,
4 – přední stavitelný válec,
5 – zadní válec s hnacím
ústrojím, 6 – ložiskové těleso,
7 – stírací deska, 8 – vana,
9 – tyč pro nouzové
zastavení stroje

BUNBARY (vynálezce stroje) Hnětič



Obr. 10. Hnětací stroj

- 1 – hnětadla,
- 2 – hnětací komora,
- 3 – uzávěr, 4 – beran,
- 5 – násypka

PŘÍRODNÍ KAUČUK je nejdéle využívaným UHLOVODÍKOVÝM POLYMEREM!

1736 — Francouz Condemine zaslal do Evropy první vzorky kaučuku. Jiný Francouz, Fresneau, provedl chemický rozbor latexu, jak byla později kaučuková šťáva nazvána. Zjistil, že latex je na vzduchu nestálý a dosti rychle se sráží.

1791 — kaučukem rozpuštěným v terpentýnové silici se impregnoval textil (první patent v oboru zpracování přírodního kaučuku).

1811 — ve Vídni byla založena první továrna na zpracování přírodního kaučuku v Evropě.

1820 — Angličan Hancock navrhl zařízení, tzv. mastikátor, na hnětení kaučuku.

1823 — Angličan Mackintosh zavedl solventní naftu jako levné rozpouštědlo kaučuku a získal patent na výrobu zdvojovaného textilu, slepovaného roztokem kaučuku.

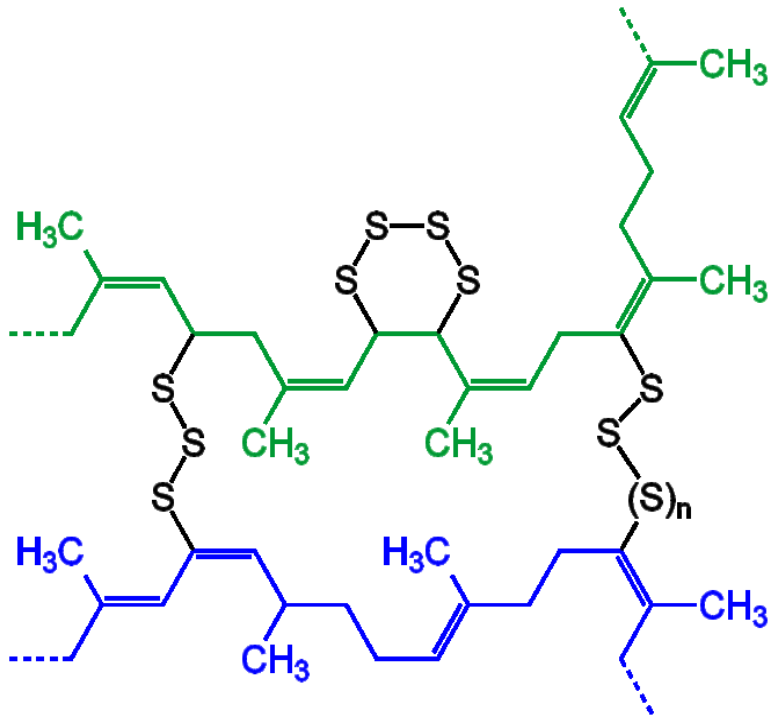
1839 — Američan Goodyear objevil vulkanizaci kaučuku sírou za tepla.

1844 — Angličan Hancock objevil nezávisle vulkanizaci kaučuku sírou (měl k dispozici Goodyearovy vzorky zvulkanizovaného kaučuku). Od něho také pochází termín vulkanizace.

Různé popisy VULKANIZACE **následující tři snímky**

VULKANIZACE PŘÍRODNÍHO KAUČUKU

Elementární sírou 1



Směsi s PŘÍRODNÍM
KAUČUKEM se
VULKANIZUJÍ při
teplotách 150 – 180 °C.
Syntetické kaučuky se
VULKANIZUJÍ při
teplotách 180 – 220 °C

