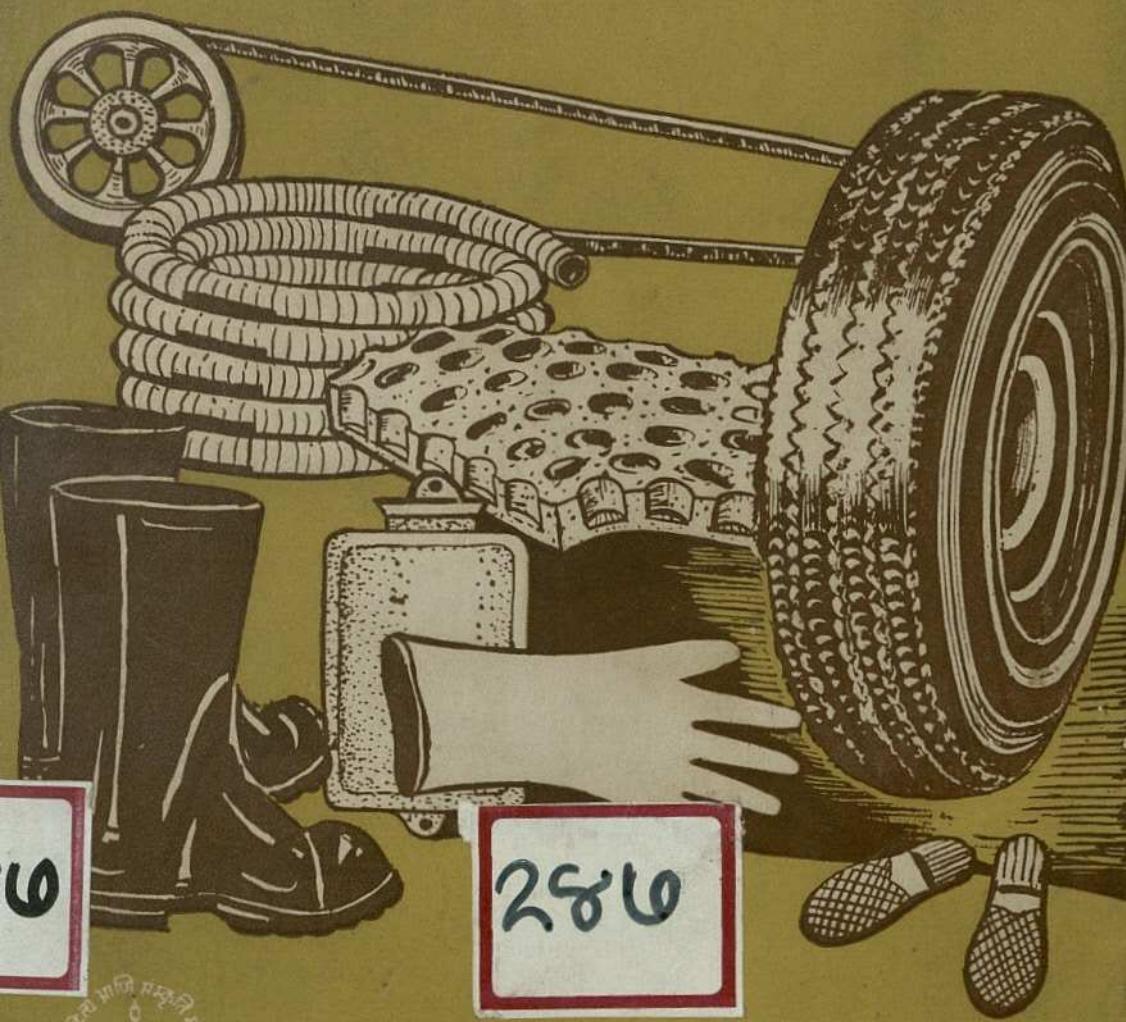


१. रा. सा. सं. म. शंथालन
प्र २५६

रबर

नैसर्गिक आणि संश्लेषित

डॉ. गो. रा. केळकर



२४७



महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृती मंडळ, मुंबई.

रबर हा एक विलक्षण पदार्थ आहे. तो ताणला जातो, दाबला जातो, वाकवावा तसा वाकतो आणि पुनः पूर्ववतही होतो. तो लवकर अजित नाही, पाण्याने भिजून खराब होत नाही व त्यातून विजेचा प्रवाह वाहत नाही. या व अशाच गुणामुळे रबराच्या शेकडो वस्तू आपण नित्याच्या व्यवहारात वापरतो. सुधारलेले जीवन रबरावाचून अशक्य आहे.

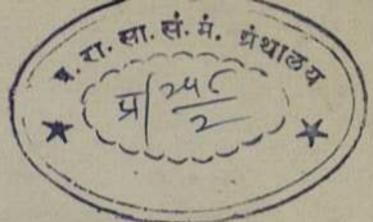
रबर दोन प्रकारचे आहे : नैसर्गिक व संश्लेषित.

नैसर्गिक रबर : मूळच्या दक्षिण अमेरिकेतील एका झाडाच्या चिकापासून हे मिळते. ते १५ व्या शतकात माहीत झाले पण त्यापासून टिकाऊ, मजबूत, डौलदार व सोयिस्कर वस्तू बनविणे साध्य होण्यास १९ वे शतक उजाडावे लागले. मोठारी व इतर वाहनाच्या टायर-ट्यूब्जसाठी ते मोठथा प्रमाणात वापरले जाते. बूठ, चपला, नळथा, इत्यादी वस्तूही त्यापासून बनवितात. रबराचा पुरवठा मुख्यतः आग्नेय आशियातील प्रदेशात असलेल्या रबर-मळथांपासून होतो.

संश्लेषित रबर : मानवी प्रयत्नांनी नैसर्गिक रबराची प्रतिकृती बनविण्याच्या हेतूने केलेल्या परिश्रमातून अनेक रबर-सदृश पदार्थ अस्तित्वात आले. त्या सर्वांना मिळून संश्लेषित रबरे म्हणतात. त्याचा प्रसार पहिल्या महायुद्धापासून सुरु झाला. त्याचे विविध प्रकार आहेत. काहीचे गुणधर्म नैसर्गिक रबरासारखे आहेत तर काहीच्या अंगी नैसर्गिक रबरात नसलेलेही उपयुक्त गुणधर्म आहेत. त्यामुळे ही रबरे नैसर्गिक रबराळा पर्याय म्हणून तसेच पूरक म्हणून उपयोगी पडतात. नैसर्गिक रबराची प्रतिकृतीही कारखान्यात बनविता येते. दुसऱ्या महायुद्धात संश्लेषित रबरांनी महत्त्वाची कामगिरी वजावली.

भारताच्या अर्थिक व्यवस्थेत रबर-उद्योगाला महत्त्वाचे स्थान प्राप्त झाले आहे.

दक्षिण अमेरिकेतील एक अजब चीज म्हणून प्रथम परिचय झालेल्या या पदार्थाची अद्ययावत् कुलकथा या पुस्तकात वाचा.



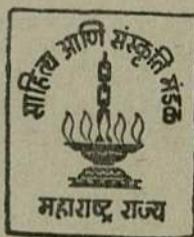
र ब र

नैसर्गिक व संश्लेषित

: लेखक :

डॉ. गो. रा. केळकर

एम्. एस्.सी., पीएच्. डी.



महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृती मंडळ, मुंबई

१९८५

प्रथमावृत्ती : महाराष्ट्र दिन,
१ मे १९८५ (शके १९०७)

प्रकाशक :

स. द्वा. देशमुख
सचिव, महाराष्ट्र राज्य साहित्य
संस्कृती मंडळ, मंत्रालय, मुंबई ३२.

① प्रकाशकाधीन

मुद्रक :

यशवंत गोपाळ जोशी,
आनंद मुद्रणालय,
१५२३ सदाशिव, पुणे ३०.

