

現代工業小叢書

橡膠

方漢城原著
王正平修訂



商務印書館



書 364704

定價人民幣 3,500 元

現代工業小叢書

膠 橡
(原名橡皮)

商務印書館出版

(364704)

現代工業
叢書
橡

(原名橡皮)

膠

原 著 者	修 訂 者	出 版 者	發 行 者	發 行 所	印 刷 者
方	王	商	中	三聯	商
漢	正	務	國	務	務
城	書	印	圖	印	印
		書	書	書	書
		館	發	館	館
		平	行	各	各
		城	公	地	地
			司	分	分
				店	店
				局	局
				廠	廠

★版權所有★

三聯中華商務開明聯營聯合組織
上海河南中路二一號
北京城隍廟胡同六十六號

1934年5月第1版
1951年7月第4版(修訂) 定價人民幣3,500元

(滬)3501-8500

目次

第一章 總論	一
第一節 橡膠之略史	一
第二節 橡膠之性質	三
第二章 原料	四
第一節 原料之種類	四
第二節 橡膠樹之種植	七
第三節 橡漿之採集	一〇
第四節 橡漿之性狀成分與凝聚法	一四
第三章 初步處理	一九
第一節 洗滌	一九
第二節 乾燥	二一
第三節 捏練	二一

第四節 混合	二二
第五節 研光	二四
第四章 硫化	二七
第一節 總論	二七
第二節 原理	二八
第三節 作業	二九
第五章 配合物	三三
第一節 硫化劑及促進劑	三三
第二節 著色劑	三五
第三節 充填劑	三七
第六章 收復橡膠	四一
第一節 機械的方法	四一
第二節 化學的方法	四一
第七章 橡膠代用品及人造橡膠	四三

第一節	黑色硫化油糕	四三
第二節	白色硫化油糕	四四
第三節	合成橡膠	四六

第八章	溶劑	四八
-----	----	----

第九章	各種製品分論	五一
-----	--------	----

第一節	橡膠管類	五一
第二節	模型製品	五二
第三節	工業用之橡膠板	五三
第四節	橡膠帶	五三
第五節	橡膠輾軸	五四
第六節	橡膠包裹電線	五五
第七節	空心車胎	五五
第八節	外科醫生活用品	五六
第九節	文具	五七
第十節	防水布	五八

第十一節	橡膠線	五九
第十二節	橡膠鞋	五九
第十三節	橡膠海綿	六〇
第十四節	硬橡膠	六〇
第十五節	橡膠糊	六一
第十六節	浸漬品	六一
第十章	製品保存法	六三

橡膠

第一章 總論

第一節 橡膠之略史

多種熱帶植物所分泌之乳狀液汁，稱爲橡漿 (Latex)，可採取以製造橡膠物品。關於茲事之記載，當以西班牙人安托泥奧 (Antonio de Herrera) 氏爲始。彼謂當第十六世紀末葉，南美洲土人已以橡膠爲球，作遊戲之具；又謂墨西哥之究馬那 (Gumana) 地方，生一種植物，可供採取橡漿。

一七三五年，法國旅行家空達民 (La Condamine) 氏曾寄送橡膠標本於巴黎大學及歐洲各處，且說明阿馬沖人 (Amazons) 所稱卡休求 (cahutou) 物質之性狀，自是歐洲學者頗注意及之。

一七六三年，法人麥加氏以軟化之橡膠，製造醫療用具及軟管。

一七七〇年，英國化學家普立斯特勒 (Pristley) 氏發見橡膠有擦去鉛筆字跡之用。

一八二三年，馬琴托士 (Charles Makintosh) 氏發明橡膠防水布之製法。然所製之物，皆不甚適用。

一八三九年，美國人谷第耳 (Nelson Goodyear) 氏發明硫化法 (vulcanization)；先以硫處理橡膠，然後加高溫，其成品不受溫度變化之影響。自是橡膠遂於工業上佔有鞏固之位置。其後谷第耳氏更有硬橡膠 (ebonite) 之發明，而帕克斯 (Alexander Parkes) 氏創用氯化硫之冷式硫化法。橡膠事業乃益發達矣。

橡膠已為現代文明生活所不可缺少之物，用途極廣，需要極多，其工業成為世界重要工業之一。現今全世界橡膠之需要年有增加：一九〇九年時，其消費量尚不過六萬九千餘噸，一九一九年增為三十三萬九千噸，一九二九年為五十五萬一千噸，一九三五年後超過八十萬噸。其中半數以上，為美國一國所消費。此蓋由於汽車運輸事業之突飛猛進，電工業及各種工業之蓬勃發展所致。今日用於製造汽車輪胎之橡膠，竟達世界橡膠全生產額之七成以上云。

第二節 橡膠之性質

物理性質

純橡膠爲白色之膠狀物質。在攝氏一七度時，比重約爲0.92。

化學性質

純橡膠之化學式爲 $(C_8H_8)_n$ 。韋柏(Weber)氏分析巴拉橡膠(Para rubber)

結果如次：橡膠質三二%，蛋白質物及礦物質一二%，水五〇%。不良者含有樹脂質一·五%；非洲產之不良品，其樹脂質達六〇%。

溫度影響

橡膠性質易受溫度之影響，而高溫度尤能變化其性質。純橡膠冷至攝氏零

度下，卽成堅硬性而失去彈性。若加熱至攝氏三五度或四〇度，則漸恢復原狀。普通橡膠在攝氏一五度以內，不見何種變化，若加高熱，則變化顯著。最良之橡膠，熱至攝氏一〇〇度至一二〇度後，再冷之仍復舊態；若昇至一五〇度則發生粘性；至二〇〇度則全然融解，而不能復其原形；更加高溫度，則分解而遺留碳質殘渣矣。

溶解性

將純橡膠浸於水或酒精中，則成軟塊。浸於揮發油、哥羅仿、二硫化碳中，

則易於溶解。

第二章 原料

第一節 原料之種類

橡膠植物 生長橡膠植物之地帶，僅限於北緯三十度至南緯三十度間氣候溫暖之區域。

橡膠植物所產橡漿之分量及其性質，依樹木種類、年齡、地質、氣候及採製法等而不同。有多種橡膠樹之橡漿，縱可採取以製橡膠，但其量極微，得不償失。故橡膠植物，非盡皆適於採集橡漿之用。栽培上最普通者有下列四屬。

(一) 橡膠樹屬 橡膠樹屬 (*Hevea*) 隸大戟科，為最重要之橡膠植物。所謂巴拉橡膠，即係得自本屬之 *Hevea brasiliensis* 樹者，故此樹稱為巴拉橡膠樹。其樹高可六十英尺，



第一圖 巴拉橡膠樹

圍可六英尺至八英尺，葉爲三裂片，花瓣色淡綠，果實有種子三枚，有黑斑，熟時自裂。原產地爲南美洲。阿馬孫 (Amazon) 河及其支流沿岸之山谷間，有廣大森林。祕魯 (Peru)、玻利非亞 (Bolivia)、委內瑞辣 (Venezuela) 及圭亞那 (Guiana) 亦有之。巴西 (Brazil) 所有此樹森林，面積逾一百萬平方英里。近年錫蘭 (Ceylon) 及馬來亞 (Malay) 栽培之橡膠樹，殆盡屬此種。

(1) 參茨屬 所謂栖阿拉橡膠 (Ceara rubber)，係由大戟科參茨屬 (Manihot) 所產出，大多得自 Manihot glaziovii 樹者。此樹原產地爲南美洲。巴西 產之最盛。近來有移植別處者。所得橡膠，品質不及巴拉橡膠 之優，價亦較廉。



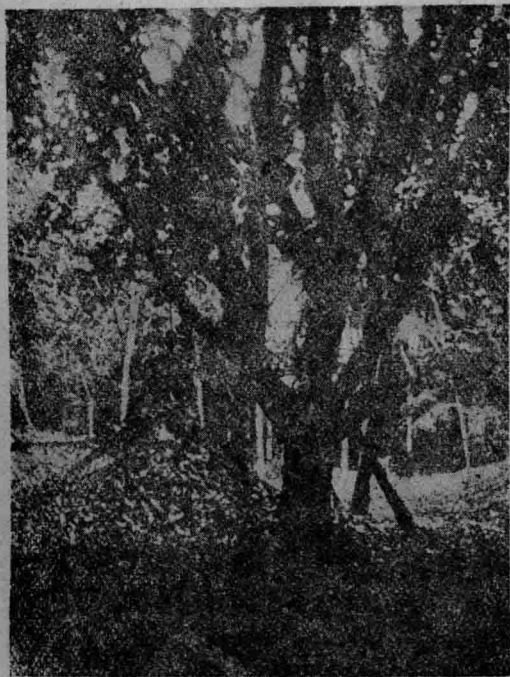
第二圖 栖阿拉橡膠樹

(三) 卡斯替羅阿屬 中美洲所產攸爾橡膠 (ule rubber) 及祕魯所產考科橡膠 (caucho rubber)，均得自蓴麻科卡斯替羅阿屬 (Castilloa) 之 *Castilloa elastica* 樹。此樹高大，直徑有至三英尺餘者。由其橡漿製出之生橡膠，多成條片，色暗，品質不及巴拉橡膠，價亦較廉。

(四) 無花果屬 所謂藍

逢橡膠 (Rambong rubber) 亦稱阿撒母橡膠 (Assam rubber)，係得自蓴麻科無花果屬 (*Ficus*) 之 *Ficus elastica* 樹者。其所產地為亞洲。印度、蘇門塔臘