**VULKANIZACE VĚTŠINOU
NEJDE PŘES ZREAGOVÁNÍ
DVOJNÉ VAZBY, TA SE
VĚTŠINOU ZACHOVÁ >
CITLIVOST NA OZÓN**

VULKANIZACE PŘÍRODNÍHO KAUČUKU

Elementární sírou 2

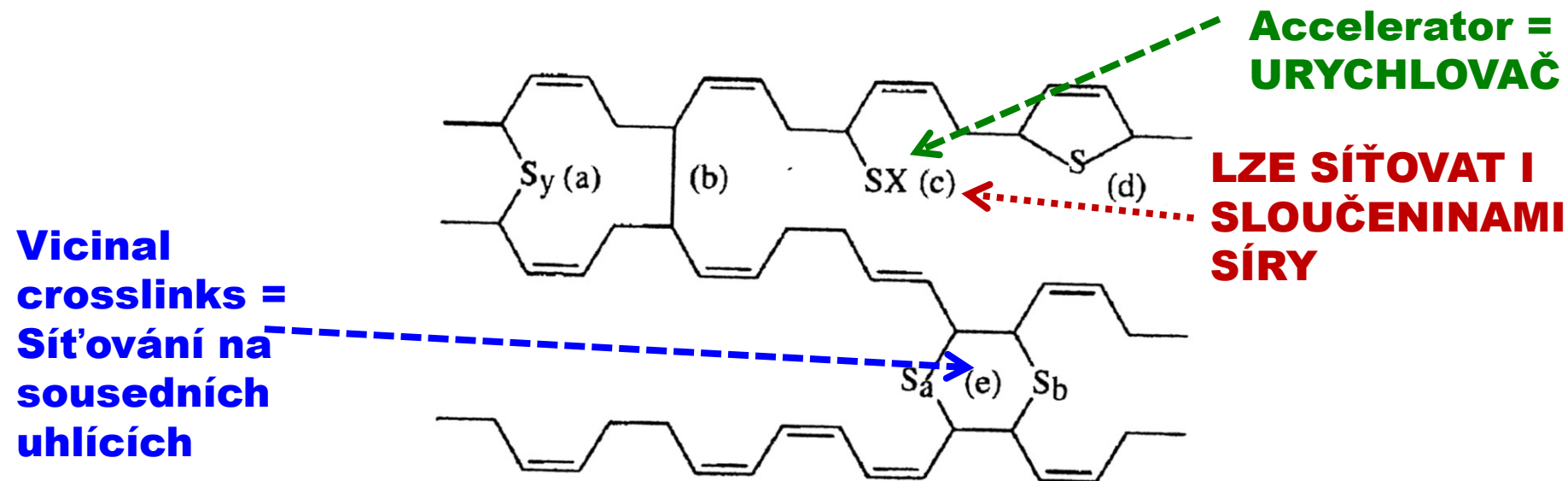


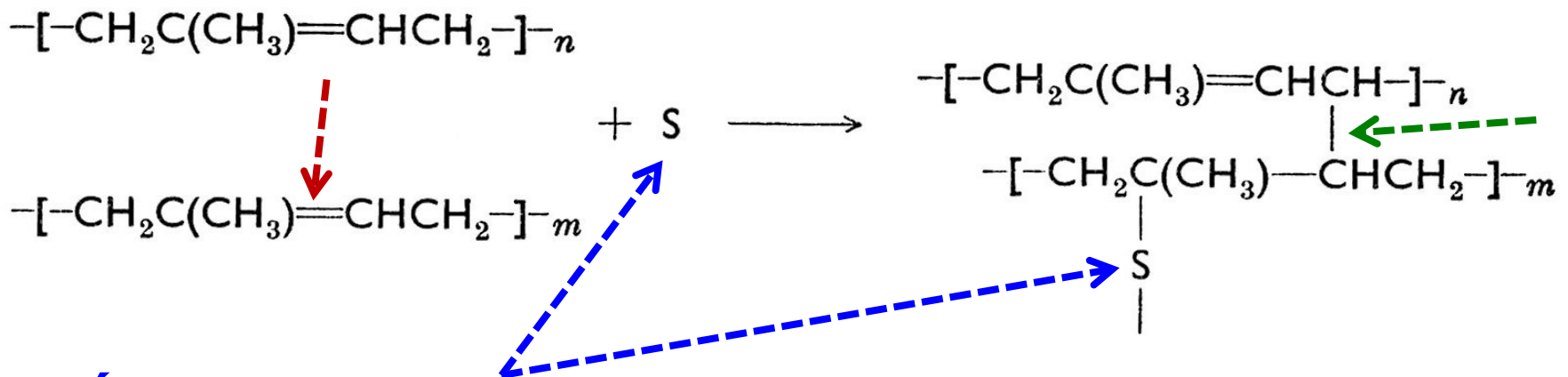
FIG. 2. — Various chemical structures encountered in accelerated sulfur vulcanization. (a) sulfur crosslinks ($y = 1$ mono, $y = 2$ di and $y > 2$ polysulfide crosslinks); (b) carbon-carbon crosslink; (c) pendant accelerator sulfide where X is the accelerator moiety; (d) cyclic sulfide; and (e) vicinal crosslinks that have junction points at common olefin chains and constitute only one elastically effective crosslink. Figure adapted from Nieuwenhuizen *et al.*³

Pouze toto sesít'ování tvoří elastické (pružné) chování

VULKANIZACE PŘÍRODNÍHO KAUČUKU

Elementární sírou 3

Tady uvažují i vazbu C-C, na kterou se „spotřebovala“ jedna dvojná vazba, což není obvyklé!



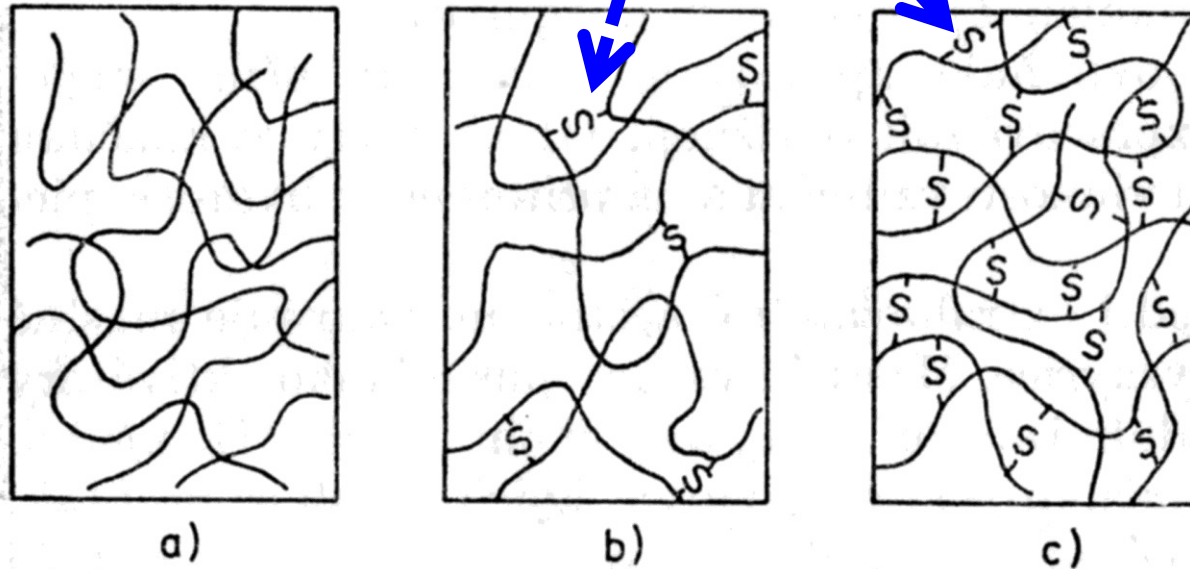
SÍRA jako atom je napsána jen pro zjednodušení

MŮŽETE SE TEDY SETKAT S RŮZNÝMI ZÁPISY VULKANIZACE, KDE ASI SPRÁVNÉ JSOU NA DVOU PŘEDEŠLÝCH SNÍMCÍCH

VULKANIZACE PŘÍRODNÍHO KAUČUKU

Elementární sírou 4

**Síra není jeden atom, ale
ŘETĚZECH ATOMŮ SÍRY**

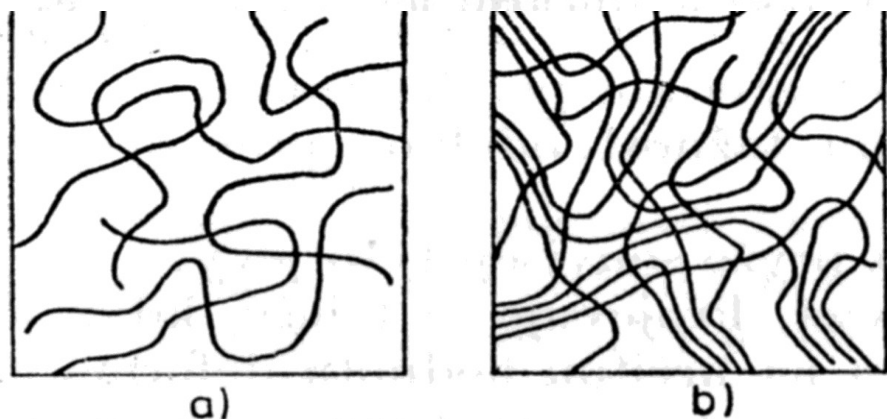


Obr. 7. Struktura kaučuku a pryže
a — nezvulkanizovaný kaučuk, b — měkká pryž, c — tvrdá pryž

KRYSTALIZACE PŘÍRODNÍHO KAUČUKU

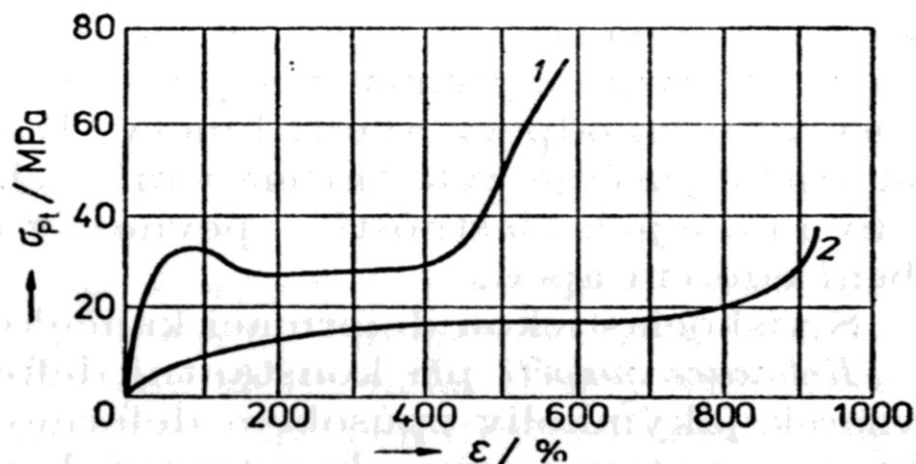
Dobré předpoklady pro krystalizaci mají látky, které se mohou prodloužit o několik set procent bez porušení soudržnosti hmoty, látky s dlouhými

pravidelnými makromolekulami, např. přírodní kaučuk. Průběh jeho krystalizace zřetelně ukazuje deformační křivka (obr. 36). Po překonání počátečního odporu se makromolekuly více méně samovolně urovňávají a v tomto úseku stačí ke značnému prodloužení zcela malé zatížení. Jakmile se však dosáhne maxima orientace, odpor materiálu prudce vzroste a k dalšímu prodloužení je již zapotřebí značného zatížení. Uvolněním tahové síly nebo přetržením vzorku se krystalická struktura zruší.