मूल्य : रु. १८-५०

जानकी - शाम
यांच्या प्रेमल घगुतीक्षा

निवेदन

रवर म्हणजे एका विशिष्ट ज्ञाडाचा चीक. पण या यंत्रयुगातील औद्योगिक विकासाच्या प्रक्रियेत या चिकापासून होणाऱ्या पदार्थाचे अनन्य असे स्थान आहे. रबरावाचून मोठारी, सायकली, विमाने इत्यादिकांना आवश्यक असलेले टायर-टथूब्स तर झाले नसतेच, पण लहानमोठथा यंत्रात लागणाऱ्या अनेक लहान गोटीपण रबराशिवाय होत नाहीत. त्यामुळे मानवसमाजाची एकंदर प्रगतीच रबराशी निगडित झाली आहे. काढी देशांत तर रबराचा रस्ते करण्याकरिता सुद्धा उपयोग करतात. कदाचित् कृत्रिम रबराची व प्लॅस्टिकची उपकरणे आता तयार होऊ लागल्यामुळे नैसर्गिक रबराचा उपयोग थोडाफार कमी होईल. पण रबराचे आजच्या जगातील स्थान पूर्णपणे नाहीसे होऊ शकेल असे दिसत नाही.

मलेशिया हा जगातील सर्वांत अधिक रबर निर्माण करणारा देश. पण आपल्या हिंदुस्थानात सुद्धा केरळ व कोकण या भागात रबराची लागवड होऊ शकते. नव्हे, या दृष्टीने सरकार आणि जनता यांचेपण प्रयत्न सुरु आहेत. या पार्श्वभूमीवर सामान्य माणसाला रबराची ओळख करून देईल असे सोऱ्या भावेत लिहिलेले पुस्तक प्रसिद्ध होणे आवश्यक होते. डॉ. गो. रा. केळकर यांनी हे सर्वांगसुंदर पुस्तक लिहून ही अडचण दूर केली आहे. हे पुस्तक प्रसिद्ध करण्यास मंडळास आनंद होत आहे.

सुरेंद्र बारलिंगे

अध्यक्ष,

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृती मंडळ.

प्रस्तावना

आजकाल प्रत्येक नागरिकाचा कोणत्या ना कोणत्या कारणाने रबराशी दररोज संवंध येतो. सायकलीचे, मोठारगाडीचे, ट्रॅक्टरचे टायर, बुटांचे तळ, बैठकीच्या गाद्या, टेनिसचे चैंड, खोडरवर, शिक्के, बाहुल्या, फुगे इत्यादी वस्तू वरगुती व इतर यंत्रसामग्रीतील कित्येक भाग यांच्या रूपाने रवराने सर्व क्षत्रांत प्रवेश केला आहे.

अशा या सर्वत्र संचार असलेल्या पदार्थाबद्दल कोणासही कुतूहल असणे स्वाभाविक

आहे. रबर हे काय आहे ? ते केव्हा माहीत झाले ? कोठून आले ? त्याच्या वस्तू कशा बनवितात ? यासारखे नाना प्रश्न मनात उभे राहिले तर नवल नाही.

ही जिज्ञासा थोडीफार तरी तृप्त करावी हात हे पुस्तक लिहिण्यात माझा हेतु भाहे.

रबर एका झाडाच्या चिकापासून मिळते हे बहुतेकांस माहीत आहे. हे झाड मूळचे दक्षिण अमेरिकेतील जंगलात वाढणारे. तेथील आदिवासी याच्या चिकाचे चेंडू खेण्यासाठी वापरीत हे प्रथम १५ व्या शतकात कोलंवसाने पाहिले व तेव्हापासून ते युरपला परिचित झाले. तथापि रबराच्या वस्तू बनविण्याचा उद्योग सुरु होण्यास १९ वे शतक उजाडावे लागले, प्रथम कारखान्याना रबराचा पुरवठा जंगलातील झाडांपासून होत असे, पण नंतर त्याच्या लागवडी करण्यात वाल्या.

पहिल्या महायुद्धाच्या कालापासून कृत्रिम रबराचे (संश्लेषित रबराचे) पर्व मुरु झाले. ही रबरे म्हणजे मानवाने कारखान्यात बनविलेले, नैसर्गिक रबरासारखे काही गुणधर्म असणारे पदार्थ होत. नैसर्गिक रबराची हुबेहूब प्रतिकृती बनविण्यातही मनुष्याने त्यानंतर यश मिळविले.

रबरसहज पदार्थ बनविण्याची विद्या मनुष्यास सहजासहजी प्राप्त झाली नाही. प्रथम त्याला नैसर्गिक रबराच्या सूक्ष्मातिसूक्ष्म कणात (रेणूत) कोणती मूळद्रव्ये आहेत व ती एकमेकांस कशा तन्हेने जोडली गेली असल्याने रबराला उपयुक्त गुणधर्म आले आहेत हे शोधून काढावे लागले. कार्बन या मूळद्रव्याचे अनेक अणू एकमेकांस, विशिष्ट पद्धतीने जोडले जाऊन दुव्यांपासून जशी एखादी साखळी बनते तशा तन्हेने झालेल्या लांबच लांब साखळीसारखा रबराचा रेणू आहे हे कळून आल्यावर शाळझांनी सहज उपलब्ध असणाऱ्या कच्च्या मालापासून या साखळीचे दुवे तयार केले व ते एकमेकांस जोडून रबर बनविण्याचे प्रयत्न करून पाहिले. पण ते प्रथम साध्य झाले नाहीत. म्हणून त्यांनी काही पर्यायी योजना आवल्या. त्यांनी साखळीचे दुवे म्हणून वापरण्यासाठी नैसर्गिक रबराच्या रेणूत नसलेले पण त्यांच्याशी साम्य असलेले दुवे बनविले व त्यांच्या साखळाथा बनवून पाहिल्या. तेव्हा त्यांना दिसून आले की अशा कित्येक साखळयांच्या अंगी रबराचे सर्वच्या सर्व उपयुक्त गुण नसले तरी काही गुण असतात. इतकेच नव्हे तर काहीच्या अंगी नैसर्गिक रबरात नसलेले बहुमोल गुण मुद्दा असतात ! उदा. खनिज तेले, रसायने, उच्च तापमान, ओझोन वायू यानी नैसर्गिक रबराची वस्तू लवकर निकामी बनते. पण काही संश्लेषित रबर-प्रकार त्यांच्याशी सांबन्धित दीर्घकाळ ठिकतात. आधुनिक यंत्रसामग्रीतील रबरी भागाना अशा परिस्थितीला तोंड देणे अपरिहार्य असते त्यामुळे संश्लेषित रबरे अशा ठिकाणी नैसर्गिक रबरापेक्षा श्रेष्ठ ठरतात.

नैसर्गिक रबराच्या ऐवजी वापरता येतील असेही काही रबर-प्रकार उपलब्ध झाले

आहेत. त्यापैकी जीआरएस् हा एक रवर-प्रकारच दुसऱ्या महायुद्धाच्या वेळी, जपानने जेव्हा नैसर्गिक रवर-उत्पादक प्रदेशावर ताबा मिळविला त्या वेळी, आपल्या मदतीला घावला. एकंदरीत संश्लेषित रवरांच्या रूपाने बहुमोळ गुणधर्माची अनेक अभिनव द्रव्ये मानवास प्राप्त झाली आहेत व भविष्यकाळात नैसर्गिक व संश्लेषित दोन्ही प्रकारची रवरे मनुष्याला उपयोगी पडणार आहेत. संश्लेषणाने नैसर्गिक रवराची हुवेहूब प्रतिकृती बनविण्यातही यश आले आहे.

संश्लेषणाने रवर बनविण्याच्या प्रयत्नावर, नैसर्गिक रवराच्या किंमतीत वारंवार होणारे चढउतार, रवर ठंचाईमुळे युद्धकाळी निर्माण झालेली घोर चिंता, राष्ट्र-क्षक्षणासाठी आवश्यक असलेल्या या पदार्थाच्या बाबतीत स्वयंपूर्ण होण्याचे काही राष्ट्राचे घोरण आणि शास्त्रज्ञांचे प्रदीर्घ परिश्रम यांचा परिणाम झालेला आहे.

रवराची कुळकथा चिक्कवेधक आणि उद्बोधक आहे. तीमध्ये जनमभर दारिद्र्य भोगून कर्जवाजारी अवस्थेत मरण पावलेल्या चाळूस गुडइयर या संशोधकाची शोकांतिका आहे, शास्त्रीय निकर्षाची गुंतागुंत आहे व उलगडाही आहे, प्रतिकूल परिस्थितीला तोंड देत चिकाटीने केलेले परिश्रम आहेत आणि इष्ट साध्य झाल्याचे समाधान पण आहे, नित्याच्या व्यवहारातील एखाद्या सामान्य पदार्थामागे किती इतिहास असू शकतो याचे ही कथा एक उदाहरण आहे. वाचकांपुढे ही माहिती सोप्या भाषेत मोळण्याचा मी यथामति प्रयत्न केला आहे, तो त्यांना आवडेल अशी आशा आहे.