(Sumatra) 及爪哇 (Java) 所產之橡膠，大半由此供給。此樹在歐洲有培養作觀賞植物



第三圖 藍逢橡膠樹

者。

第二節 橡膠樹之種植

野生橡膠及種植橡膠 野生橡膠 (wild rubber) 卽由野生之橡膠樹採集其橡漿凝固而得者，往時爲橡膠品之主要原料，自巴拉橡膠樹移植於亞洲後，人工種植日增，野生橡膠遂失其重要性。今日野生橡膠之見於市場者，不過約得橡膠全量十分之二而已。巴拉橡膠原產地之阿馬孫河流域，交通不便，採取困難，故必擇適當之地而種植之，然後方無不足之憂。近數十年，馬來半島及印度等處種植橡膠樹頗多。所謂種植橡膠 (plantation rubber) 者，殆全由此處供給，而馬來半島幾佔全量三分之二焉。

今請略述種植橡膠樹之法。現在所種植之橡膠樹，幾全爲巴拉橡膠樹。故專論之。

適於種植橡膠樹之土地 種植橡膠之適當地方，南美洲有巴西及圭亞那；非洲有里比亞 (Libya) 及黃金海岸 (Gold Coast)；而成績最佳者，則爲亞洲之馬來半島。沿此半島之全部，溫度高而時時降雨，故樹之生育佳良，而橡漿之產量亦多。其種植最適宜之土地，則爲地面稍傾斜，而地下水量較少之處。易言之，卽土壤之內宜有水流通，而不可太

濕。但若過於傾斜，則土中肥料易於流去，是不可不設法補救也。

苗圃 栽培之第一步，為設置苗圃。宜擇平坦且便於灌溉之地。先將野樹雜草砍去，掘其根盡燒之。耕一英尺餘深。除去殘根小石，敲碎土塊，鋪平全面積。每六平方英尺，可點播種子五百餘粒，深約一英寸。各苗床間宜設排水溝。發芽十個月後，約高五英尺。發芽期中，務須避去日光之直射，以羊齒類、椰子葉等蓋之，以免苗木凋萎。每日灌溉兩次，俟其成長，可漸次除去蓋覆之物。

移植 苗木長至四英尺或五英尺時，即可移植。苗床常易受蟲害及鼠害，不可不注意。

植樹疏密 種植株數，往年每一英畝約二百株。但此嫌過密，有礙樹木之發育，減少橡漿生產之量。據馬來聯邦農務局長加賴爾氏之說，由苗木至成年木須六年。此六年間種植之苗數，約損失十分之二，再加病害所去及割傷等，每英畝預定可收穫之樹為一百株。須留十五英尺至二十英尺之間隔。大約每一英畝種一百四十五株云。

截頂 四英尺之苗木，於移植後，經過數月，達七英尺或八英尺，即須截除樹頂，使生枝葉。再經一年，樹幹漸大，離地面三英尺處，可伸張八英寸或九英寸。再經四年，周

圍有二十英寸時，枝幹俱發達，即入採漿之時期矣。

除草 橡膠樹苗木栽培後，須時時除草。馬來亞各地生長一種茅草，極爲橡膠樹之害，如樹木尙未充分成長，爲害尤大。最好隨時刈除雜草，而另於樹間種植蠶豆，或易於蔓延之豆莢蔬菜。如此不僅可防雜草之發生，且可保持樹根周圍之濕氣，又可供給氣質於土壤。橡膠樹爲淺根植物，除草時宜勿傷其根。

剪枝 橡膠樹苗木種植二年後，須行剪枝，以整理樹形。在距地面約十英尺高之處，勿使枝條橫生；一可使種植區域空氣流通，一可使採漿便利，割採之面積亦大也。但枝條之刈口間，宜用煤渣 (coal tar) 塗之，以免細菌侵入。

間作 苗木種植之後，約五年始可採漿。此五年中，須有資本應付一切費用。若無何項收入，對於企業家殊爲不便。故須講究間作之法。橡膠樹園中之間作物，須爲無害於橡膠樹之生長，不易罹傳染病，成熟迅速，拔除簡易，而收利極速之植物，尤以較橡膠樹矮小者爲宜。如茶、咖啡、可可、花生、芭蕉、鳳梨等，皆屬適宜也。但既行間作，則橡膠樹之間隔宜稍寬，每英畝祇種一百三十株之譜可矣。

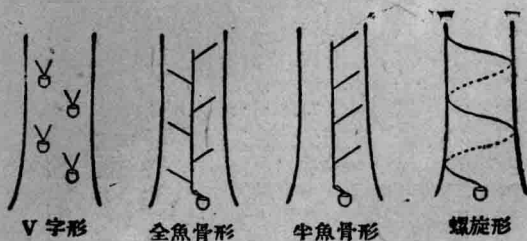
害蟲 種植橡膠樹，最須注意者爲害蟲。白蟻爲害最烈。須時時巡視，發見時，宜速

以亞砒酸末及硫末之混合液，用唧筒注入蟻穴毒殺之。此外有一種纖維狀細菌，侵害橡膠樹根，如發現早，尚不難處置；法為掘起罹病之樹根而燒棄之，投多量石灰於穴中，且於穴之周圍掘成小溝，以防細菌之蔓延也。

第三節 橡漿之採集

割皮 橡漿之產量及其品質，依採集及凝結之方法而異。

採集之第一步，為割皮 (tapping)，即切開樹幹之漿管 (laticiferous vessel)，使流出橡漿也。橡膠樹幹之最外層為外皮，次為漿管，復次為形成層，復次為木質部，最內為髓。割皮時如傷及形成層，不特傷口不能癒合，且生成瘤狀，不能再割，故須特別注意。割皮刀之形式甚多，各選適宜者用之。割皮方式，有全魚骨形 (full-herring-bone system)、半魚骨形 (half-herring-bone system)、V字形 (V-shaped system)、螺旋形 (spiral)，及其他多種。全魚骨形者，於樹幹距地五英尺



第四圖 橡膠樹之割皮

高之處，自上至下刻一垂直線，再於其兩側，以四十五度之銳角，割為魚骨形。半魚骨形，祇刻其一側可矣。螺旋形係沿樹幹之周圍，刻成螺旋樣之刻痕，此法行於錫蘭，似易於傷樹。V字形係刻為V字之形式，費力較多。現今最通用者，為魚骨形。



第五圖 橡膠樹之全魚骨形法割皮



第六圖 橡膠樹之半魚骨形法割皮



第七圖 橡膠樹之V字形法割皮

割皮宜於早晨，因日中時陽光太大，橡漿中之水分易於蒸發，往往凝結不流故也。直痕之下，插入鍍鉛鐵片一小片，是名爲匙。匙下置一杯，以承乳液。割皮有每日行之，終年不息者。有於樹之落葉期中，約停止一個月者。

割痕務宜極細，每一次所割之寬，不可超過一英寸之二十分之一，若寬至一英寸之十五分之一，則出產量減少六〇%，且傷口須多日始可癒合，致一時不得不停止割皮採液。橡漿之產量，依樹之年齡而不同。自第三十年至第四十年間，爲最盛時期。以後逐年減少。茲列表如下，以供參考。

樹齡	一英畝之株數	一英畝之橡漿產量(磅)	一株之橡漿產量(磅)
五	一三〇	一〇〇	〇·七七
一〇	一〇五	四五〇	四·二九
一五	八〇	七〇〇	八·七五
二〇	五五	九五〇	一七·二七
二五	五〇	一、二〇〇	二四·〇〇
三〇	四七	一、二五〇	二六·六〇

三五	四五	一、二三〇	二七·三三
四〇	四二	一、〇九〇	二五·九五
四五	四〇	八四〇	一一·〇〇
五〇	三七	五九二	一六·〇〇
五五	三五	三八五	一一·〇〇
六〇	二一	一二六	六〇〇

第四節 橡漿之性狀成分與凝聚法

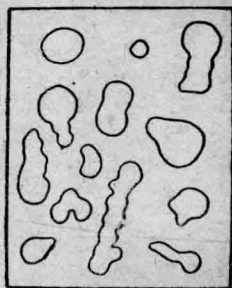
橡漿爲乳狀之白色漿液，稍帶黃色，亦有略呈淡褐色或淡紅色者。比重爲〇·九七至〇·九八。取橡漿一滴置於玻璃片上，用大倍率之顯微鏡觀察之，可見有無數球形、卵形、梨形、橢圓形、扁形、不規則形等，種種形狀不一之粒子，謂之橡膠粒子。此種粒子極爲微小，直徑約爲〇·五至三 μ 。其內部構造如何，雖無從觀察，但據種種研究結果，而知粒子之內部爲黏稠之蜂蜜狀橡膠，乃粒子之主要部分；外部爲稍硬而有彈力之橡膠，包被於內部軟質物上。粒子之最外部附有樹脂質及蛋白質等，以防各粒子之互相接合。通

電流於橡漿時，則此等橡膠粒子即向陽極移動，集結於陽極周圍而凝固，由此而知橡膠粒子帶有陰電。

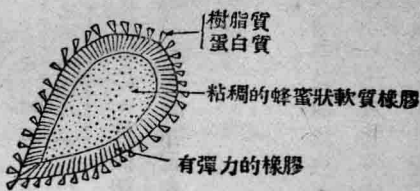
橡漿之主要成分為水與橡膠，此外則為樹脂質、蛋白質、醃類、酵素、無機物（礦物質）等。茲示分析巴拉橡漿結果之一例於下。