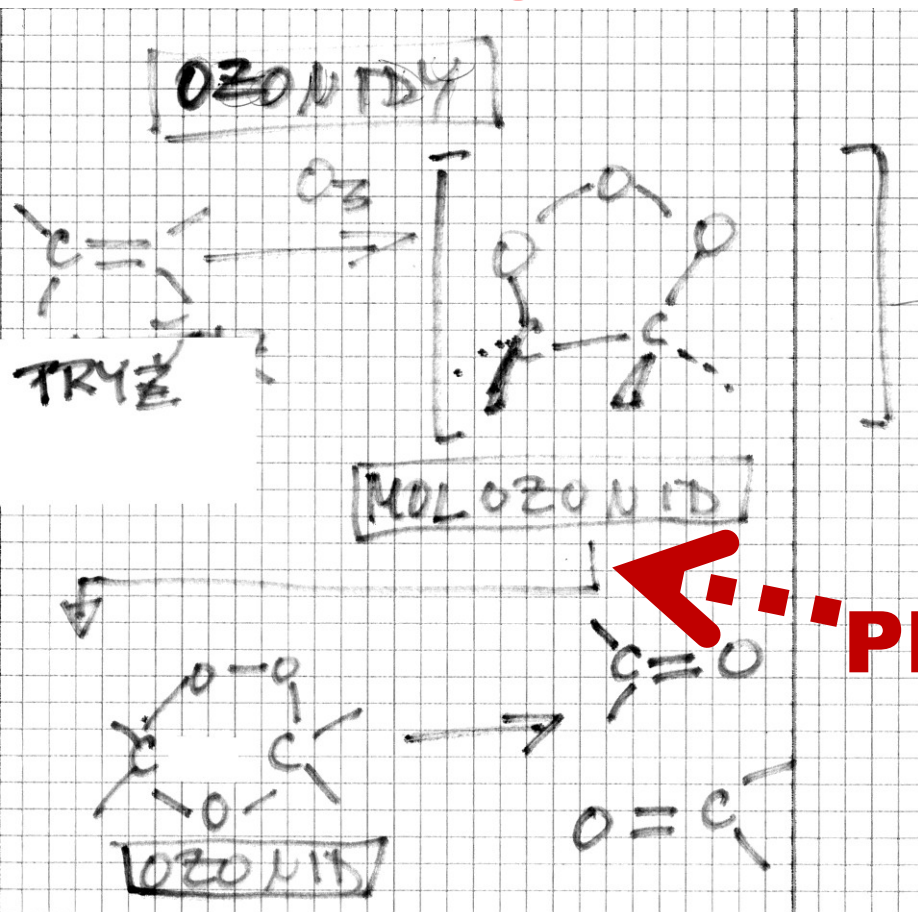
Obr. 35. Krystalizace makromolekulární látky

a — struktura neorientovaná (amorfní),
b — orientovaná částečně (krystalická)



Obr. 36. Deformační křivky
1 — polyamid, 2 — přírodní kaučuk,
 σ_{Pt} — pevnost v tahu, ϵ — poměrné prodloužení

Degradace kaučuku ozónem

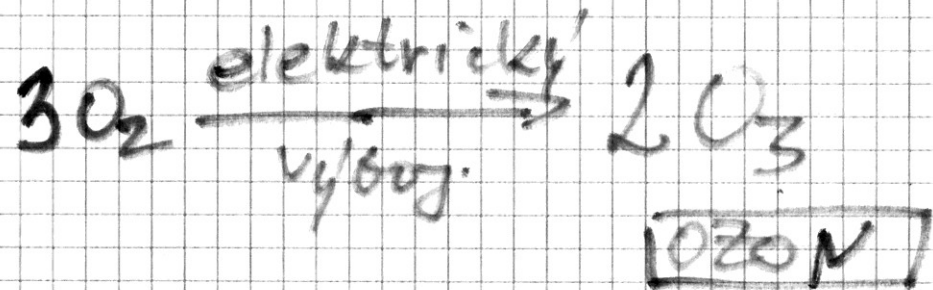


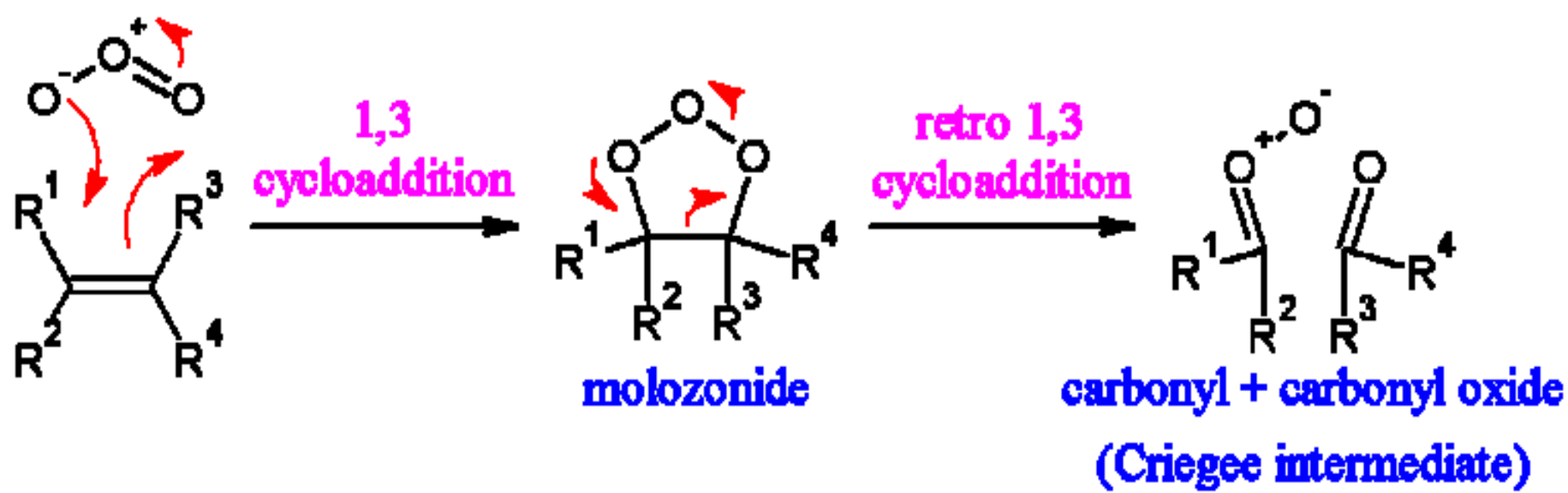
Ozón je přirozenou součástí ovzduší a vzniká např. při blesku (elektrický výboj v atmosféře)