मानवी प्रयत्नांनी रवरसदृश पदार्थ बनविण्याचे कार्य शास्त्रीय स्वरूपाचे आहे. त्याचे आकलन होण्यास कार्बनी रसायनशास्त्राची मूलतत्वे माहीत असणे आवश्यक आहे. तथापि सर्व वाचकांची तितकी पूर्वतयारी असेल असे मी गृहीत धरलेले नाही. विवेचन करताना जेथे जेथे शास्त्रीय तत्त्वांचा संवंध आला आहे तेथेच ती विशद करून सांगितली आहेत. याशिवाय 'रसायनशास्त्राचा थोडक्यात परिचय' हे परिशिष्टद्वी पुस्तकास जोडले आहे. रसायनशास्त्राशी ज्यांचा पूर्वी फारसा संवंध आला नसेल अशा वाचकांनी ते प्रथम वाचणे फायद्याचे होईल.

रवरांचे उत्पादन आणि रवरी वस्तूंची निर्मिती यांना औद्योगिक क्षेत्रात महत्त्वाचे स्थान असे. त्या दृष्टीने भारताची परिस्थिती काय आहे याची कल्पना पुस्तकातील माहिती-वरून येईल.

हे पुस्तक शास्त्रज्ञ व तंत्रज्ञ यांच्याकरिता लिहिलेले नाही हे उघड आहे. तथापि कित्येकदा असे होते की एखाद्या क्षेत्रातील जाणकारास, दुसऱ्या क्षेत्रातील सर्वसामान्य माहितीही, त्याच्या स्वतःच्या क्षेत्रातील प्रभावांच्या संदर्भात उपकारक ठरते. त्या दृष्टीने या पुस्तकाचा उपयोग होण्याचा संभव आहे.

रवरविषयक घडमोर्डीचे क्षेत्र सतत प्रगत होत चालले आहे. त्यामुळे किंतु वार्षीची या पुस्तकात हवी होती अशी माहिती राहून गेली असप्पाची शक्यता आहे. परंतु पुस्तकाची मर्यादित पृष्ठसंख्या लक्षात घेऊन मला काढी काटछाट करावी लागली आहे हे वाचक लक्षात घेतील अशी आशा आहे.

पुस्तक निर्दोष व्हावे या दृष्टीने शक्य ती सर्व काळजी घेतली असली तरी अनवधानाने काही चुटी राहून गेल्या असतील याची मला जाणीव आहे. वाचकांनी त्या माझ्या नजरेस आणून दिल्यास मी त्यांचा फार आभारी होईन.

पुस्तकाची तयारी करताना अनेक इष्टमित्रांनी मला बहुमोल सहाय्य केले. त्यांचा क्रृष्णनिर्देश करणे हे माझे कर्तव्यच आहे.

नेशनल केमिकल लैंबोरेटरीतील माझे एका वेळचे सहकारी शास्त्रज्ञ डॉ. एन. डी. घाटगे यांच्याशी मी अनेकदा मजकुरावद्दल चर्चा केली. त्यावेळी त्यांनी मला ज्या सूचना केल्या त्यावद्दल त्यांचे आभार मानावे तितके थोडेच आहेत.

माझे मित्र श्री. वा. शं. आपटे, श्री. श्री. ग. वेडेकर, श्री. अ. ना. ठाकूर यांनी हस्तलिखित वाचून पाहिले व सुधारणा सुचविल्या त्यावद्दल मी त्यांचाही फार क्रृष्णी आहे. डॉ. सी. जी. जोशी यांनी किंतु संदर्भ ग्रंथ मला वाचावयास दिले. त्यामुळे माझे काम पुष्कळ सोपे झाले त्यावद्दल मी त्यांचा आभारी आहे.

ऑल इंडिया रवर इंडस्ट्रीज अॅसोसिएशन, मुंबई, व रवर इन्स्टिट्यूट ऑफ इंडिया कोट्टाराव, या संस्थांनी रवर उत्पादनाचे आकडे व इतर माहिती मला पुरविली. या संस्थांच्या संचालकांचे मी त्यावद्दल आभार मानतो.

पुस्तकातील आकृती चित्रकार श्री. भाऊराव खरे यांनी तयार करून दिल्या, तसेच माझे मित्र श्री. मुकुंदराव जोगलेकर यांनी काही आकृतींसाठी सहाय्य केले त्यावद्दल त्यांचाही मी आभारी आहे.

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृती मंडळाचे अध्यक्ष डॉ. सुरेंद्र वारलिंगे आणि सचिव श्री. सु. द्वा. देशमुख, तसेच मंडळाच्या वाहमय प्रकल्प विभागाचे मानसेवी संपादक डॉ. वा. ना. कुवेर यांनी पुस्तकाच्या संवंधात जी आस्था दाखविली आणि अनेक अडचणींना तोंड देऊन पुस्तक लवकर प्रसिद्ध व्हावे म्हणून परिश्रम केले त्यावद्दल त्यांचा मी अत्यंत क्रृष्णी आहे.

आनंद मुद्रणालयाचे श्री. दादासाहेब जोशी यांनी पुस्तकाच्या छपाईच्या संवं धात मला बहुमोल सहाय्य केले आहे. त्यावद्दल त्यांना माझे अनेक धन्यवाद,

अनुक्रमणिका

प्रकरण १. आधुनिक जग व रबर	१
प्रकरण २. कच्चे रबर	९
प्रकरण ३. रवराच्या धंद्याचा इतिहास	२२
प्रकरण ४. रवराच्या वस्तू कशा बनवितात ?	३९
प्रकरण ५. रवराचे विज्ञान व पुनःप्राप्ति रबर	५८
प्रकरण ६. संश्लेषित रबरे	७९
प्रकरण ७. भवितव्य	१००
काही संदर्भ ग्रंथ	१०३
परिशिष्ट १. रसायनशास्त्राचा थोडक्यात परिचय	१०४
,, २. पारिभाषिक शब्दसूची-मराठी-इंग्रजी	११५
,, ३. „ „ „ इंग्रजी-मराठी	१२२
,, ४. सामान्य सूची	१२५
शुद्धिपत्र	१२९

* * *

प्रकरण १

आधुनिक जग व रबर

आजच्या नागरिकाळा प्रवास, आरोग्य, शिक्षण, करमणूक या क्षेत्रांतच नव्हे तर द्यावसायिक आणि घरगुती जीवनात सुद्धा कितीतरी मुख्सोंची उपलब्ध आहेत. या मुख्सोंची साधनेही नाना प्रकारची आहेत. काही लाहान, काही मोठी, काही साधीमुंची तर काही गुंतागुंतीच्या रचना असलेली. काही स्वस्त तर काही महागडी. पण असे असले तरी, यांपैकी बन्याच साधनांत एक गोष्ट मात्र समान आहे. ती म्हणजे त्यांच्या बनावटीत कोठे ना कोठे तरी रबर वापरलेले असते; मग ते नैसर्गिक असो किंवा मानव-निर्मित म्हणजेच संशेषित असो. काही साधनांत त्याचा वापर सहज दिसून येतो; पण काही ठिकाणी तो इतका झाकला गेलेला असतो की, मुद्दाम दाखवून दिल्याखेरीज ध्यानात येत नाही.

प्रवासाची साधने

जागजागी खाचखळगे आणि दगडगोटे यांनी भरलेला खेडगातील रस्ता असला, तरी सायकलीचा प्रवास, लोखंडी धावा असलेल्या बैलगाडीच्या प्रवासापेक्षा कितीतरी मुख्स-कर होतो. याचे एक मुख्य कारण सायकलीच्या चाकांना वसविलेल्या हवेने भरलेल्या पोकळ रबरी धावा हे होय. अलीकडे बैलगाड्यांच्या चाकांनाही प्रयोगादाखल रबरी धावा वसविल्या जात आहेत. या मुधारणेने खडखळाठ होत नाही. रस्त्याची नासधूस टलते आणि थोड्या श्रमात जास्त मालाची वाहतूक करता येते, असे दिसून आले आहे. मोटार सायकली, मोटारी, वसेस, ट्रॅक्टर यांच्याही चाकांना रबरी धावा लागतातच. त्याशिवाय त्यांच्या योंत्रिक थोजनांमध्ये मुद्दा किंवेक ठिकाणी रबर वापरलेले असते. नळवा म्हणून, विजेच्या तारांवरील आवरण म्हणून, वॉशर किंवा गास्केट म्हणून अथवा एका फिरत्या चाकांच्या योगाने दुसरे चाक फिरते करण्यासाठी पढा (चालक पट्टा) म्हणून रबर उपयोगात आणलेले असते. अशा प्रवासी वाहनात बसून तासन् तास प्रवास केला, तरी शीण होत र....?