第八圖 橡漿中之橡膠粒子



第九圖 橡膠粒子之形狀



第十圖 橡膠粒子之構造

成分	馬來亞產之四齡樹	馬來亞產之十齡樹	錫蘭產
橡膠分	二七·〇七%	三五·六二%	四一·二九%
樹脂質	一·二二%	一·六五%	—
蛋白質	一·四七%	二·〇三%	二·一八%
無機物	〇·二四%	〇·七〇%	〇·四一%
醣類	—	—	〇·三六%
水	七〇·〇〇%	六〇·〇〇%	五五·一五%

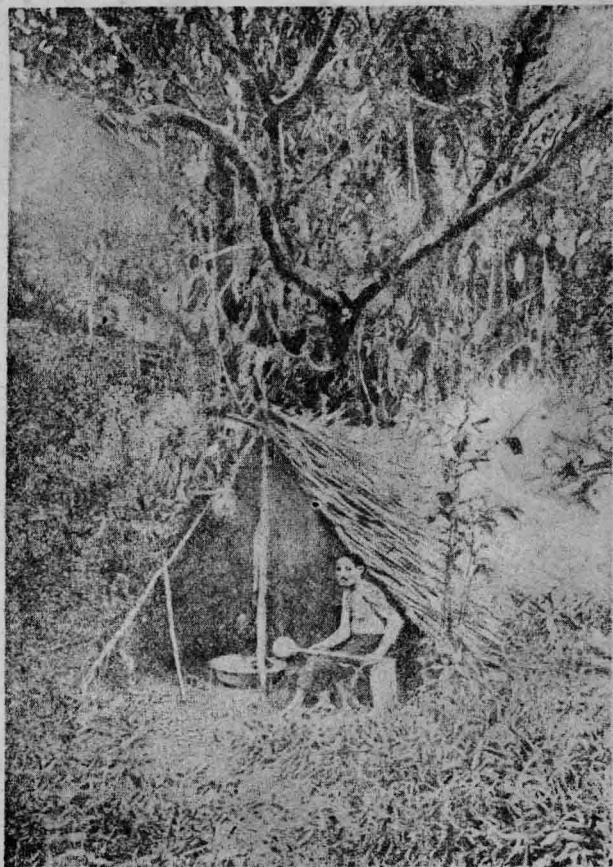
橡漿之凝聚法 由採集之橡漿中，取其所含橡膠，必使凝聚 (coagulation)，以便製爲生橡膠。其法甚多，而橡膠品質亦因之而異。甚至在同一國土，同種之樹，而亦大有差別。

(甲) 燻炙法，阿馬孫河流域採取巴拉橡膠用之。

(乙) 用於水稀釋橡漿後，利用其比重而撇取之，乾燥之。印度、錫蘭等處用此法。

(丙) 現在南洋通行之法，係用硫酸或醋酸等吸水劑，分離其橡膠成分。法爲將各樹流入杯中之橡漿，齊集於桶中，送至凝聚廠。先用銅絲布之漏斗，將橡漿傾入其中，濾去樹

皮、細屑、塵芥等夾雜物。然後傾入另一容器，加醋酸少許，移時即凝聚為白色柔軟體。



第十一圖 巴西人攪夾橡漿

於是以軋機榨之，則質密而成有彈力之片，懸於通風處充分風乾。然後移入燻煙室內，燒椰子殼或木片等燻之，以防腐爛。亦有風乾即畢事者，其品質不耐久貯。製品於未燻前，爲淡黃色或白色；既燻後即成棗紅色，或琥珀色。以上所言作業，雖屬簡單，然亦須注意爲之，始得優良之品。其形狀或爲片，或爲成正之縐膠（*crepe*），此外則有球狀、條狀等。然南洋巴拉橡膠則爲片狀或布疋狀，極合廠家之用也。

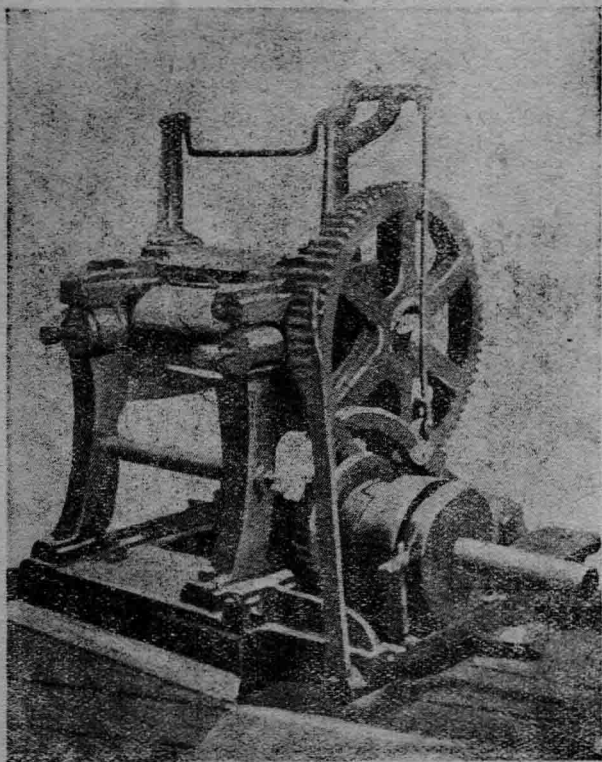
第三章 初步處理

第一節 洗滌

目的 生橡膠由原產地運至製造廠，其上等者固屬純潔，而下等者則往往含有木屑、土砂等夾雜物，必須預為洗淨，乾燥，始可以用，是實橡膠工業中之一種重要工作也。

作業 洗滌之前，如原料為大塊，須先切小；如嫌過硬，須投入熱水中軟化之，至易於轉入洗滌機(washing machine)之兩輓軸間為度，因過硬即不便洗滌也。洗滌機為兩個並置輓軸，互相向內對轉，軋壓橡膠。兩輓軸轉動速度不同，故互相拉扯，將橡膠拉成片狀。由上面之注水管，注水下射，則原料中之土砂、樹葉等，隨水流下。所用輓軸，表面多彫刻格子紋或螺旋紋，以增加軋輻之效力，而便於洗滌也。

重量 生橡膠既經洗滌，於乾燥之後，必減少其重量。優等之巴拉橡膠，減少一〇至一五%；野生橡膠最劣者，減少五〇%。



第十二圖 橡膠洗滌機

第二節 乾燥

作業 洗滌後之生橡膠片，含水不少，須即時移至乾燥室內懸掛數日，俟其乾時取下。室中須不納強烈之光線，而通風良好。其構造有一定方式，然皆為數層之樓房，四面俱用百葉窗。橡皮乾燥宜緩，否則其表面乾硬，而內部依然含有水分，永不乾燥，致品質惡劣，不合於用。此乾燥室法優於真空乾燥法之點也。用機器乾燥，稍不注意，即有外乾內濕之弊，且有因過熱而傷及品質者也。

乾燥廠 近年橡膠原產地，有專門設廠洗滌乾燥，製成純良之生橡膠者，如此則製造之工程，可省去一段矣。

第三節 捏練

設備 清潔乾燥後之生橡膠，須經過捏練 (*mastication*)，方能加入各種配合劑以行混合 (*mixing*)。捏練與混合，所用機械同為混合機 (*mixer* 或 *mixing rolls*)。此機之大體構造與洗滌機類似，其主要部為輾軸兩件，乃硬鋼所製，長自二英尺至四英尺，直徑自一

○英寸至一六英寸，表面平滑，中心空虛，通入蒸汽管及冷水管，為調節溫度之用。兩輓軸旋轉速度不同。纏繞橡膠之輓軸，名作業輓軸，每分鐘旋轉一次或二次；而另一輓軸，則每分鐘旋轉一六次。工作者需力極大，故輓軸之架，須異常堅固。輓軸之端，連結齒輪，以司運轉。兩輓軸間之距離，有螺旋桿以節制之。

作業 工作之時，先將輓軸加熱，開始運轉；次放入生橡膠於兩輓軸間，受其擠軋。工人調節所需溫度，並逐漸減小輓軸間距離，則橡膠即化軟而纏繞於緩轉之作業輓軸之周圍。所需溫度隨橡膠之品質而異。在優良之橡膠，其溫度以手能撫摩輓軸為度。擠軋之時生熱，逐漸提高溫度，開輓軸中之冷水管，以降低溫度。蓋過熱則橡膠將開放黏着於輓軸表面，而不能擠軋矣。

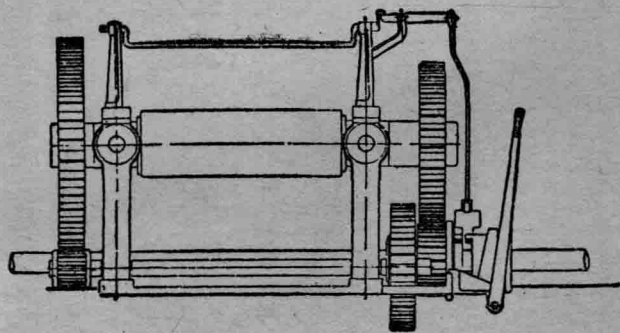
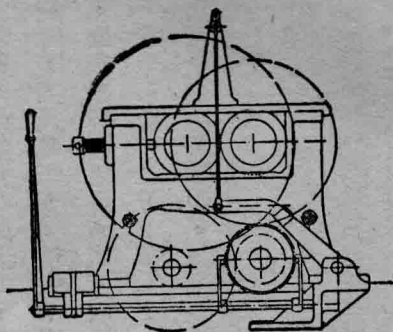
橡膠在混合機中擠軋，歷時約一小時半則柔軟適度，可以與各種配合劑混合矣。