Vzniká i uměle

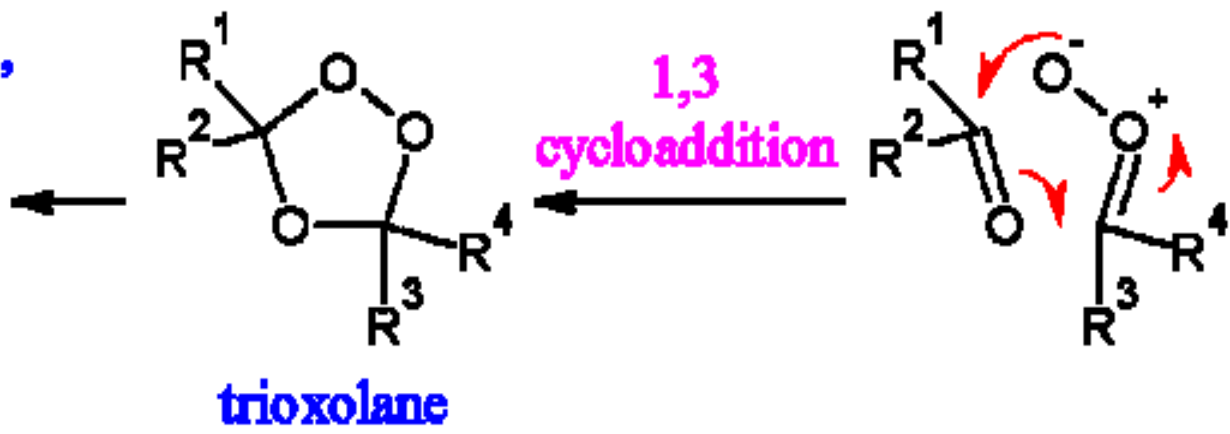
PŘESMYK

Třetí kyslík oxiduje
obvykle zinek (Zn) (či
jinou látku), který působí
jako katalyzátor rozkladu
OZONIDu





flip carbonyl



Reductive Workup:-
ketones ($R^N = \text{alkyl, aryl}$)

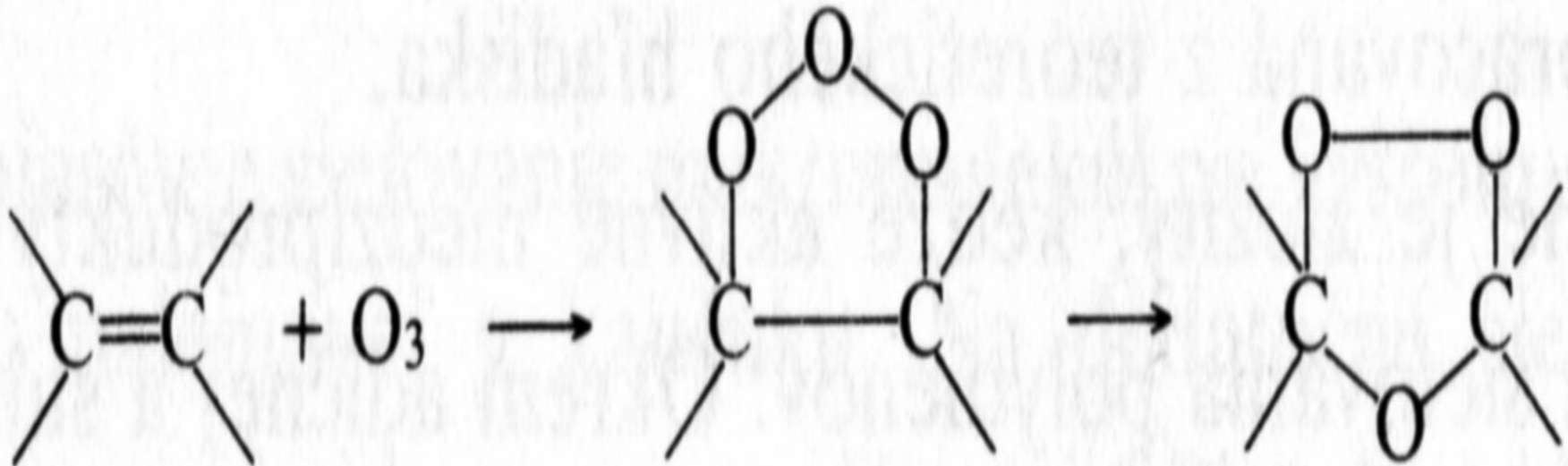
aldehydes ($R^1 \ \& \ R^3 = H,$
 $R^2 \ \& \ R^4 = \text{alkyl, aryl}$)

Oxidative Workup:-
acids ($R^1 \ \& \ R^3 = H,$
 $R^2 \ \& \ R^4 = \text{alkyl, aryl}$)

Degradace kaučuku ozónem

Ozón je přirozenou součástí ovzduší a vzniká např. při blesku (elektrický výboj v atmosféře)

ANTIOZONANT – látka chránící kaučuk a praže před reakcí s ozónem, která je NEŽÁDOUCÍ



VULKANIZACE PŘÍRODNÍHO KAUČUKU

Sloučeninami síry

**Charles GOODYEAR (1839) – vynálezce
vulkanizace přírodního kaučuku sírou**

**OBSAHY SÍRY jsou 1 – 5 % (měkká
pryž) až do 15 – 30 % (akuskříně)**

**OBSAHY SÍRY jsou 1 – 5 %
(měkká pryž) až do 15 – 30 %
(V MINULOSTI akuskříně)**

Výrobek	Obsah kaučuku (% hmot.)
Transparentní pryž, máčené zboží, pryžové nitě	Nad 80
Směsi na běhouny a kostry plášt'ů, cyklo, moto a auto duše, lehčená pryž, kabely elektro	50 – 80
Pryžová obuv, dopravníkové pásy, technická pryž (např. hadice, vlnovce, silentbloky	30 – 50
Akumulátorové skříně, podlahoviny, těsnění	< 30

OBSAHY síry 30 % hmot. a více

EBONIT

Hard rubber was used in the cases of automobile batteries for years, thus establishing black as their traditional colour even long after stronger modern plastics like polypropylene were substituted.