नाही. याचे एक कारण त्यांच्या मऊ व आरामशीर बैठकी हेही आहे. त्यामध्ये कापूस किंवा काठ्या भरलेला नसतो; त्या सचिन्द्र रबरांच्या (फौम) बनविलेल्या असतात.

गाढीत कापूस किंवा काठ्या असला तर, गाढी काही दिवस वापरल्यावर तो सर्वच सारख्या प्रमाणात रहात नाही. जागजागी जमा हेतो आणि लवकरच गाढी गाठल-गुठल व टणक होते. सचिन्द्र रबरांच्या गाठांचे तसे नाही. त्या दीर्घकाळ जशांच्या तशा मऊ राहतात.

आगगाडीच्या यंत्रसामग्रीत ब्रेकांकरिता लागणाऱ्या नळव्या, पंख्यांच्या बैठकी, स्लिडक्यांची टेकणे इ. कित्येक ठिकाणी रबर वापरलेले असते.

विमानांच्या यंत्रांमध्ये सुद्धा, नियंत्रण करण्यांच्या योजनांचे दांडे, मुठी व चक्रे यांमध्ये रबराचा उपयोग करावा लागतो. विमानांच्या तळभागी अंथरलेली बिढायत आणि संकटकाळी जीव बचावण्यासाठी वापरावयाचे 'लाइफ जॅकेट' यामध्येही रबर वापरलेले असते.

कारखाने आणि रबर

कारखाना कोणताही असला, तरी त्यात थोडीकार यंत्रसामग्री असतेच. यांत्रिक योजनांमध्ये चाकांना गती पोचविण्यासाठी लागणारे चालक पटे वापरावे लागतात. कार्यक्षम आणि सोयिस्कर म्हणून प्रसिद्ध असलेल्या 'बही बेल्ट' नावांच्या अशा अखंड पटव्यांकरिता कितीतरी रबर वापरले जाते. कित्येक ठिकाणी मालाची वाहतूक करण्याकरिता वाहक पटे उपयोगी पडतात. त्यांच्या बनावटीत रबर असते. विशेष तऱ्हेचे उत्पादन करणाऱ्या काही कारखान्यात रबरी रुळ व तक्ते उपयोगी पडतात. तसेच हादरे वसू नयेत म्हणून यंत्रांच्या बैठकीसाठी रबर वापरतात. कारण हादरे वसल्याने इमारती कमजोर होतात आणि यंत्रांचीही झीज होते. रंग, रोगणे, औषधे व विविध रसायने बनविण्यांच्या कारखान्यांतील विक्रिया प्रवृत्तियांच्या पांत्रांना आवून रबराचे विलेपन केलेले असते. त्यामुळे पात्रावर रसायनांचा अनिष्ट परिणाम होत नाही. कामगारांनाही सुरक्षिततेसाठी रबरी बूळ, हातमोजे व आंगरखे दिलेले असतात.

बोगदे खोदणे आणि पाठ-वंधारे व काळवे वांधणे या व्यवसायात खोदढं करताना जी दगडमाती निश्चते ती त्वरेने दूर नेऊन टाकण्यासाठी सुद्धा वाहक पटे उपयोगी पडतात. अमेरिकेतील प्रसिद्ध शास्त्रा धरण वांधताना इ. स. १९४० मध्ये अशा पटव्यांनी दगडमाती पंधरा-सोळा कि. मीटर दूर वाहून नेण्यात आली. आपल्याकडे ही बोकेरो येथील पोलाड उत्पादन, नेहेली येथील लिंगनाइटांच्या खाणी आणि इतर ठिकाणचे सीमेंट, खते इत्यादीचे कारखाने यात चुनखडी, कोळसा व इतर खनिजांची ने-आण अलीकडे वाहक पटव्यांनी केली जाते. छापखान्यात टाइपांना शाई लावण्यासाठी रबरी रुळ व प्रतिरूप मुद्रण

प्रकारामध्ये (ऑफसेट प्रिंटिंगसाठी) रवराचा लवचीक तक्ता (ब्लॅकेट) आवश्यक असतो.

आरोग्य आणि रवर

आरोग्य-रक्षणासाठी आणि रोग-निवारण्यासाठी जी विविध साधने वापरली जातात त्यामध्येही रवराला स्थान आहे. नाकात, डोळयात किंवा कानात औषधाचे मोजके थेंब टाकण्यासाठी वापरण्याच्या नळीचा छोटा फुगा, स्टेंथॉस्कोपच्या नळया, रक्तदाव मोज-पण्याच्या उपकरणातील हवा भरण्याचा फुगा व दंडाला लपेटण्याचा पोकळ पटा, डोक्यावर बर्फ ठेवण्याची आणि गरम पाण्याने अंग शेकण्याची पिशवी ही रवराच्या उपयोगाची सामान्य उंदाहरण होत. याशिवाय शस्त्रक्रिया करताना वापरावयाचे हातमोजे, रोग्याला भूल देण्यासाठी वापरावयाच्या उपकरणाच्या नळया व तोंडावर वसविण्याची ;ठीपी, मूत्रो-त्सर्ग सुसाध्य करण्यासाठी उपयोगी पडणाऱ्या बारीक नळया (केंथेटर) रवराच्या असतात. जखमा वांधण्याच्या ताणल्या जाणाऱ्या पट्ट्या, पाठीच्या कण्याला आधार देण्याचे, तसेच अंतर्गळासाठी उपयोगी पटे आणि अंगांसाठी कृत्रिम अवयव व इतर साधने यांच्या बनावटीत रवर वापरलेले असते. रुग्णाचे अंशरुण ओले होऊ नये म्हणून पसरावयाच्या चादरी, निंजतुक करता येतील असे विढाने, कुटुंब-नियोजनाची साधने, हृदयाच्या झडपा व कृत्रिम रक्तवाहिन्या यांसाठीही रवर उपयोगी पडते.

क्रीडासाहित्यात रवर

टेनिसचे चेंडू, तसेच फुटबॉल, बॉस्केट बॉल, व्हालिंबॉल यांमधील हवा भरण्याच्या पिशव्या, खेळाडूंच्या बुटांचे तळ, क्रिकेट खेळाडूंचे हातमोजे यांसाठी रवर लागते. बिलियर्डच्या टेबलाला आतील वाजने रवराचे अस्तर असते. लहान मुलांच्या खेळण्यात चिन्न-चिचिन्न रंगाचे व विविध आकारांचे फुगे, वाहुल्या, प्राणी व पक्षी यांची चित्रे यांच्या रूपाने रवर वावरत असते.

आपले घर व रवर

आपल्या घरात बैठकीच्या दिवाणखान्यापासून येट स्वयंपाकघरापर्यंत निरनिराळ्या उपयुक्त वस्तूंच्या रूपात रवर उपस्थित असते. गुलगुळीत, मुशीभित लादीला, खुर्च्या, टेबले सरकविताना चरे पडू नयेत म्हणून व आवाज होऊ नये म्हणून, त्यांच्या पायांना आपण रवरी टोपणे वसवितो. वसण्याच्या व झोपण्याच्या गांदींसाठी सचिन्द्र रवर आपण पसंत करतो. स्वयंपाक घरात शेगडीला गेस-पुरवठा करणारी नळी रवराची असते प्रेशर-कुकरच्या झाकण्याच्या आतील कडे (रिंग) व सेपटी व्हालव्ह साठी वापरलेली गुंडी, मिक्सर व दिवे यांच्या विद्युतवाहक तारांवर असलेले आवरण, शीतकपाटाचे दार घड वसावे

म्हणून दरवाज्याला चिकटविलेले अस्तर, रबरी चपला व बागेला पाणी देण्याची नळी ही रबराच्या घरगुती उपयोगाची काही ठळक उदाहरणे होत.