第四節 混合

混合 已經軟化之橡膠，有即在所用混合機中加入配合劑以行混合者，但通常係於軟化後靜置片時，再行混合。

配合劑 工作之先，應備辦配合劑，其中各種成分，須按照所需比例，分別稱量準確。用量甚多之配合劑，使用較大之天秤，尙屬無礙。用量甚少之重要配合劑，稍多稍少，頗影響成品之性質。故須用感應銳敏之小天秤，且須清潔而準確者。配合劑務須極乾燥而爲微細之粉末。故須設乾燥器及篩機等，以精製各種不適用之配合劑而後用之。

作業 混合機開動

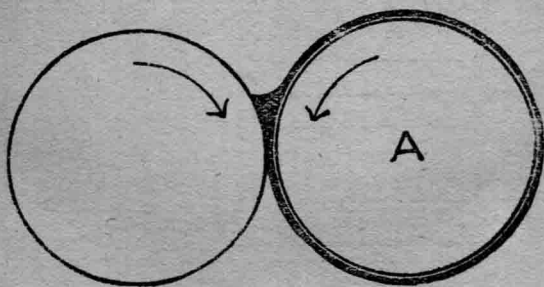


第十三圖 橡膠混合機

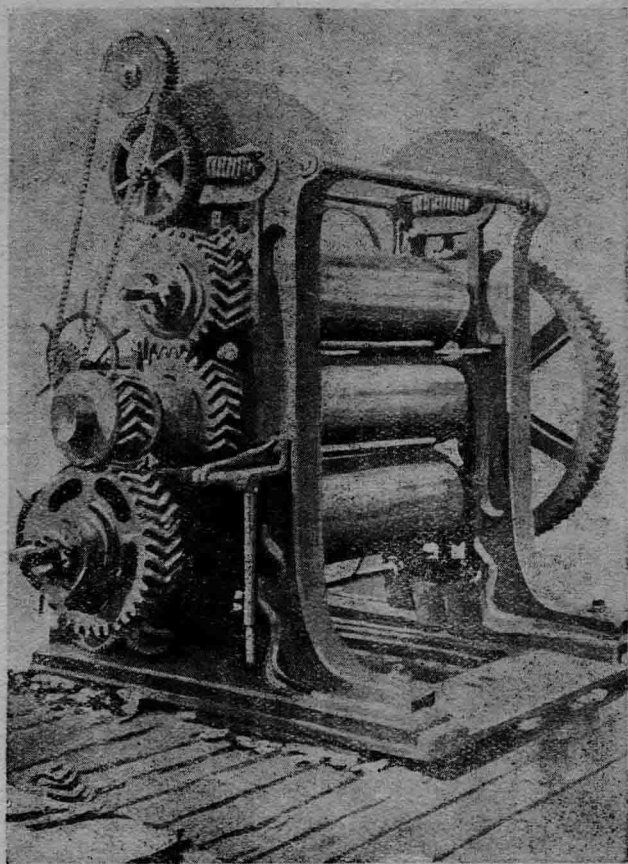
後，附在輓軸上之橡膠愈軋愈軟。俟其適度時，工人調節兩輓軸間距離，使附在緩轉輓軸上之橡膠層，所具厚度僅微與速轉輓軸接觸，而此融軟之物質，在兩輓軸間上方，略有隆起，如第十四圖所示。於是時，工人取配合劑粉末，撒布於輓軸上方，隨輓軸之旋轉，而軋入橡膠之內。俟所取一定分量之配合劑，業已用盡，則將落入機下之粉末掃出，重行撒布。如是反覆爲之，使配合劑全被橡膠吸收。俟混合透徹，始爲畢事。

第五節 研光

研光 橡膠與配合料混合之後，須行研光(calendering)，係用研光機(calender 或 calendering rolls)爲之。研光機之最簡單者，爲二件輓軸構成。橡膠由一側送入，經其軋壓後，成爲平片，由別一側出，隨即卷於一件木輓軸上，另有

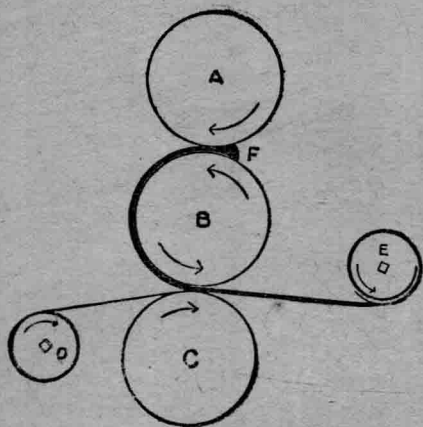


第十四圖 橡膠混合時與混合機輓軸之關係



第十五圖 橡膠研光機

布與之同卷，而夾於內外層橡膠之間。大多數研光機，則具有三件軋軸，如第十五圖所示；而機中橡膠進出之情形，則如第十六圖所示。



第十六圖 橡膠在研光機中進出之情形

第四章 硫化

第一節 總論

定義 製造橡膠之根本重要作業，厥為添加硫質或其化合物，使與橡膠發生作用。此法名曰硫化 (vulcanization)。經過硫化之橡膠，名曰硫化橡膠 (vulcanized rubber)，熱至攝氏一六〇度，尚不變軟；受冷亦不變硬；尋常溶劑，不能溶解之，而所具強度，遠在未經硫化者之上。

起源 一八三二年，英人嘿衛德 (Hayward) 氏曾用硫華以減縮橡膠板之厚；而真正硫化法之發明者，則為谷第耳氏。一八三九年，谷第耳氏以硫與橡膠混合，加熱之後，其性狀大為改良，對於冷熱之抵抗力，遠勝於生橡膠。谷第耳氏遂將此製品，分送於歐洲各處。罕科克 (Hancock) 氏得之，發見其中含有硫，遂大加研究；於一八四三年，發明以橡膠浸於熔融硫液中，而行硫化之法。一八四七年，帕克斯氏又發明以氯化硫之二硫化碳溶

液浸漬橡膠，或塗抹於橡膠，亦成一種有彈性之物料。一八五〇年，谷第耳氏以硫與橡膠等量混合，加熱至攝氏一六〇度，歷四小時，得一種硬質橡膠，名曰硬橡皮（ebonite）。然是時方法尙未完美，硫化後之橡膠，往往不能由模型中取出，即使取出亦易破損。復經學者苦心研究，至一八五四年，用錫箔襯於模裏，製品乃大改良。

第二節 原理

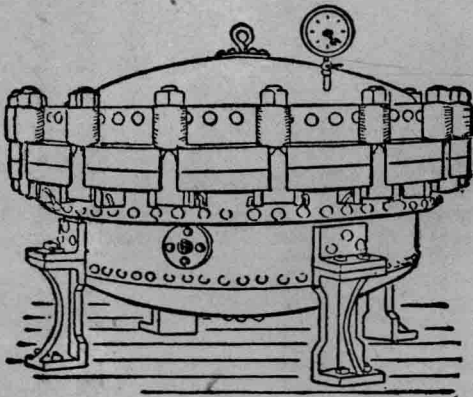
原理 硫化橡膠之製造法，軟橡膠係以三至一五%之硫，用機器與橡膠混合，然後加熱至攝氏一二五至一五〇度；依用硫之量，橡膠之性狀，其他配合物之分量及種類，加熱之方式，成品之形式，及所需之品質，而時間有長短。製造硬橡膠，則依其所需之形式及品質，須加多用硫之量，提高溫度，延長加熱時間。此等事視之若甚簡單，行之頗爲不易。據韋柏氏之硫化法理論言之，各種橡膠行硫化法時，其與硫之化學反應，因無硫化氫發生，故並非取代作用，而實爲單純之附加作用。其吸收硫之量，得因延長硫化加熱之時間，混合鹽基性之混加料（如氧化鉛、石灰、苦土等），使用由易於傳熱金屬製成之壓縮器，減少物品之厚度，而增加也。

以熔硫行硫化法，常祇有一部分之硫與橡膠爲化學的結合；其他部分僅溶解於橡膠中，冷後仍結晶分出，爲灰白色之粉狀。但配合物成分適當，亦可防止此種現象。薄橡膠物品及薄橡膠布之硫化，多用帕克斯氏冷式加硫法，因其優於他法也。

第三節 作業

橡膠於混合研光之後，塑成各種物體，或用模型，或埋於滑石粉中，或夾於壓縮機之內，然後開始硫化。

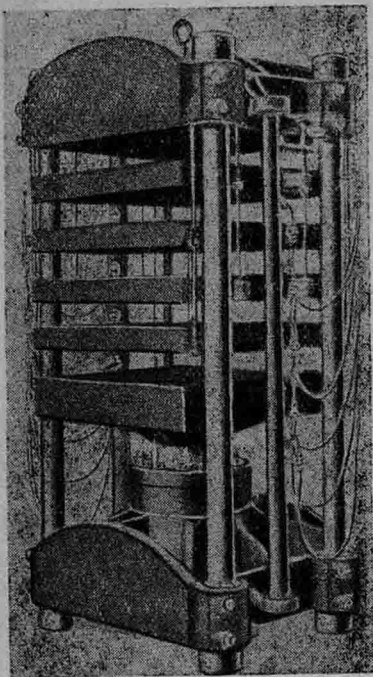
硫化鍋 硫化工場須與成形工場及鍋爐室相連，始便於作業，且較爲經濟。硫化鍋 (vulcanizing Pan) 形式甚多。主要部分同爲銅板造成，能耐六大氣壓。鍋口須稍寬，並有凹溝，以爲裝充填料之用，使密閉後不致漏氣。開閉裝置，以便於迅速運用者爲宜。鍋有進汽管及洩汽管，壓力計及溫度