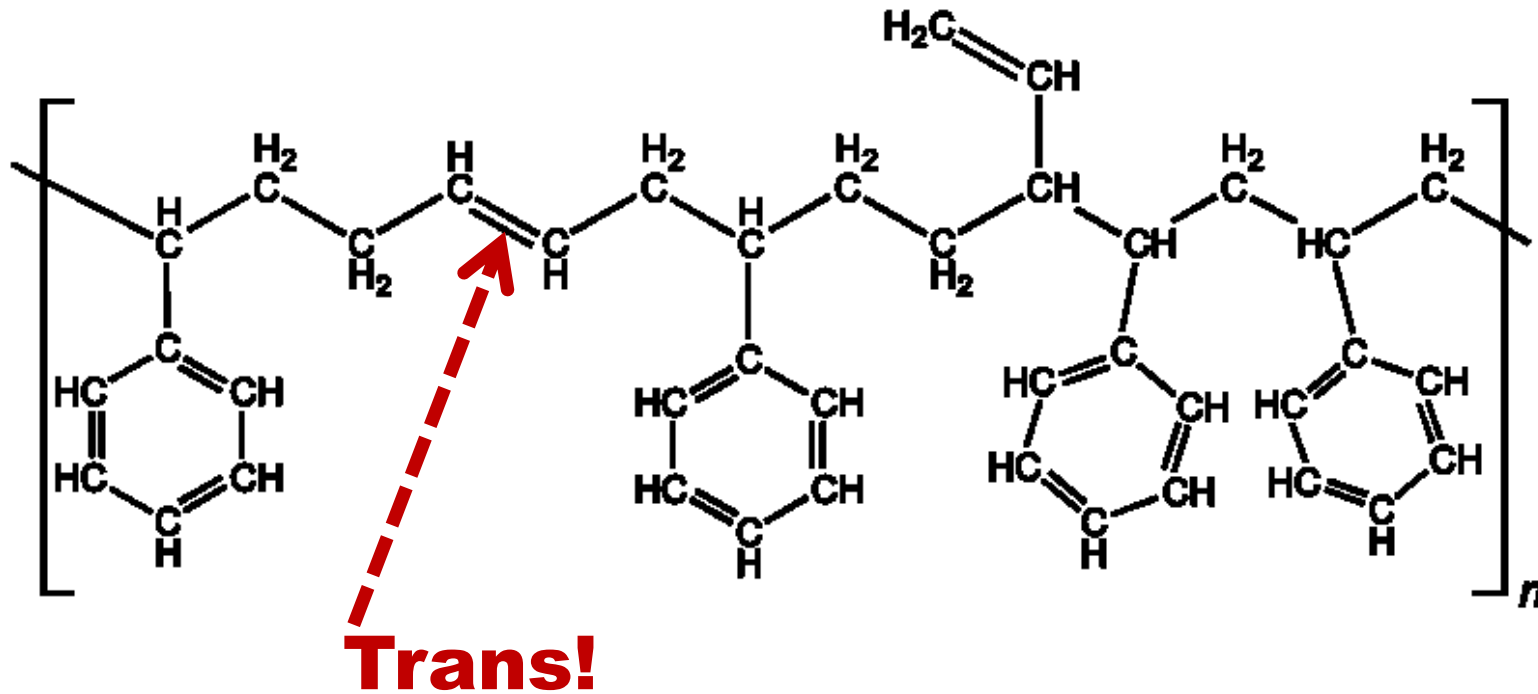
Třeme EBONITOVOU TYČ liščím ohonem

It is also commonly used in physics classrooms to demonstrate static electricity because it is at or near the negative end of the triboelectric series.

PŘÍRODNÍ versus SYNTETICKÝ KAUČUK

- Snahy o přípravu různých syntetických kaučuků trvají už více než 100 let a jsou úspěšné
- **Asi nejrozšířenější SYNTETICKÝ kaučuk je butadien-styrénový kaučuk**
- **PŘÍRODNÍ kaučuk je však stále nenahraditelný**
- **POLYMERACE izoprenu nedává jen cis-izomer > není náhradou přírodního kaučuku**
- **Směsi PŘÍRODNÍ & SYNTETICKÝ KAUČUK umožňují optimalizaci vlastností**

butadien-styrénový kaučuk



KRALEX® 1783

Styren-butadienový kaučuk – SBR

www.synthosgroup.com

VŠEOBECNÁ CHARAKTERISTIKA

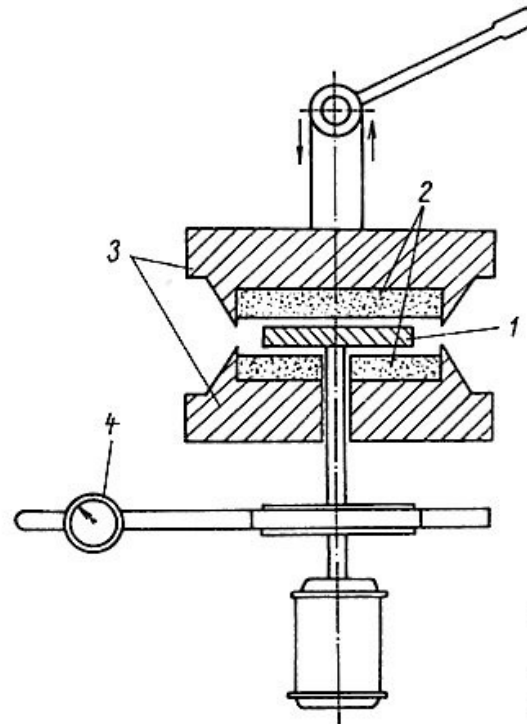
KRALEX® 1783 je standardní olejem nastavený typ styren-butadienových kaučuků vyráběný technologií studené emulzní kopolymerace na bázi směsi mýdel mastných a pryskyřičných kyselin. Typicky obsahuje 23,5% vázaného styrenu a je koagulovaný systémem kyselina a syntetický koagulant. Obsahuje 27% (37,5 dsk) nastavovacího oleje se sníženým obsahem polycyklických aromátů typu RAE a je stabilizovaný barvicím antioxidantem.

ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI KAUČUKU

Parametry	Jednotka	Hodnota	Zkušební metoda
Viskozita Mooney ML 1+4 (100°C) – kalandrovaný vzorek		°ML 44 - 54	ASTM D1646
Obsah těkavých látek % hm.		max. 0,75	ASTM D5668
Obsah popela % hm.		max. 0,4	ASTM D5667
Obsah organických kyselin % hm.		3,6 - 5,4	ASTM D5774
Obsah mýdel % hm.		max. 0,3	ASTM D5774
Obsah oleje % hm.		25 - 29	ASTM D5774
Obsah vázaného styrenu % hm.		22,5 - 24,5	ASTM D5775

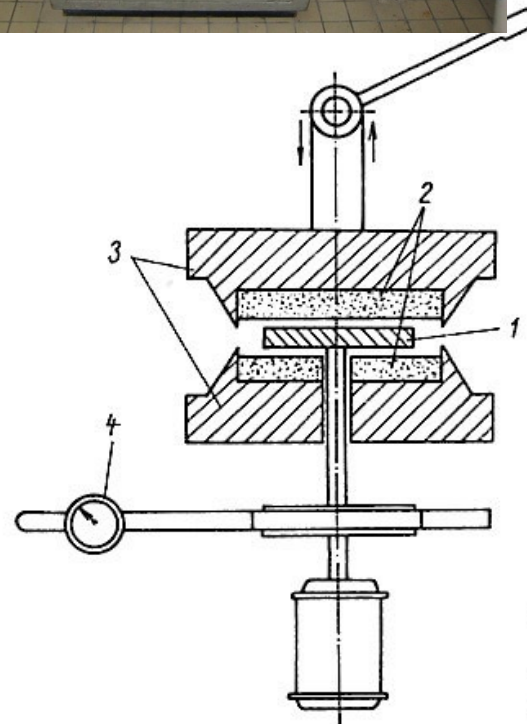
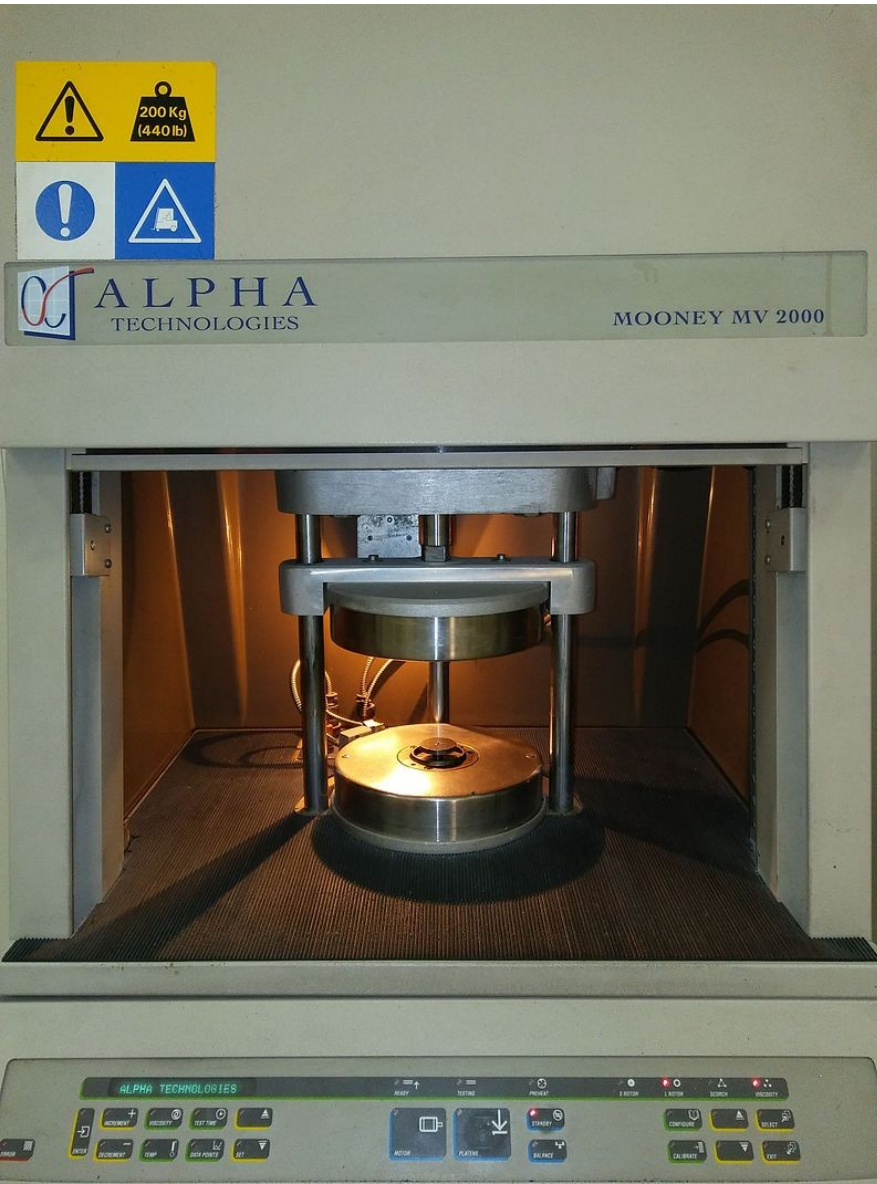
Stanovení plasticity. Plasticita je mírou tvárnosti směsi. Podle ní se posuzuje zpracovatelnost směsi. Plasticita je definována jako schopnost hmoty udržet tvar, do něhož byla zformována vnějšími silami, i po odlehčení. Ke stanovení plasticity se používá především metoda Mooney a někdy také metoda Defo. U metody Mooney se ve válcové dutině přístroje, naplněné zkoušenou směsí, otáčí rotor a měří se práce potřebná k otáčení rotoru při konstantním tlaku a dané teplotě. Schéma plastometru je uvedeno na obr. 6.