शाळा-कॉलेजे-कच्चेन्या यात रबर

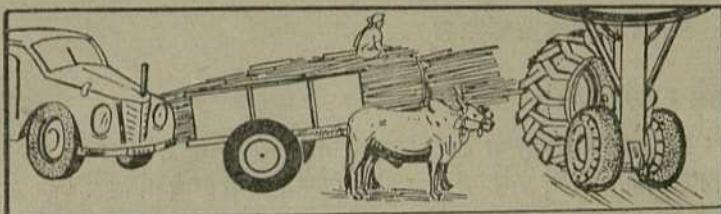
लहानमोठ्या संस्थांच्या कच्चेन्या, शाळा, कॉलेजे, बँका, दुकाने यांचे व्यवहारही रबरावाचन अडून राहतील. मजकूर खोडण्यासाठी जसे ते लागते तसेच पेनमध्ये शाई भरण्याच्या नळीच्या फुर्यासाठीही. पत्राला किंवा पावतीला चिकटविण्याच्या तिकिटाला पाणी लावणे सोपे व्यावे म्हणन वापरतात तो 'स्पंजाचा' तुकडा वास्तविक रबराचा असतो, रबरी शिक्के म्हणून, टंकयंत्राचे रुल म्हणन आणि अनेक विस्कलित वस्तूना एकत्र घरून ठेवणारे 'रबर-वैड' योच्या रूपाने रबर येथे अप्रतिम कामगिरी बजावीत असते.

युद्ध-तंत्रातही रबर

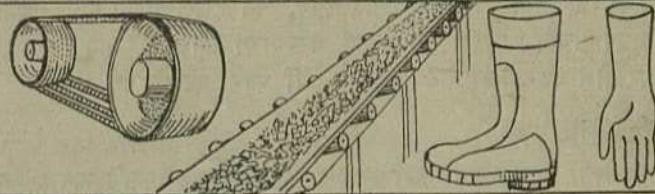
आधुनिक युद्ध-तंत्रात रबर हा एक अत्यावश्यक पदार्थ झाला आहे, प्रत्येक तीस टनी रणगाड्याला सुमारे एक टन व युद्धनाऱ्याकेला सत्तर टन इतके रबर निरनिराळ्या ठिकाणी मिळून लागते, काही युद्धोपयोगी विमानांच्या इंधन-टाकवानां गोळी लागली तरी हानी होऊ नये अशी योजना असते, त्यासाठी रबर आवश्यक असते व याशिवाय संदेश पाठविण्याच्या सधनांत, सैनिकांच्या पावसाळी कोटासाठी, युद्धसाहित्य भिजू नये म्हणन वापराव्याच्या ताडपऱ्यासाठी, विषारी वायंपासून रक्षण व्यावे म्हणन वापराव्याच्या मुख्यवटांकरिता, तरंगत्या पुलाकरिता, धडीच्या नौकासाठी, आग विघ्नविण्याच्या साधनांमध्ये आणि शत्रूंच्या विमानांना अडथळा न्हावा म्हणून युद्धकाळी करतात त्या हवाई टटबंदीसाठी अशी नाना प्रकारे आधुनिक सैन्याला रबराची गरज पदोपदी लागते. याशिवाय दारूगोळा, अज, कपडे, औषधे इत्यादींचा पुरवठा करणाऱ्या लळकरी मोठारगाड्यांच्या रबरी धावांसाठी ते लागते ते निगळेच.

डिंक किंवा सरसासारखा रबराचा उपयोग

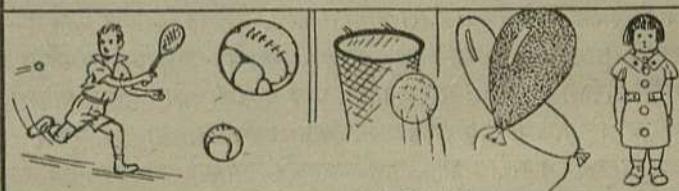
आतापर्यंत रबरापासून बनणाऱ्या वस्तूंचा आपण विचार केला परंतु कित्येक वस्तूंचे भाग जोडण्यासाठी किंवा मोडलेली वस्तू सौधण्याकरिता किंवा वस्तूला पडलेले भोक ठिगळ्यावून बुजविण्याकरिता उपयोगी पडतील अशी द्रावणेही रबरापासून बनवितात. सायकलचे पंकचर दुरुस्त करण्यासाठी वापरतात ते रबर-सोल्यूशन हे यांचे एक उदाहरण होय. अशीच आणखीही काही महस्त्वाची रबर-द्रावणे उपलब्ध आहेत. घराच्या भिती वर्गीरेना लावण्याचे काही विलेपन-रंग बनविण्यासाठीही रबराचा चीक वापरतात



वाहन्तूक



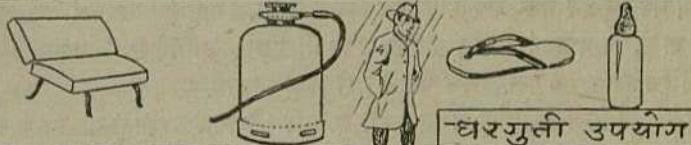
काररवाने



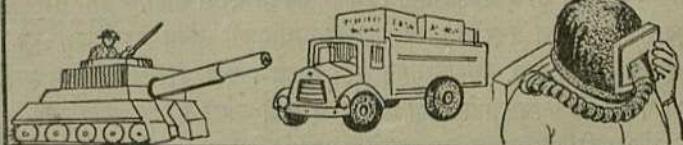
क्रीडा



रुग्णोपचार



धरणी उपयोग



युद्ध सामग्री

आकृती १ : रवराचे विविध उपयोग.

मृदू तसेच कठीण

व्यवहारात आढळणाऱ्या रवरी वस्तू बहुतोशी मृदू असतात पण रवर मृदू वस्तूं करिताच उपयोगी असते, असे माश नाही. कच्च्या रवरामध्ये योग्य प्रमाणात गंधक मिसळले, तर एक लाकडासारखा कठीण रवरप्रकार मिळतो. त्याला एवोनाइट, व्हल्कनाइट किंवा हार्ड रवर म्हणतात. त्यापासून फण्या, कंगवे, अनेक वस्तूंकरिता मुठी, गुंडवा, लहान-मोठे दाढे, धूप्रपानाच्या 'पाइप' चा तोंडात धरण्याचा भाग ह. अनेक वस्तू बनविता येतात. मोटारीतील बॅटन्यांच्या पेटबांसाठी ते पूर्वी फार वापरले जाई.

रवर इतके उपयोगी का ?

रवर इतक्या वेगवेगळ्या प्रकारे आपल्या उपयोगी पडते त्याचे कारण अनेक गुण त्याच्या अंगी एकत्र वसत आहेत, हे हीय.

रवराची पातळ पट्टी किंवा रवरी धागा ताणला, तर तो अनेकपट लांब होतो आणि ताण सोडला की, तावडतोब पूर्ववत आखूड होतो. रवरी चेंडु जमिनीवर आपटला तर उंच उडतो. रवरी ठोकळा दाबला, तर दबतो व दाब काढला की, पुन्हा पहिल्यासारखा होतो. या गुणाला स्थितिस्थापकता किंवा प्रत्यास्थात म्हणतात. या गुणामुळेच चाकाना वसविण्याच्या पोकळ व भरीव धावा, ताणले जाणारे कमरपट्टे, गार्टसे इत्यादीसाठी रवर उपयोगी पडते.

रवराचा रुळ किंवा कांब वाकविल्यास वाकते. लाकडासारखी मोडत नाही. कारण ती नमणारी असते. शिवाय ती बळकट असते, आघात सोसते व वजन पेलू शकते आणि सहजासहजी कापलीही जात नाही.

रवराच्या पडद्यातून हवा किंवा पाणी अरपार जाऊ शकत नाही. रवर पाण्याने कुजत नाही; उकळत्या पाण्यातही विरघळून जात नाही व कडाक्याच्या थंडीतही तडकत नाही.

ते घर्षण सहन करू शकते. लवकर डिजत नाही. त्यामुळेच सायकलीचे ब्रेक, मोटारीच्या धावा, पादवाणाचे तळ यांसाठी उपयोगी पडते. हा घर्षणरोध तापमान ०° से. खाली गेले किंवा १००° से. इतके वाढले तरी टिकू शकतो.