第十七圖 硫化鍋

計等。汽管俱以較大者為合用。洩汽管比進汽管須稍大。

硫化之先，須規定加熱時間及溫度。將需硫化之物，裝進鍋內。然後密閉鍋蓋，放入蒸汽至所定之度為止。至規定時間，停止給汽，排出廢汽。然後開鍋，取出已硫化之物。再行作業，如前。



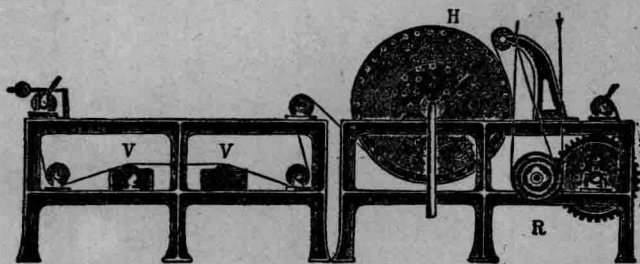
第十八圖 加壓硫化機

加壓硫化機 有許多物品，如機器用之橡膠帶及地氈等，須用加壓硫化機 (vulcanizing press)，此機為數層之中空鐵板，內通蒸汽，以螺絲杆或水壓使各板互相急壓。第十

八圖爲加壓硫化機之一種。鐵板須極平滑，各板皆裝有壓力計及洩汽管等。行硫化時物體之面，亦須整潔，然後加硫。如爲長形之物，可陸續推進。

冷式硫化 冷式硫化法，專用於薄層之物件，如防水布及橡膠手套等。其設備簡單，但技藝亦須純熟。法爲於橡膠混合之後，溶化於溶解劑中，製成適當之溶液。如製防水布之類，則用塗布機塗於布上，如爲手套及乳嘴等，則以模型浸於橡膠溶液中，使橡膠附着模型，俟其溶劑蒸發，然後再以氯化硫之溶液，塗布於物品之面。

冷式塗布硫化機之作業，如第十九圖所示，先以已塗橡膠之布，捲於輥軸。次將硫化劑槽V及其中之硫化輥軸拂拭乾淨，不可稍有濕氣及雜物，硫化劑之氯化硫溶液，即盛於此淺槽，而硫化輥軸則浸入液中。復次，將布牽出引導輥軸之間，與硫化輥軸接觸，則硫化劑勻布於布面，以後其布即



第十九圖 冷式塗布硫化機

經過加熱板H，冷後而捲於捲布輥軸R，則其事畢矣。

尚有浸漬硫化器，係將附着橡膠溶液之模型，浸漬於氯化硫溶液，而行硫化者。其操作或用機器，或用手工均可。

冷式硫化，最忌濕氣，因氯化硫遇濕氣，即生成鹽酸也。

第五章 配合物

製造橡膠時，使用配合物 (rubber mixings) 之目的，在不損橡膠之特質，而賦與各種特性以適應製品用途，增高品質，並減低其價格也。此等配合物為硫化劑、促進劑、著色劑及充填劑四種。分述如次。

第一節 硫化劑及促進劑

橡膠之能成製品，全賴乎硫化作用，已如前述。茲將各種硫化劑 (vulcanizing agents)，及無機性促進劑 (accelerators)，略述於次。

硫 有棒狀硫、沉澱硫 (precipitated sulphur) 及硫華 (flowers of sulphur) 三種。硫化法所用幾常為硫華，約含有九〇%以上之淨硫。因製造者不同，其性質隨之少異。製造橡膠，須選不含砂礫及夾雜物者，色澤以帶嫩黃色者為佳。比重為二。

氯化硫 氯化硫為冷式加硫法之重要原料。市售之品，以含有氯五二·五一%，硫四

七·四八%者爲佳。如含硫量過多，則令製品表面起風化現象，有損美觀。但含氯過多，亦足使製品受過度之氯化作用，易於破裂。純粹之氯化硫，爲赤黃色液體。有辛辣惡臭，嗅之涕淚交流。氯多則色純赤，硫多則色純黃。比重自一·六八至一·七〇。使用時須以石油、醚、二硫化碳等溶劑化爲溶液。否則作用過激，遂將橡膠化爲角狀之硫氯化物，全歸無用矣。

五硫化錫 五硫化錫爲主要之促進劑，亦爲最要之著色劑。其被覆力甚大。遊離硫之含量爲一五至二五%。色橙黃或紫。其特質在使橡膠強韌。但用之不適當，則易於失敗。混合時，混合機轉軸不可過熱，須以少量逐漸加入，否則橡膠於混合時，往往生龜裂。市售之品，等級甚多。不良者於混合時輒易褪色。比重爲三至四·五。

硫化鉛 爲非晶質之黑粉，熔之變鮮赤色。此與他種鉛化物同爲促進劑。天然存在者，爲方鉛礦。市上售品皆預先製成粉末。配合橡膠，宜用人工精製者。比重爲七·三。

氧化鉛 分黃鉛及密陀僧兩種。有促進硫化之作用，且有使製品緻密之功。然不宜用於顏色鮮麗之製品，因於硫化時即成硫化鉛而變爲黑色也。用量多則失製品之韌性。比重爲九·三。

氧化鎂 爲白色而有乾燥性之粉末。用之增加橡膠之強韌性及可撓性，促進硫化，且能使用於抗耐高溫之配合物。其作用不似石灰之激，及密陀僧之有限制。故遍用於各種顏色之物。

苯胺 (aniline) 往年多用於製造車胎。性毒，作業時須設防毒裝置。

氨基化合物 用作促進劑之氨基化合物 (amino compounds) 有數種；如 *accelerene* 英國製造家多用之，用量微而效力大。此外有 *para-phenylenediamine* 及 *quinoline sulphate* 等。

第二節 著色劑

橡膠製品，大都爲灰色、白色、黑色及赤色，而藍色、綠色等者甚少。茲略舉應用顏料如次。

鉛白 富於被覆力，但祇用於冷式硫化法。

氧化鋅 氧化鋅爲白色非晶質粉末，不溶於水，遇高熱呈黃色，冷則復白，置於空氣中吸收水分而變爲碳酸鋅，故須密閉之。比重爲五·六。爲製造白色橡膠之適用品，須選

品質純良者用之。

碳黑 碳黑(carbon black)亦稱黑煙末，由天然煤氣經不完全燃燒製成，等級甚多，壓縮品與未壓縮品之性質有異。此物有增加橡膠牽引強度及韌度之效。但用之過量，則混合非常困難，且製品發生氣孔。故於配合及操作皆須研究。最要者混合機之轉軸不可過熱。其比重爲一·八。

燈煤 燈煤性狀與碳黑相似。惟常含有油狀物質及灰分，須擇其佳者用之。

石墨 石墨色澤似鉛。頗覺光滑。不溶於酸類。比重自二·〇至二·二。等級甚多，價格亦異。作爲著色劑，用量頗須斟酌。

氧化鐵 市場所售者，名稱甚多。以威尼斯赤(Venetian red)爲最佳。其性質與光彩，足與五硫化銻抗衡。下等者使製品顏色暗鈍，且生斑紋。

銀朱 銀朱爲赤色顏料中最強烈而極鮮麗者。價頗昂，僅用於齒科材料及各種高價製品。比重八·〇。

硫化金 硫化金含有自三〇至四〇%之硫。色由鮮紅及橙黃。

羣青 羣青(ultramarine)爲美麗之藍色礦物性顏料，熱冷兩式硫化法均可用之，但

須對於明礬不起變化者，方適用於用。

鎳黃 鎳黃爲上等之顏料。價貴。色由深橙至金黃色，適用於熱冷兩式硫化法。

鉻綠 鉻綠呈美麗之綠色。適用於熱冷兩式硫化法，惜缺乏被覆力。

第三節 充填劑

應用充填劑之目的，在使成品價格低廉，且能適合種種用途；有時並具著色之功用。充填劑須絕對的無化學作用，不受高溫度之影響，不溶解於水，無害於橡膠；而其比重大小，粉末粗細，及硬度高低，頗關於製品之品質及形狀。製造家於此須加以精密之注意。充填劑多至百餘種，茲擇其普通者略舉於次。

白堊 天然產者不適用。須經過人工重製，成極細粉末。其成分爲碳酸鈣。通常含有少量夾雜物。比重爲二·七。用量至多不可超過一五%。用之適量，可增加橡膠之硬度及強度。

氧化鋅 有增進橡膠強韌性及阻電性之功用。

石綿粉 爲白色纖維。多用於熱機器之附屬品。

硫酸鋇 以天然之重石，加硫酸製成粉狀。不溶於水及酸或鹼。不受熱之影響。亦為白色顏料之一。但與屈折率較高之橡膠混合，則稍透明而失去白色，故有時祇作充填劑之用。比重為四·六。

碳酸鎂 天然產者，以優卑亞 (Fu boea) 及曼陶替 (Marthoudi) 兩處為最多。人工製者乃以鎂鹽溶液用碳酸鈉沉澱，而製成白色粉末。因其易吸濕氣，故宜貯於乾燥處。因其有增加橡膠之彈性及強韌性之效，故頗合於暴露在高壓水蒸氣中之混合物，而為製實心車胎等之佳品。比重為二·四。

滑石 即矽酸鎂，為白色潤滑之粉末。以顯微鏡視之，為半透明之板狀片。用於包裹電線之橡膠，為良好之配合物。用時撒布於未硫化橡膠物之面。比重為二·七。

鋅銀白 鋅銀白 (lithopone) 係以硫化鋅與硫酸鋇沉澱製成。其價格隨硫化鋅之含量而異。含硫化鋅量逾二九%者，方適於用。最忌濕氣，因遇濕則生硫化氫及氯化鋅，而氯化鋅足以損害橡膠品質故也。耐鹼性之製品，用之最為適當。耐酸性之製品，則不宜用之。