Viskozita Mooney – výklad a měření

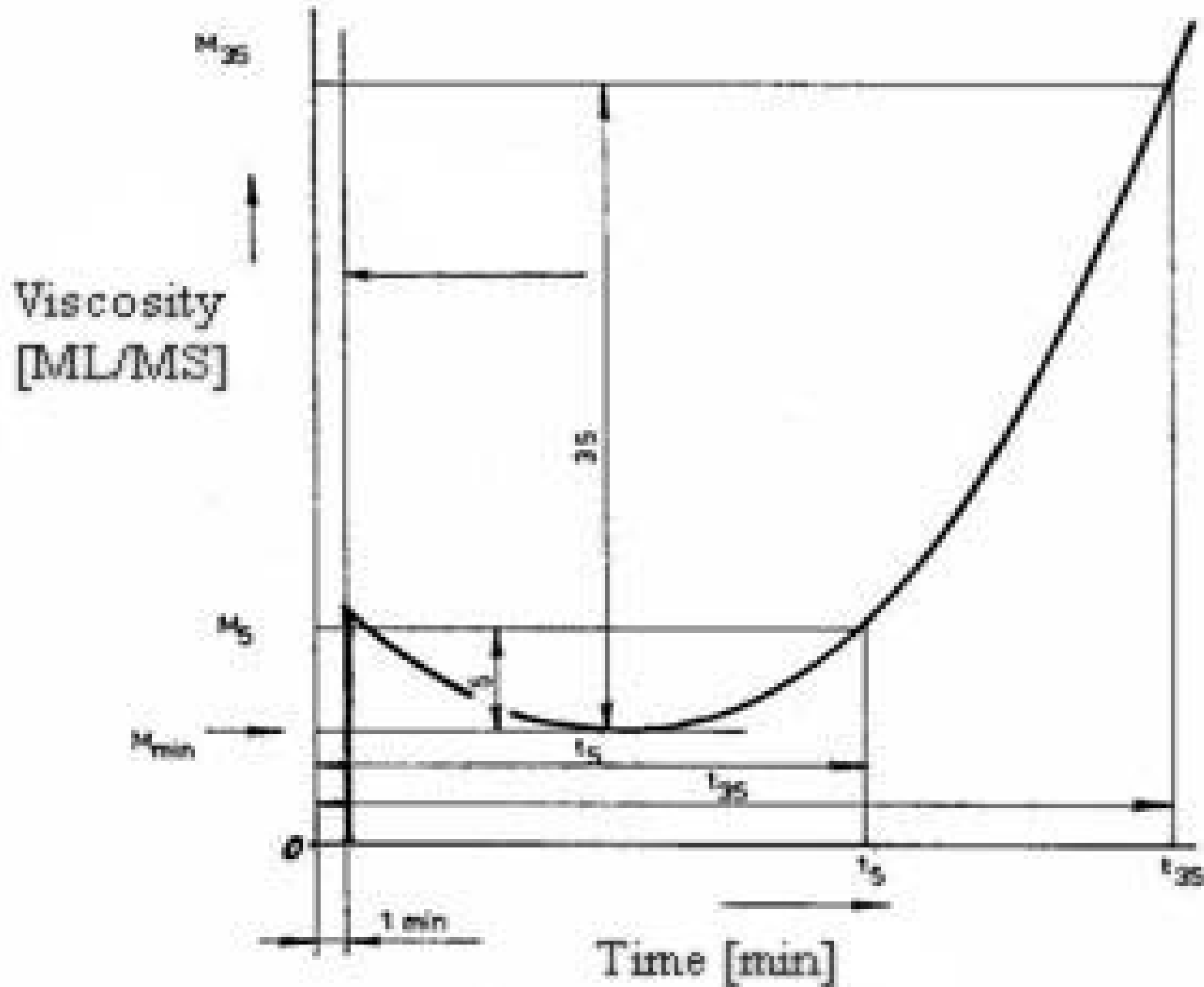


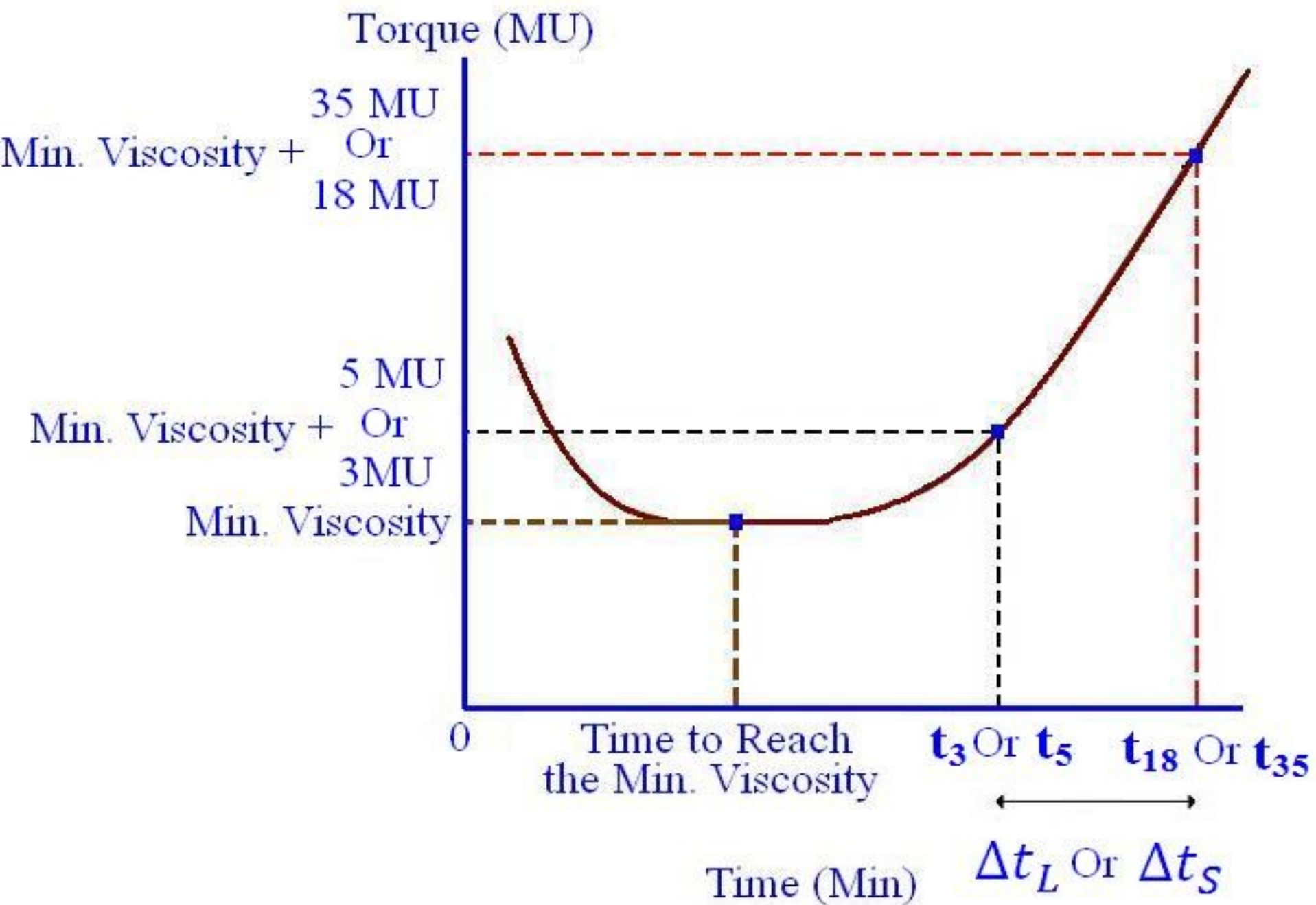
Obr. 6. Schéma plastometru Mooney
1 – rotor, 2 – zkoušený materiál,
3 – forma, 4 – registrační zařízení

Viscosity Mooney – Explanation and Measurement



1. Rotor
2. Tested Material
3. Mould
4. Registration Device





The rubber compound, including the vulcanizing system, is shaped on the mill as 6–8 mm thick sheets. Round-shaped samples with 45 mm diameter are cut from the sheets. The samples are pierced in the middle in order to allow the rotor shaft to pass. Before the beginning of the measurement, the instrument is heated up to 118 degree C. After the sample is introduced, it takes a minute for the sample to reach the thermal equilibrium, and then the rotor is started.

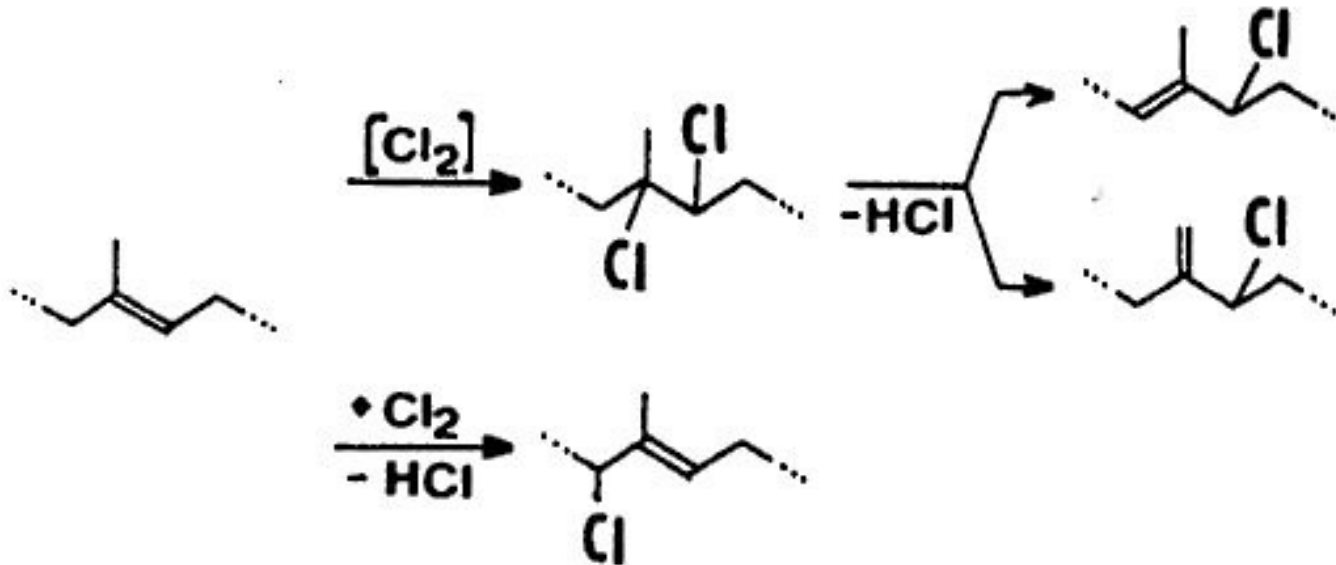
The value of Mooney viscosity decreases at the beginning, due to the decrease of the compound viscosity as temperature rises. After about 4 min, a minimum value is reached, which stays constant for a while. This value is indicated as MV. After a certain period of time, vulcanization starts and the Mooney viscosity increases.

The following values are indicated on the obtained curve:

minimum viscosity MV; scorch time (t_5) - the time interval (measured from rotor start) corresponding to a viscosity increase of 5 Mooney units over MV, measured at rotor start. The t_5 value indicates the prevulcanization tendency of the compound. The larger t_5 is, the lower the prevulcanization tendency, and, therefore, the rubber compound can be more reliably processed on mill, calender or extruder. [\[3\]](#) vulcanization time (t_{35}) - the time interval (measured from rotor start) corresponding to a viscosity increase of 35 units over the MV value. vulcanization index - $Dt_{30} = t_{35} - t_5$ - provides indications about the vulcanizing ability of a rubber compound. A compound with a low vulcanization index, cures more rapidly than a compound with a higher vulcanization index. optimum vulcanization time at the experimental temperature employed (top).