रवरातून विजेचा प्रवाह वाहत नाही. त्यामुळे वीजवाहक धातूच्या तारावर त्याचे आवरण असले म्हणजे तारा हातालताना विजेचा धक्का वसत नाही. अशा तारा घरगुती विशुत-उपकरणात आपण दररोज वापरतो. विशुतप्रवाहाशी संबंध असलेल्या दुरुस्तीच्या कामात वापरावयाची हत्यारे रवरविलेपित मुठी वसून वापरण्यास विनधोक वनविलेली असतात. अलीकडे या कामासाठी काही प्लॅस्टिकांचाही वापर होऊ लागला आहे.

रवर कोणताही रंग धारण करू शकते. त्यामुळे पांढऱ्या शुभ्र किंवा वाटेल त्या आकर्षक रंगच्छटाच्या रवरी वस्तू बनू शकतात.

रवर विषारी नाही. रवराची खोलणी मुलांनी तोडत घातली, तरी अपाय संभवत नाही. सावणाने धुऱ्यान किंवा पाण्यात उकळून रवरी वस्तू स्वच्छ करता येते. मुलांना दूध पाजण्याच्या बाटल्यासाठी रवरी तुच्ये वापरता येतात ती त्यामुळेच.

रवरात उपजत्र असलेले हे गुण त्यामध्ये योग्य पदार्थाची भर घालून वाढविता येतात, हेही त्याचे एक वैशिष्ट्य आहे.

तथापि नैसर्गिक रवराच्या अंगी काही दोषही आहेत. पेट्रोल, रॉकेल इत्यादी पदार्थाच्या सांबित्रत ते फुगते; तसेच प्रखर ऊन, ओक्सिजन व ओझोन वायू यांच्या योगाने ते लवकर खराब होते. आधुनिक काळात मनुष्याने रासायनिक क्रियांनी अनेक रवर-सदृश पदार्थ किंवा संश्लेषित रवरे बनविली आहेत. त्यापैकी काही ह्या दोषांपासून मुक्त आहेत. त्यामुळे रवराच्या उपयोगाचे क्षेत्र आणखी विस्तृत झाले आहे.

वस्तू बनविण्याच्या प्रक्रिया

सोप्या प्रक्रियांनी रवराच्या वस्तू बनविता येतात, हेही रवराचे आणखी एक वैशिष्ट्य आहे.

कच्चे रवर (नैसर्गिक किंवा संश्लेषित) आणि योग्य ते इतर पदार्थ याचे एकजीव भिश्रण करून ते सांच्यात भरले आणि त्याला पुरेसा दाव व ऊर्णता दिली म्हणजे बहुसंख्य रवरी वस्तू बनतात. काही वस्तू बनविण्यासाठी चकल्या किंवा शेव करण्यासाठी आपण वापरतो तशी सोन्यासारखी यंत्रसामग्री वापरतात. नळथा, रुळ व रवराचे आवरण असलेली धातूची तार या तन्हेने बनवितात. रवर-मिश्रण रुळांनी लाटून रवरी तक्तेही सुलभतेने त्यार करता येतात.

सुतार करतात त्याप्रमाणे, हस्यारे वापरून प्रथम वस्तूचे भाग वेगवेगळे बनवून घेणे व नंतर ते एकमेकांस जोडून पूर्ण वस्तू तयार करणे यापेक्षा सांच्यांचा उपयोग करून वस्तू बनविणे सोपे आणि फायद्याचे असते. एकदा वस्तूचा साचा बनविला की, एकासारख्या एक अनेक वस्तू कमी श्रमात व कमी वेळात बनविता येतात. त्यामुळे मोठा खप असलेल्या वस्तू सांच्यांच्या कृतीने बनविल्यास फार स्वस्त पडतात. म्हणून सांच्याने बनविता येतील अशा अनेक वस्तू रवराच्या बनवितात.

संश्लेषित रवरे

नैसर्गिक रवर एका झाडाच्या चिकापासून मिळते. रवरासारखे गुणधर्म असणारे काही पदार्थ कारखान्यातही बनविता येतात. त्यांना 'संश्लेषित रवरे' ही संज्ञा लावतात तथापि ही संज्ञा योडी र दोष आहे. कारण मानवी प्रयत्नांनी केलेली नैसर्गिक रवराची प्रतिकृती म्हणजे संश्लेषित रवर. असा एकच पदार्थ असणार हे उघड आहे. संश्लेषित रवरे

या शब्दप्रयोगाने असे अनेक पदार्थ आहेत हे ध्वनित होते व त्यामुळे गैरसमज होतो.

रवराची प्रतिकृती बनविण्याच्या संदर्भात रवराच्या रेणूची साप्त्य असलेले कित्येक पदार्थ बनविण्यात आले. त्यापैकी अनेकांच्या अंगी रवराचे काही गुणधर्म कमजास्त प्रमाणात आहेत, असे आढळून आल्यामुळे त्याना संश्लेषित रवरे हे नाव देण्यात आले व ते रुढ होऊन वसले आहे. म्हणून अर्थ स्पष्ट व्हावा यासाठी मानवी प्रवत्तनानी बनविलेल्या नैसर्गिक रवराच्या हुवेहूव प्रतिकृतीचा उल्लेख संश्लेषित नैसर्गिक रवर असा केला जातो.

वास्तविक या इतर पदार्थांना रवर-सटू पदार्थ म्हणणे जास्त सयुक्तिक झाले असते. कारण नैसर्गिक रवराच्या रेणूची जडणघडण आणि या पदार्थांच्या रेणूची जडणघडण यांमध्ये सारखेपणा आहे; पण एकरूपता नाही. रवराचे गुणधर्म असणाऱ्या सर्व पदार्थांना लावण्यासाठी 'प्रत्यास्थ वारिके' ही संशा सुचविण्यात आली आहे. या संज्ञेनुसार नैसर्गिक रवर हे नैसर्गिक प्रत्यास्थ वारिक आणि मानवनिर्मित रवर-सटू पदार्थ म्हणजे संश्लेषित प्रत्यास्थ वारिके होत. ही संशा समर्पक असून शास्त्रीय विवेचनात वापरलीही जाते.

दुसऱ्या महायुद्धापासून संश्लेषित रवराचे उत्पादन मोठ्या प्रमाणावर होऊ लागले आहे. त्यांचा उपयोग नैसर्गिक रवरांबरोवर व कित्येक ठिकाणी त्याच्याएवजी केला जाऊ लागला आहे.

नैसर्गिक व संश्लेषित रवरांच्या मिळून तीस हजाराहून जास्त वस्तू आजच्या सुधार-लेल्या जगाला लागतात. दिवसेदिवस रवरांचे नवीन उपयोगही माहीत होत आहेत व त्यामुळे ही संख्याही वाढत आहे.

रवराचा सर्वांत जास्त उपयोग (सुमारे ६० टक्के) ठायर बनविण्यासाठी होतो. त्याच्या खालोखाल ते अनुक्रमे पादत्राणांचे तल व ठाचा, नळ व नळथा, द्रावणे, बिढायती, सच्चिद्र रवर, चालक व वाहक पट्टे, विलेपने, एवोनाहट व वैद्यकीय वस्तू यांच्या उत्पादनात वापरले जाते.

रवराच्या उपयोगाचे सर्वोच्च प्रमाण अमेरिकेत असून ते पूर्व यूरप, जपान, चीन, पूर्व जर्मनी व भारत या क्रमाने उतरत जाते.

पूर्वेकडील विकसनशील देशात नैसर्गिक रवराचे उत्पादन वाढण्यास पुक्कल वाव आहे परंतु जगतिक गरज भागवील इतके नैसर्गिक रवर आज उपलब्ध नाही. त्यामुळे नैसर्गिक व संश्लेषित रवरे यांचे उत्पादन चालूच राहील. संश्लेषित रवरे नैसर्गिक रवरावर मात करतील व त्याला नामशेष करतील असे म्हणता येत नाही.

प्रकरण २

कच्चे रबर

वस्तु वनविण्यासाठी जे रबर वापरले जाते त्याला कच्चे रबर म्हणतात. हे दोन प्रकारचे असते. नैसर्गिक व संश्लेषित. कच्चे नैसर्गिक रबर एका झाडाच्या चिकापासून मिळते व कच्चे संश्लेषित रबर रासायनिक विकियांनी कारखान्यात वनवितात हे मागे आलेच आहे.

कच्च्या रबरांमध्ये अनेक पदार्थ मिसळून केलेल्या मिश्रणावर विविध प्रक्रिया करून रबरी वस्तु वनविली जाते. या प्रक्रियांमुळे कच्चा रबरात बदल होतो व त्यामुळे आवश्यक गुणधर्म असलेली वस्तु निर्माण होते.