陶土 為純粹之矽酸鋁。經磨碎洗篩之工程，製成極細之粉末。不溶於水及稀酸。以

強硫酸煮之，則生硫酸礬土，分離砂土而成膠狀。適量用之，可以增製品之牽引強度。但含有鐵質者，則有害於製品之色。

石灰 普通用生石灰，以其可吸收調合物之水分，亦有促進硫化作用之效力故也。以生石灰與電的絕緣物混合，並可增大絕緣性。但因其無被覆力，故不適用於著色之製品。

石墨 為耐油及耐熱製品之調合劑。

砂土屬 砂土屬種類甚多。其中矽藻土用途較廣。用微量與橡膠配合，可增加製品之強度、韌度及彈性。過多反使製品硬脆。海砂及玻璃粉，可為擦字橡皮之配合物。

雲母 雲母種類甚多，品系亦異，色澤比重俱不同。與橡皮配合用者，須先研成極細粉末。為電的絕緣物及禦火製品之配合物。

碳酸鋇 碳酸鋇為白色或灰色之粉末。等級甚多。其特長在賦與製品以強韌性。因其性太乾燥，必混加軟化性之配合劑，始易作業。否則易使製品多孔。

碳酸鉍 碳酸鉍為白色緻密之結晶塊，現纖維狀紋理，具強烈之氨臭及苛烈之鹽味。置空氣中則分解，變成酸性碳酸鉍之白粉。碳酸鉍用於製造空心及海綿狀橡膠物品，因其

有發氣膨脹之作用也。

瀝青類 製造橡膠所用之瀝青類，爲煤塔瀝青 (coal-tar pitch) 及硬脂瀝青 (stearin pitch) 等。用於製造橡膠，有使成品緻密，減少比重之效。又混合瀝青之成品，防水性甚強，故製造包裹電線之橡膠時，恆用瀝青也。

油 油類亦爲配合橡膠之材料，以其使橡膠易於成形，且使製品光滑緻密故也。最通用者爲亞麻仁油、棉子油及礦油。

蠟 以蠟配合橡膠，則壓榨機工作較易，且成品不易龜裂，並增加阻電性。

第六章 收復橡膠

總論 收復橡膠 (reclaimed rubber) 亦稱再生橡膠，係將廢橡膠再製之，除去其硫，以代生橡膠之用者也。方法有機械的及化學的之別，均須經過選別、精選、洗滌、軋碎及剔出金屬及纖維質等之工作。今將兩法分別述之。

第一節 機械的方法

方法 將橡膠屑軋碎成細粉之後，除去所雜之金屬質及布屑等，所用方法為氣流法 (air current process) 及搖篩法 (movable sieve method)。現今係將此等方法合併用之。

除去鐵質之法，以磁鐵分離器為最合用。例如古洛普氏裝置法，用鐵製之活動框，裝配於木格之上。由上方漏斗，送入混合物料，因框之搖動，橡膠屑落入下面磁鐵上，而鐵粉附着於框之底部及側面，時時掃去之。

第二節 化學的方法

方法 用化學的方法收復橡膠，較機械的方法爲完全。藥品以用酸類者爲多。

米恰爾(Mitchell)氏之收復法，係先將廢橡膠之粗大夾雜物選剔；次投熱水中洗淨；俟乾燥後磨碎，用磁鐵吸去鐵屑；再用酸類解散其纖維質，復行洗淨；中和過剩之酸類；然後置入密閉器，加熱至攝氏一二〇度，除盡水分；取出磨至極細；用二倍量之七·五至一二·五%鹽酸及二·五至五·〇%硫酸之混合液，共投入密閉銅鍋（鍋裏塗以耐酸物）中，加熱至一二〇度。俟脫酸既終，取出，用熱水洗淨。

此外尚有以鹼油類及溶劑等之收復法，茲從略。

第七章 橡膠代用品及人造橡膠

總論 橡膠代用品 (rubber substitute) 係指硫化油糕 (factice) 而言，爲一種經硫化之油類，性質略似橡膠，加於生橡膠中，以作充填劑之用者。一八四七年，英國化學家安德孫 (Anderson) 氏發明之，然未竟全功。後經各國學者研究，始得適用。其效用在使橡膠製品質輕，減少音響，增加防水性及阻電性。但於注重韌度，抵抗摩擦，及不受藥品侵蝕之製品不宜多用。硫化油糕有白色及黑色兩種，以下當分別述之。

至於人造橡膠，係指合成橡膠 (synthetic rubber) 而言，最初爲德國所發明，終未獲發展而中止。最近美國另有新品發明，製出應市矣。

第一節 黑色硫化油糕

原料 製造黑色硫化油糕所用之原料，以菜子油爲最佳，棉子油及大豆油等亦可用。

製法 預將生油氧化，加少量之硫，製成富於彈性之製品。氧化方法，係將油置鍋

中，加熱至攝氏一三〇至一五〇度，吹入空氣。然後移入硫化鍋中加硫，用火或過熱蒸汽加熱至一六〇度，歷一小時，時須充分攪拌。更加熱至一九〇度，歷一小時。後取其一滴冷之，若凝固，即為將製成之證。若加熱不足，可再加高溫度或加硫。俟起泡沫，再移至另一鍋微熱之後取出，製成塊狀。有時因欲製品價廉，於硫化時加瀝青、煤渣及各種礦物油，約三〇%。

種類 黑色硫化油糕，依其含硫量，油之種類，氧化之程度，硫化溫度，稀釋劑及比重，而有種種。以菜子油製造，加二五%之硫及七%之鎂，可製良好之油糕。含硫量愈多，則製品愈黑，且臭氣大而黏性劣，容易破碎。

第二節 白色硫化油糕

原料 加氯化硫於各種油脂中，雖在常溫亦起反應，發生氧化氫及亞硫酸氣等而硬化為白色或灰色之彈性物質。曝露於空氣中，即放出過剩之氯化硫，變為中性，是為白色之硫化油糕。氯化硫之用量，依油之種類而不一定。今舉痕立克 (Henriques) 氏所定之用量如次：

油名	氯化硫用量	%
亞麻仁油	二五至三〇	
棉子油	四〇至四五	
菜子油	二〇至二五	
蓖麻子油	一八至二〇	

植物性之油，大都可製橡膠代用品。但色淡而氧化性大者，可得優良之製品。若預將油脂氧化，則氯化硫之用量，僅得前記之半足矣。如亞麻仁油於加熱氧化之後，祇用一五至一八%之氯化硫已足。氯化硫價格較貴，且用之過量，結果不良。故以用氧化油脂而減少氯化硫之用量為得策。

製法 製造白色硫化油糕之方法，為先將油脂氧化；次取其五〇尅，傾入三千呎之銅鍋中，用木匙攪拌，徐徐注加氯化硫，保持七〇至八〇度之溫度，閱數分鐘即反應完全而硬化。反應時所生之各種氣體，性多毒，須設法排除之。如用密閉器將氣體化為液體最佳。反應既畢，即行取出，以轉軸壓成板狀而風乾之。若氯化硫不足，則成品過黏；溫度高則成褐色。欲得優良之製品，全賴純熟之技術。製成之硫化油糕，為乳白或淡黃之固

體，有彈性及黏性，無臭，呈中性反應，不溶解於酸及鹼，而極微量可溶解於水。

第三節 合成橡膠

將生橡膠加熱至攝氏二百度以上，則分解而生甲基丁二烯 (isoprene, C_5H_8)。此物爲一種極易聚合 (polymerisation) 之化合物，貯於瓶中，能自然聚合爲黏稠之液，終至變爲與天然橡膠極相類似之彈性物質。第一次世界大戰時，德國之橡膠原料補給路線爲聯合國所封鎖，遭遇極大困難，於是不得不以極大費用，發動其科學家及工業家，根據上述原理，發明以乙炔 (即電石氣)、石油及煤塔等爲原料之合成橡膠，從事製造，以供戰時急需。是爲人造橡膠工業之由來。惟在大戰終後，此新興之工業，遽告停止，不復製造。蓋其製品之性質，不及天然橡膠爲佳，而價格甚昂；更因天然橡膠之種植事業，已盛極一時，原料可以極廉價生產，甚至一時生產過剩，市價暴落，致人造橡膠工業難有興起之機會。然化學家及化學工業家對於人造橡膠之研究，仍繼續不輟，最近美國都邦公司 (Dupont & Co.)，則已改用氯丁二烯 (chloroprene, C_4H_5Cl) 以代甲基丁二烯，製出一種新合成橡膠，稱之爲“duprene”，行銷於世，其各種性質均比天然橡膠爲優。是故茲後人造橡膠之發展

方向，未必在於摹倣天然橡膠，毋寧在於製出各種優秀性質之新彈性物質，使其應用範圍更爲廣大也。

關於合成橡膠之製法，因過涉專門，非本書範圍所能述，故從略。

第八章 溶劑

用溶劑處理橡膠，製造物品，在硫化法未發明以前已行之，至發明硫化法以後而益盛。溶劑中以松節油 (oil of turpentine) 應用最先，今則以苯 (benzene) 及石腦油 (naphtha) 等爲用最廣。茲述其要點如次：

苯 苯有溶解橡膠及硫之力，爲橡膠工業上不可缺少之藥品。此物係自煤塔蒸餾而得，爲無色透明極易搖動之液體，有一種臭氣。攝氏二十度時，比重 0.874 。冷至零度以下，則爲板狀之結晶。沸點在攝氏 80.5 度。性易燃，燃時光甚強，而油煙亦多。不溶於水。可任意與酒精及乙醚混合。製車胎及橡膠糊多用之。冷式硫化法，用以溶解氣化硫。易發火，須貯於冷處。