Modifikace přírodního kaučuku 1

nejběžnější je **CHLORACE** elementárním chlórem



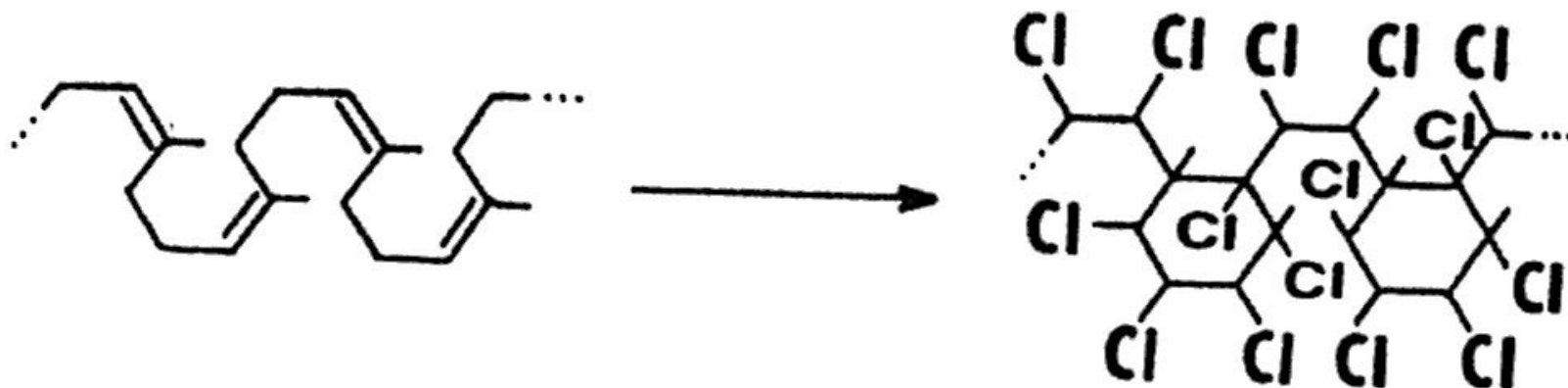
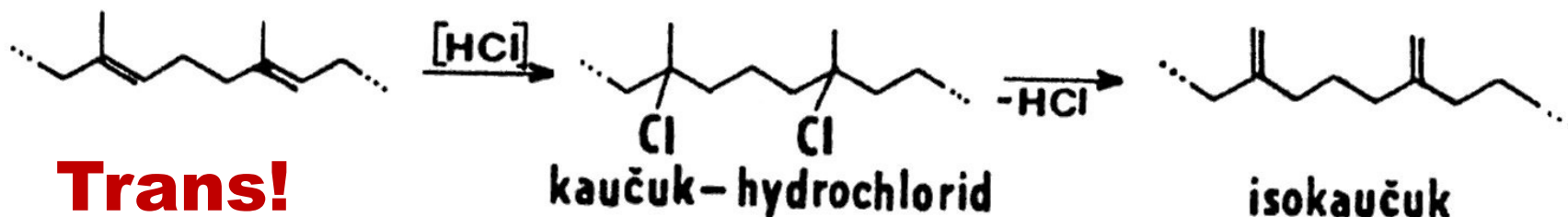
Zde je toto demonstrováno na:

Trans > GUTAPERČA

**Jsou zachovány dvojné vazby >
zachována možnost vulkanizace**

Modifikace přírodního kaučuku 2

méně obvyklé postupy

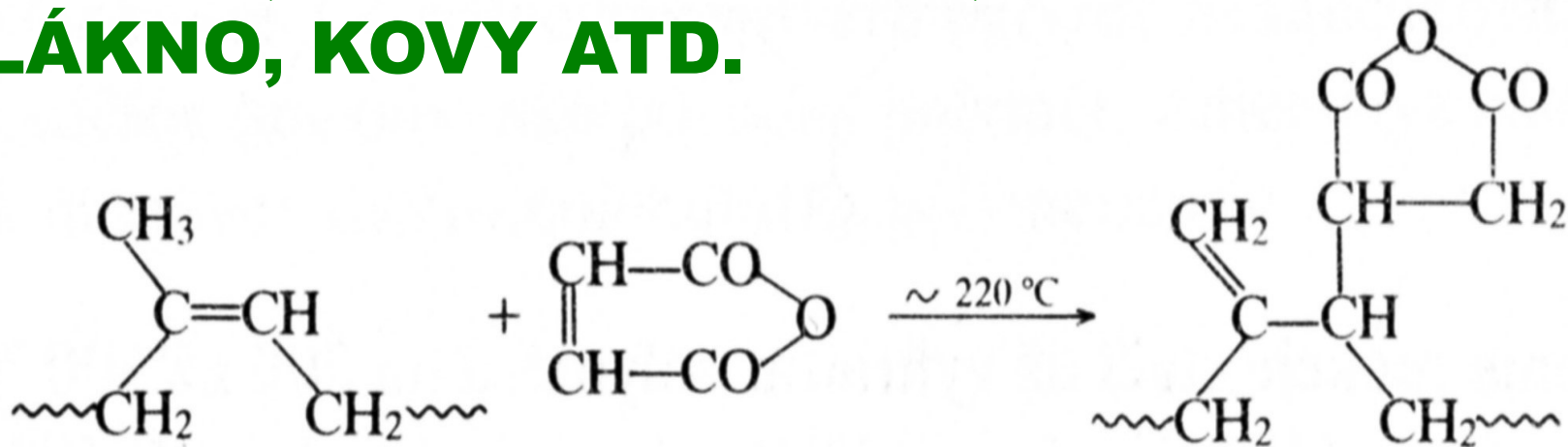


Kysele katalyzovaná adice H^+ na dvojně vazby, izomerizace a cyklizace > CYKLOKAUČUK

Modifikace přírodního kaučuku

maleinace kaučuku

- Radikálová iniciace
- Reagentem je **AHHYDRID KYSELINY MALEINOVÉ**
- Výsledkem je **ROUBOVANÝ KOPOLYMER**
- **ÚČELEM JE ZVÝŠENÍ ADHEZE K POLÁRNÍM LÁTKÁM, NAPŘ. VÁPEVEC, SKLENĚNÉ VLÁKNO, KOVY ATD.**



Modifikace přírodního kaučuku (**NE PRYŽE**) a její využití

Typ	Vlastnosti	Použití
Chlorkaučuk (obsahy chlóru až 60 % hmot.)	Filmotvorný, lepší chemická stabilita, snížená hořlavost, ROZPUSTNOST V ORANICKÝCH ROZPOUŠTĚDLECH	Nátěrové hmoty (chemické provozy, např. škrobárny a cukrovary), lepidla
Kaučuk hydrochlorid (modifikace pomocí plynného HCl) (obsahy chlóru až 35 % hmot.)	Filmotvorný, lepší chemická stabilita než přírodní kaučuk, ale horší než chlorkaučuk. snížená hořlavost, ROZPUSTNOST V ORANICKÝCH ROZPOUŠTĚDLECH	Fólie, šlichty pro textilní vlákna

Chlorkaučuk je asi NEJDŮLEŽITĚJŠÍ MODIFIKOVANÝ PŘÍRODNÍ KAUČUK

Modifikace přírodního kaučuku (**NE PRYŽE**) a její využití

Typ	Vlastnosti	Použití
CYKLO KAUČUK	Filmotvorný, ROZPUSTNOST V ORANICKÝCH ROZPOUŠTĚDLECH	Fólie, šlichty pro textilní vlákna, papír, laky, lepidla, tiskové barvy

Modifikace přírodního kaučuku (NE PRYŽE) **CO JSEM DĚLAL JÁ**

Nátěrové hmoty škrobárna v Brně

Pracoval jsem v údržbě ve škrobárně, která se připravovala na kampaň (zahájení zpracování brambor). Natíral jsem velké nádoby zevnitř.

ZKUŠENOST:

Problémem jsou, z hlediska ochrany zdraví, rozpouštědla > větrání (to jsem neměl), ochranná maska nebo častější přestávky na čerstvém vzduchu

Pryž a konzervátor - restaurátor

- **Zásah už potřebují i předměty z pryží!**
- **Obrátil se na mě váš starší kolega zaměstnaný v Technickém muzeu v Brně**
- **PROBLÉM:**
 - Plynové masky z 1. světové války
 - *Plynové masky z 1. REPUBLIKY*

POLYTERPENY a konzervátor - restaurátor

- **GUTAPERČA** > izolace vodičů elektriny > **PRVNÍ PODMOŘSKÝ TELEFONNÍ KABEL EVROPA - AMERIKA**
- **BALATA** > zase jiná rostlina, a similar and cheaper natural material called balatá is often used in gutta-percha's place. The two materials are almost identical, and *balatá* is often called *gutta-balatá*.