कच्चे नैसर्गिक रबर

झड्यांच्या झाडाचे पान किंवा शेराची फांदी तोडली तर त्यामधून पांढरा चीक निघू लागतो हे सर्वांच्या परिचयाचे आहे. तसाच पण मुबलक चीक कित्येक झाडांपासून मिळतो. दक्षिण अमेरिकेतील हेविया ब्राजीलिएन्सिस (Hevea brasiliensis), मॅनिहोट ग्लॅझिओव्ही (Manihot glaziovii), कॅस्टिलोआ इलॅस्टिका (Castilloa elastica), आफ्रिकेतील लॅंडोलिफ्या (Landolphia), खवायूल (Parthenium argentatum), फिक्स इलॅस्टिका (Ficus elastica) व रशियातील कॉकसाशीज (Taraxacum koksaghiz) ही अशा झाडांपैकी प्रमुख होते.

इतिहास

दक्षिण अमेरिकेत तद्देशीय लोक पंधराब्या शतकात रानातील अशा झाडांचा चीक काढून तो चट्या आणि टोपल्या यांना लावून त्या जलाभेद करण्यासाठी, तसेच काही वस्तु वनविण्यासाठी सुद्धा तो वापरीत. ह्या झाडांपैकी हेविया ब्राजीलिएन्सिस हे चीक काढण्याच्या दृष्टीने किफायतशीर आहे, असे दिसून आल्यावरून एकोणिसांव्या शतकात

त्याच्या लागवडी करण्यात आल्या. सध्या आपणास मिळणारे सर्व रवर त्यापासूनच काढतात. झाडाच्या खोडाला चीर पाढली, तर जो चीक निघू लागतो तो म्हणजे जणु काय झाडाच्या लाकडाच्या डोळयातून गळणारे अश्रुविंदूच आहेत अशा समजूतीने दक्षिण अमेरिकेतील आदिवासी त्याला 'काहचू' म्हणजे 'रडणारे लाकूड' असे म्हणत. त्याबरून पूर्वी रवराचा उहेल 'काउचुक' (Caoutchouc) असा केला जाई.

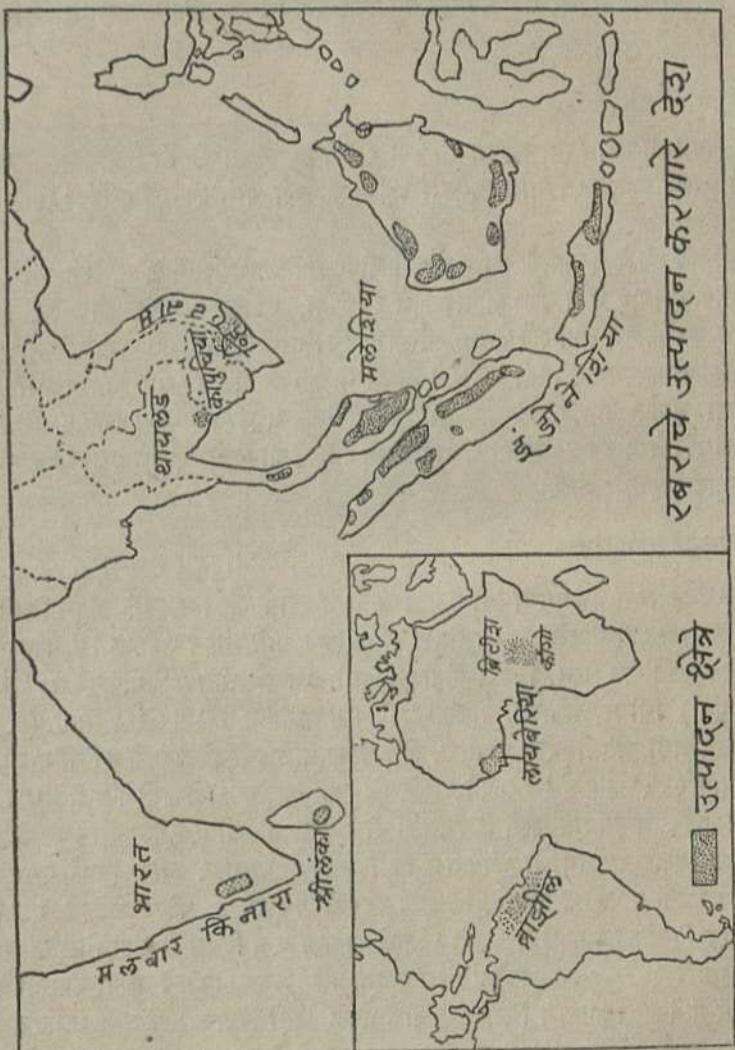
चीक वाळविला म्हणजे एक घन पदार्थ मिळतो. शिसपेन्सिलने लिहिलेल्या मज्जुकुरावर तो वासला म्हणजे मज्जूर पुसला जातो असे प्रिसिद्ध संशोधक जोसेफ प्रीस्टले यांना इ. स. १७७० मध्ये दिसून आले. त्याबरून त्यांनी त्याला 'रवर' हे नाव दिले व तेच रुढ आले. त्याकाळी ते सुलभ व स्वस्त नव्हते. अर्धा इंच (१.२५ सेमी.) उचीच्या घनाकार तुकड्याला ३ शिलिंग पडत! ते वेस्ट इंडीजमधून आयात होई म्हणून त्याला इंडिया रवर म्हणत.

हेविया ब्राझीलिएन्सिस हे झाड दक्षिण अमेरिकेतील ऑमेझॉन नदीच्या खोन्यातील जंगलात अनेक ठिकाणी आढळते. ते एक उंच, सरळ वाढणारे व दीर्घीय झाड असून सुमारे २० मीटर इतके उंच होऊ शकते, त्याच्या बुंध्याचा घेर क्वचित २ मीटर इतका मोठा होऊ शकतो.

विषुववृत्ताच्या दोन्ही वार्जूस सुमारे १५° अक्षांशात असलेल्या प्रदेशात ही झाडे चांगली (आकृती २ नकाशा) वाढतात, पण या अक्षांशाच्या पलिकडे असलेल्या प्रदेशातही ही झाडे वाढविणे आता शक्य झाले आहे. फार रेताड नाही व फार चिकणही नाही अशी व पाण्याचा निचरा होणारी जमीन, २०० सेमी. च्या आसपास पाऊस, २५°-३५° से. इतके तापमान, दमट हवा आणि समुद्रसाठीपासून सुमारे ३०० मीटरपेक्षा कमी उंची अशी स्वाभाविक परिस्थिती असली म्हणजे या झाडांची वाढ चांगली होते.

पूर्वी जंगलात इतस्तत: वाढलेल्या झाडांचा चीक जमा करीत व नावेच्या वल्हा-सारखा दांडा त्यात त्रुडवून तो लाकडे पेटवून केलेल्या भुरात धरीत, त्यामुळे दांड्याला चिकटून आलेला चीक घट होई व त्यातील पाण्याचा अंश निघून जाऊन घन रवराचा थर दांड्यावर वसे. पुनःपुनः चीक त्या दांड्यावर वेऊन ही क्रिया केली म्हणजे रवराचा एक गडा जमे, तो कापून दांड्यापासून सोडवीत व रवाना करीत. त्याचप्रमाणे ते ओल्या मातीपासून भरीव बाटल्याचे आकार बनवीत व वाळविल्यावर त्यांना चीक फासून तो वरील प्रमाणे वाळवीत. नंतर पाण्याने मातीचा आकार विरघळून टाकीत व तयार झालेल्या रवरी बाटल्या कच्चे रवर म्हणून रवाना करीत. असे रवर पैरा या वंद्रातून नियंती होई म्हणून त्याला 'हार्ड फाइन पैरा' असे म्हणत.

इ. स. १८७८ मध्ये प्रथम पूर्वेकडील देशात रवराच्या लागवडी करण्यात आल्या, या कामात लंडनमधील इंडिया ऑफिसने पुढाकार घेतला. लागवडी झाल्यापासून झाडे



आकृती २ : रवर-उत्पादक मुख्य प्रदेश.

बाढविणे, चीक जमविणे, व त्यापासून घन रवर बनविणे या प्रक्रिया शाळशुद्ध व प्रमाणित करण्यात आल्या.