石腦油 石腦油係自煤塔或石油蒸餾而得。今日多用自石油取得者，以其出產較多故也。因其比重及沸點之異，分爲數種：立哥林 (rigolene) 比重約 0.665 ；汽油 (gasoline) 比重 0.665 ；本品 (benzine) 比重 0.680 至 0.700 等。石腦油之自煤

溶取得者，爲最佳之溶劑。

二硫化碳 二硫化碳爲碳與硫之化合物，無色如水，有使光線屈折之力。沸點爲攝氏四六度。有一種不快之臭氣，及苛烈之味。能溶解樹脂、揮發油、橡膠、樟腦、硫等。不溶於水，可溶於酒精、乙醚等。比重爲一·二七。易燃，發藍色之火焰，而化爲碳酸氣及亞硫酸氣。二硫化碳爲橡膠之最佳溶劑，極爲通用，冷式硫化法用之尤多。因其氣有毒，用時須有通氣裝置排除之。

乙醚 乙醚係以濃硫酸與酒精混合，蒸餾製成，爲無色之液體。比重爲〇·七二。極易揮發。沸點爲攝氏三五度。有一種香氣，久吸之失去知覺。不與水混合，但可與酒精混合。其蒸氣易燃，不可近火。乙醚爲貴重之溶劑，祇用於精細之橡膠製品。有時以少量和入石腦油用之。牛頓(Newton)氏嘗用之以除去硫化製品中之硫。

哥羅仿 哥羅仿(chloroform)即三氯甲烷，係用漂白粉、酒精及水，蒸餾製成。爲無色之液體，香氣與乙醚相似。味甘，麻醉力甚大。能溶解橡膠、脂肪及各種有機物。沸點爲攝氏六一·二度。比重爲一·五。點火即發綠焰而燃燒。可單獨用以製造橡膠糊，或與石腦油混合用之。

松節油 割開松柏科植物之樹幹，採其漿液，榨去水分，即為粗製松節油。再蒸餾精製之，為無色液體，有特異之臭及苦味。不溶於水，可溶於酒精、乙醚、二硫化碳等。能溶解橡膠、樹脂，及硫、碘、磷等。製造性黏而乾燥徐緩之橡膠溶液用之。

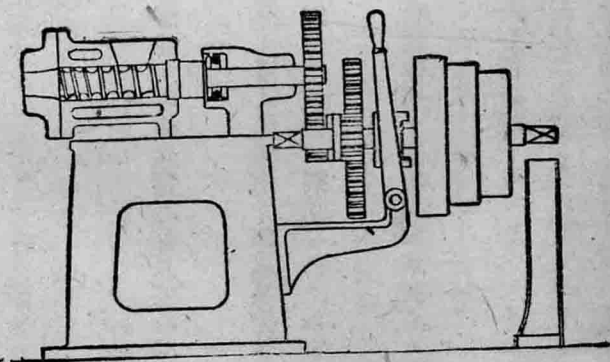
丙酮 丙酮 (acetone) 係由粗製之木精製出，或由乾餾醋酸鈣製出。為無色之液體，有一種特異之臭氣及味。沸點為攝氏五六·三度。在攝氏二十度時，其比重為〇·七九二。丙酮為各種有機化合物之貴重溶劑。

第九章 各種製品分論

第一節 橡膠管類

管之種類甚多，如蒸氣用、水用、藥用等。製法亦異，約分爲手工法及機械法兩種。

手工法製管 手工法製管，爲將橡膠混合物用研光機壓成板狀，切成適當之寬，捲於鐵管之周，再以布裹緊，置於長形之硫化鍋中行硫化手續。爲預防橡膠與包布及鐵管黏貼難分，則須撒布滑石粉於其間；欲製耐壓之管，則須以金屬夾於管之中層，而內外層爲橡膠；欲製耐用之物，則須以襯布夾於橡膠之間。



第二十圖 製管機

機械法製管 機械法製管，為將橡膠混合物，放入製管機中，保持適當之溫度，機器運轉，則橡膠即由口模推出而成管形，然後硫化。

第二節 模型製品

將橡膠混合物，密閉於模型中而行硫化者，謂之模型製品。可分為實心品及空心品兩種。

實心品 製法較為簡單，即將未硫化之橡膠，塑成物品，填入模型中，加以壓榨、封緊，而置入硫化鍋中硫化。混合物中，不可稍有空氣；否則多生氣孔，製品不良。如實心橡膠珠、鞋底、橡膠圈、活瓣及車胎等皆屬之。

空心品 製造此類物品時，或用型心，或利用氣體之膨脹作用，使物品成為空心。但無論用何法及製何種物品，皆須將橡膠切片，然後接合之。例如製造橡膠球，先將橡膠切成片後，取四片或六片，沿邊塗橡膠溶液而接合之。在未完全閉合時，依球體之大小及配合物之品質，裝入碳酸銨。又於一片之內面，黏一小塊未硫化之橡膠，然後裝入鐵型。此鐵型為兩部合成，將型加熱，則碳酸銨起作用，發生多量之氣體，膨脹球體，使成正圓。

同時橡膠球起硫化作用。其後取出用與空氣唧筒相連之空心針，刺入未硫化之橡膠塊，送入壓縮之空氣。然後拔出之，此橡膠塊之針孔亦自密閉。於是以磨機將球面微微磨之，即可光滑，而工作畢矣。製造玩具，亦與此相類，祇不用橡膠塊耳。

第三節 工業用之橡膠板

橡膠板 橡膠板在工業上用途甚廣。其製造方法，多為將橡膠用研光機壓合於塗有橡膠之布面，亦有以兩層橡膠壓合者。

墊圈 製造人孔 (man hole) 之墊圈等，係用帶鋸將橡膠板鋸成細條，作成圈形，包以布片，然後裝入鐵模中硫化。亦有以特種機器製成圓形條帶者。

第四節 橡膠帶

橡膠帶 欲製良好耐久之橡膠帶，須用精熟之方法及特殊之機械。先以洗淨乾燥之棉布，用研光機壓平，然後塗以富於附着性之橡膠混合物溶液。俟其乾燥再塗，如是者數次。以後則用摺疊機 (folding machine) 或手工，依所需之厚度及層數，疊成帶狀，裝入

加壓硫化機中硫化。溫度以不超過攝氏一四〇度爲宜，因過熱則襯布之纖維易於脆弱，且製品亦嫌太硬也。硫化機最好用水壓式者。每平方糎約加以二〇尅之壓力。布層中之空氣，務宜排盡；否則容易剝離，橡膠帶接合劑之成分舉例如下：橡膠一〇・〇，硫一・五，密陀僧一・八，白堊一二・〇，土瀝青一・〇，硫酸鋇五・〇，煙煤〇・二。

第五節 橡膠輥軸

橡膠輥軸 橡膠輥軸在工業上用途甚廣，製造法及配合物各有不同，但俱用鐵質心棒，於其周圍塗以多層橡膠配合物。心棒務須清潔乾燥，以免發生氣泡。通常先以硬橡膠溶液塗抹數層，再於外層塗軟橡膠混合液。俟乾，用布片裹緊，然後行硫化。硫化宜緩，有時延長至二小時者。硫化既畢，隨輥軸之大小，冷置二至四小時。然後解開裹布，置車床上車光。再用砥機磨之即成。輥軸配合物之成分，依其用途而大異。今舉印刷機用橡膠輥軸爲例，述之如下：白色硫化油糕六・〇〇，氧化鋅一〇・〇〇，硫酸鋇三・〇〇，六價醇 (talite) 五・〇〇，硫一・五〇；氧化鎂〇・二〇，石蠟〇・二五，剛果橡膠一〇・〇〇。

第六節 橡膠包裹電線

橡膠包裹電線 橡膠及馬來樹膠 (gutta-percha)，均爲包裹電線之材料。但製造電線，工作極其複雜。凡未硫化之純橡膠，不耐溫度之變遷，且缺乏彈性及韌性，難供阻電之用，祇可用於三層橡膠之最內層。普通電線，多用硫化橡膠。然硫與銅相接觸，卽生黑色之硫化銅，心線發黑，有害於橡膠。故銅線須先用錫鍍，後裹橡膠。橡膠配合物之成分，依所需之目的而異。混合之後，壓成薄板，夾於棉布之間，捲起。俟其冷透，取出，切成一英寸至二英寸寬之長條，以供包被銅線之用。包被方法，有縱式者，用縱式包被機 (longitudinal covering machine) 包之；有纏捲法者，用纏捲機 (lapping machine) 包被之；有壓出法者，用壓出機 (forcing machine) 包被之。其後行硫化。硫化鍋須用夾層者。硫化時以橡膠布條裹緊，防其偏心。硫化後，以金屬外被或棉線、麻線再包之，或塗以耐水塗料。皆所以保護電線，使其耐用也。

第七節 空心車胎

製造空心車胎，其混合物須極純潔，且不可稍含粗大分子，而內胎尤甚。

內胎 內胎即氣管。其製法爲先將橡膠混合物，用研光機壓至極平，切成條狀，捲於型管上。完全緊接其兩邊，使成筒形。再用布條包緊，然後行硫化。若全用機器，則較爲簡便。硫化後用壓縮空氣，由模管抹下，再裝打氣管，用橡膠溶液接其兩端，稍稍硫化，即成。

外胎 外胎之製造，較爲煩難。第一須考究內層之布，且須注意塗抹橡膠於其上，剪成條狀，捲於心型之周，是即車胎之骨格。然後加裱凸邊及橡膠外被等，裝入外型，置於加壓硫化機內，漸漸加熱。至預定之溫度，即保持之。達預定時間，乃取出也。

第八節 外科醫生用品

外科醫生用品 熱水袋、氣袋、空氣枕、空氣坐墊及空氣臥褥等，均爲橡膠所製。欲求成品之佳良，所用混合物須清潔，橡膠板須平勻，橡膠布須細密，而手工須極精細。配合物之成分隨製品而異，如空氣枕之配合物，如下所述：橡膠一〇・〇，硫一・二，氧化鋅六・五，陶土三・五，地蠟 (Ceresine) 〇・二，氧化鎂 〇・二。配合物於混合之後，以

研光機壓平，剪成一定形狀。取二片或數片，以溶液接合其邊。埋於滑石粉中，裝入硫化器，從速加熱。硫化既畢，取出。如須用釉藥者，可浸漬於橡膠與色料配合之釉藥中，移時取出。俟其乾燥，以氯化硫之稀薄溶液硫化之，再乾燥之。復塗以極稀薄之蟲膠片液，使其表面光滑。

第九節 文具

橡膠圈 橡膠圈等細小物件，製法雖不甚難，然欲製耐用之物，亦全賴乎經驗。橡膠圈須極耐牽引力，而混合與壓平之工作，務宜迅速。今舉此種配合物之一例如下：巴拉橡膠一〇・〇，硫化金二・五，銀朱〇・五。混合之後，以研光機壓成極薄之板。捲緊而冷却之，使其性質強韌。然後解開其捲，徐徐加熱。以鋅板壓平，以切斷機切成條片，接合其兩端，成圈。將接合處壓緊。行硫化法後，用水洗淨。擦以極稀薄之甘油溶液，使生光澤。

擦字橡膠 消去鉛筆字跡之擦字橡膠 (pencil eraser)，須柔軟而不傷紙，故可多和以硫化油糕。消去墨筆字跡之擦字橡膠 (ink eraser)，則須和以輕石粉、玻璃粉等。製法為

先以適當之混合物壓成板狀，裝入金屬之型中，壓縮數小時，取出切斷。埋於白堊中，以低溫度硫化之。亦有置於壓縮機中硫化者。有以兩種各異之品質製成兩用擦字橡膠 (union rubber) 者，即一端擦鉛筆字跡，一端擦墨水筆字跡。法以車床切斷平滑之板為條，其切斷面，務須保持清潔。俟其乾燥，用硫化溶液塗布二次。乾燥後，將品質不同之兩橡膠條，交互連合，裝入硫化機內，加熱製成。然後以切斷機切成一定大小。

橡膠印 製造橡膠印，須先造鑄型。鑄型或用金屬，或用石膏等之配合物均可。鑄型之面，務宜平滑，印有陰文。於是將橡膠混合物之薄條，壓貼於鑄型之上，密填於陰文之中。然後行硫化。硫化既畢，取出。用剪刀修整。再裝把柄。

第十節 防水布

防水布 製造防水布時，須先檢查所用之布，有無結節及其他缺點，以免塗布橡膠溶液時斷裂，或生其他障礙。次將此布捲於木軸上。復次，製備橡膠溶液，即將橡膠混合物充分混合之後，投於溶解器中，攪拌溶解。俟其完全溶解，再以混合機混合之，成稀薄而有附着性之溶液。復次，以布捲裝入塗布機，塗布溶液。為防水布捲之黏着，故須以布隔

之。爲使溶劑易於蒸發，須於塗布機中裝置蒸汽管。塗布之後，用熱式硫化法行硫化。如橡膠混合物中未硫化者，則用冷式硫化法可也。

第十一節 橡膠線

橡膠線 橡膠線係全利用其彈性者，故須選擇最良之原料，加以精細之工作。法以橡膠溶液，塗布於布上（布上預塗蟲膠片使其光滑）。俟其結薄膜，剝下。撒布白堊粉，捲緊，以布裹之。硫化後，再以蟲膠片塗於橡膠膜面，緊捲於木軸上。俟其乾燥緊結，以車床切斷。然後置於氫氧化鈉液中煮沸。俟蟲膠片溶化，再用清水洗淨，置於通風之暗室中乾燥之。

第十二節 橡膠鞋

橡膠鞋 製造橡膠鞋，可謂爲橡膠工業與製鞋工業之合作。須備有許多鞋型（Last），始可從事。鞋之組成部分，可分爲三，即底部、上被、內被是也。上被與內被，又分爲數部。底部較他部尤須耐摩擦而厚。此等工作，係先以研光機將橡膠混合物壓平。次以手工

或機器切成一定形狀之片，裱於鞋型之上，用橡膠溶液接合之。復次，送入硫化室。硫化室內裝置多數蒸氣管，牆壁亦塗以保溫劑，以防熱氣散逸。硫化溫度宜漸次上昇，達於預定之度。硫化時間，約八至十小時。

第十三節 橡膠海綿

橡膠海綿 製造橡膠海綿 (rubber sponge)，頗賴經驗，否則難得適用之品。須選用最純之巴拉橡膠，配以適當之混合物，務使其完全軟化。而混合輓軸又不可過熱，時間亦不宜太久。混合後，俟其冷卻，再混合膨脹劑。混合物不可含有氣泡，否則製品生成大孔。完全混合後，置於模中，壓成餅狀。取出，以苯拭淨其表面，塗以蓖麻子油，蓋以薄紙，置於鐵格上，用特種硫化器硫化之，或置於普通硫化鍋中硫化之亦可。

第十四節 硬橡膠

硬橡膠 以多量之硫與橡膠混合，在較高之溫度中，經過長時間之加熱，則橡膠失其彈性，變為角質。此硬橡膠 (ebonite) 製造之原理也。所用原料，須極清潔乾燥。加二〇

至三〇%之硫，及普通之充填劑、著色劑等。充分混和之後，壓之成形，裝入金屬製之型中。型之內壁，鋪以錫箔，俾可省除硫化後之研磨。硫化溫度，約攝氏一五〇至一六〇度。時間約六至十二小時。製成之品，不受空氣及日光之作用；遇普通之橡膠溶劑，不起變化；置熱水中稍稍軟化，冷之復硬；熱至二〇〇度，即化為碳。硬橡膠為良好之電的絕緣體，其主要用途，亦即為製造電器。又因其光澤美麗，不受各種藥品之侵蝕，故亦為製造裝飾品、墨水筆桿及各種用具之材料。

第十五節 橡膠糊

橡膠糊 橡膠糊製法，為先以橡膠混合各物，然後投入攪拌器內，製成糊漿，裝罐發售。因用途之不同，其配合法亦有異。如白色硫化用之橡膠糊成分，為最良巴拉橡膠二〇磅，氧化鋅一二磅，硫二磅，石腦油二五加侖 (gallon)。橡膠管修補糊之成分，為巴拉橡膠二·五磅，苯〇·五加侖，松節油〇·五品脫 (pint)，火棉膠〇·五品脫。

第十六節 浸漬品

浸漬品 浸漬品(dipped goods)者，以浸漬法(dipping process)製造之橡膠品也。其主要製品爲家庭用品、外科醫療用品及玩具等。此等用品，常含有七〇至一〇〇%之純橡膠，故有極大之彈性及韌性。其硫化係用冷式，較之熱式硫化之製品，顏色鮮美。若製造之時，加以相當之注意，必能獲完美之結果也。

製法 先選擇清潔乾燥之巴拉橡膠，及適當之配合物。混合之後，用五六至五八度之石腦油溶解之。隨製品不同，其配合比例亦異。原料既完全溶解，以玻璃或木製之型，浸漬於溶液中，移時取出，俟其乾燥，再浸之。薄層者浸三次或四次，稍厚者，浸六次或七次。於是成形，加以修整。然後浸於氯化硫之二硫化碳溶液中。此溶液之成分，爲氯化硫四盎司，二硫化碳五加侖之比例。浸漬時間，隨物品而不同，全賴經驗定之。手套等物，有於密閉室中用氯化硫之蒸氣以行硫化者。硫化後，由型剝下，而製品成矣。

第十章 製品保存法

總論 橡膠製品之保存不善，亦足以短縮其生命。大抵貯藏橡膠品之室，宜陰暗而涼，忌有熱空氣流通。橡膠不可與油類相接觸。小形之橡膠品，不含有金屬或布者，可浸於水中保存之。

藥品處理 克琉斯勒 (Kleusler) 氏及布德 (Bude) 氏，主張浸橡膠品於石蠟液中，熱至華氏二一二度，然後始可耐久。此法不僅無害於物品之色澤及外觀，且可抵抗光線及火氣之作用。

三%之石炭酸溶液，亦為保存橡膠品之藥劑。將物品保存於此液中，可以恢復其彈性。

保存醫療用具之小件橡膠，可用密閉箱，於箱底遍置磁盤，盤內滿貯苯，俾其徐徐蒸發。物品置於磁盤之上。

保護 橡膠物品，在使用期中亦須注意保護。保護之道，無非務求清潔，及不加以不

適當之奇寒酷熱。例如車胎之內管，既爲裝入空氣之用，勢必滿裝空氣，否則壓力不足，因行走時之振動，每易破裂。其外胎內層之布，如受潮濕，即易腐壞。每日洗刷車胎，係保持其清潔，然必先裝足空氣，始可洗滌。否則水易侵入內層。油類亦爲應禁之物，注油時宜加注意。在酷暑時停車宜在陰處，勿使車胎直曝於日光中。