रवर लागवडी

लागवडीसाठी विया लावून रवराची रोपे तयार करतात. ती सुमारे एक वर्षाची आली म्हणजे काढून मळथात लावतात आणि खतपाणी घालून व कृमिकीटकाचा बंदेवस्त करून बाढवितात.

आढ सुमारे ६ वर्षांचे आले म्हणजे चीक काढण्यालायक होते. त्यावेळी त्याचे खोड जमिनीपासून ६० सेमी.वर साधारणपणे १० सेमी. व्यासाचे असते. चीक काढावयास मुरवात केल्यापासून सुमारे १५ वर्षांपर्यंत चिकाचे प्रमाण वाढत जाते व नंतर ते घटलागते. चीक काढणे परवडणार नाही इतके हे प्रमाण घटले म्हणजे आढ तोडतात. झाडाची चीक देण्याची भर्यादा सुमारे ३० वर्षांची असते. चिकाचा पुरवठा सतत होत रहावा यासाठी दरसाल अंदाजे ३ टक्के क्षेत्रातील झाडे तोडून त्या जागी नवी लावणे फायद्याचे असते, असे आढळून आले आहे.

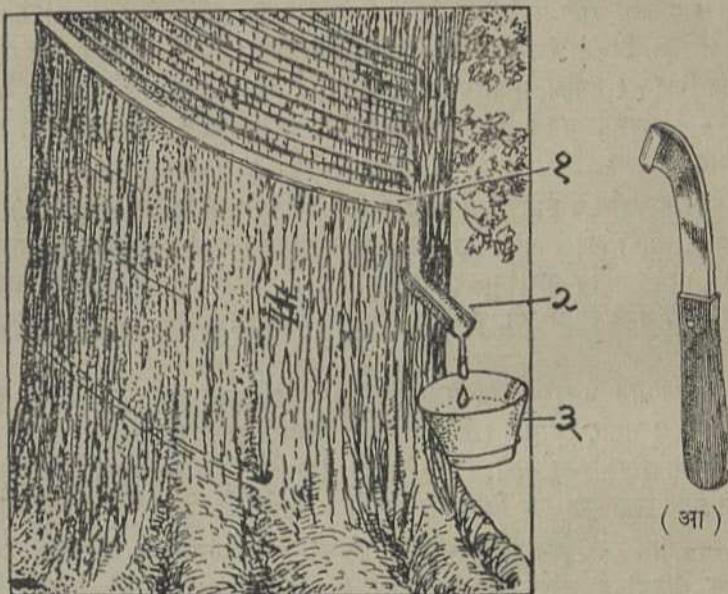
चीक काढण्याची पद्धत

लागवडीच्या काळापूर्वी चीक काढण्याची ठाराचीक पद्धत नव्हती. त्यामुळे किंवेकदा चीक काढण्यासाठी पाडलेल्या खाचांमुळे इजा होऊन झाडे मरून जात. चीक काढण्याची आधुनिक पद्धत एच. एन. रिडले यांनी बसविली. या पद्धतीत जमिनीपासून १०० सेमी. (४० इंच) उंचीवर खोडाच्या परिवाच्या निम्म्या भागावर व सुमारे १.६ मिमी. (१/१५ इंच) दंद अशी पहिली चीर पाडतात. ती डावीकडून उजवीकडे उतरती व क्षितिज-समांतर रेषेशी सुमारे २५° कोन होईल अशी असते. चिरेच्या खालच्या टोकाशी पन्हळीसारखा एक पञ्चाचा तुकडा लावून त्याखाली ठिपकणारा चीक साठण्यासाठी एक पेला अडकवून ठेवतात. चीक जमविण्याच्या कामाची मुरवात सकाळी लवकर करतात. चीक सुमारे ३-४ तास थेंव थेंव गळतो व पेल्यात जमतो. चिकाला रवर लॅटेक्स किंवा फील्ड लॅटेक्स म्हणतात. चीक एक दिवसाआड काढला जातो. त्यामुळे झाडाला एक दिवस विश्रांती मिळते.

सुमारे ३००-४०० झाडांना चिरा पाडून पेले अडकविण्याचे काम संपले म्हणजे कामगार प्रत्येक झाडापासून मिळणारा चीक एकत्र जमविण्याच्या कामास लागतात व हे काम दुपारपर्यंत पुरे करतात. एका झाडापासून एका वेळेला एक चहाचा कप म्हणजे सुमारे १५० मिलि. इतका चीक मिळतो.

दुसऱ्या दिवशी मळथातील दुसऱ्या भागातील झाडांना चिरा पाडून चीक जमवितात. या प्रकारे एका महिन्यात एका झाडाला एकाखाली एक अशा १५ चिरा पाडल्या जातात

व त्यामुळे सालीचा २०५ सेमी. लांबीचा पट्टा कापला जातो. अशा तन्हेने खाली खाली चिरा पाडीत तळापर्यंत जातात. त्यानंतर खोडाच्या न्यासाचा राहिलेला अधी भाग चिरा



(अ)

आकृती ३ : (अ) चीक जमविण्याची पद्धत : १. खोडास पाडलेली चीर,

२. पन्हळीसारखा पऱ्याचा तुकडा, ३. चीक साठण्यासाठी पेला.

(आ) चीर पाडण्याचे हत्यार.

पाडण्यासाठी वापरतात. अशा प्रकारे ८० महिने होईपर्यंत खोडाचा भाग आलटून पालटून चिरा पाडण्यासाठी वरून खाली खाली अशा तन्हेने उपयोगात आणतात. त्या अवधीत पहिल्याने चिरा पाडलेल्या खोडाची साल पूर्ववत होते व चिरा पाडण्यासाठी पुनः वापरता येते.

जमविलेला चीक नंतर एका मध्यवर्ती ठिकाणी आणतात. त्यात आलेला केरकचरा, सालीचे तुकडे व गद्द काढून टाकण्यासाठी तो गाळतात व त्यात रबराचे प्रमाण किती आहे ते ठरवितात. सामान्यतः चिकात ३०-३५ टक्के रबर असते. त्यानंतर आवश्यकतेप्रमाण त्यात पाणी मिसळून तो विरल करतात, गाळतात व पुढील प्रक्रियांसाठी वापरतात.

चिकातील घटक

रवराचा चीक व दूध यांमध्ये पुण्यकल साम्य आहे. ताजा चीक दुधासारखाच दिसतो. दुधामध्ये स्त्रियांचे सूक्ष्म विंदू पाण्यात तरंगत असतात, तसेच रवरचिकात रवराचे सूक्ष्म कण, काही कार्बनी संयुगे व खनिजे ज्यात विरघळलेली आहेत अशा पाण्यात तरंगत असतात. चिकात रवर सुमारे ३५ टक्के, प्रथिने २ टक्के, मेदे, मेदाम्लांची पस्टरे व सावण मिळून १ टक्का, कवेंवैचिठॉल नावाचा एक पदार्थ १ टक्का, खनिज पदार्थ सुमारे ०.४ टक्का, अल्प प्रमाणात शर्करा व अमिनोअम्ले असून वाकीचा भाग पाणी असते.

रवर हे कार्बन व हायड्रोजन या दोन मूलद्रव्यांचे बनलेले (हायड्रोकार्बन) एक संयुग आहे. त्याचा रेणू साखळीच्या रूपाचा असून ती पाच कार्बन व आठ हायड्रोजन अणू (C_8H_8) यांचे अनेक अणुसमुच्चय एकमेकांस जोडले जाऊन, दुवे किंवा कडव्या यापासून जशी साखळी बनते त्याप्रमाणे, बनलेला आहे असे सिद्धांशाले आहे. त्याचा रेणुभार फार उच्च आहे.

चिकात तीन प्रकारची प्रथिने असून रवराच्या प्रत्येक सूक्ष्म कणाभोवती त्याचे पातळ आवरण असते. त्यामुळेच हे कण एकमेकांशेजारी स्वतंत्रपणे वावरू शकतात; एकम्ब होऊन त्याचा साका बनत नाही. चिकात काही एंझाइमे व जंतुही समाविष्ट असतात. त्यामुळे चीक काही वेळ राहू दिला, तर नासतो व त्यास दुर्बंध येऊ लागतो.

चिकातील रवर-कण इतके सूक्ष्म असतात की, एकमेकांस खेटन ते रांगेत लावले तर एक सेंटिमीटर लांबी होण्यास सुमारे ५०,०० कण लागतील! चहाच्या एका चमचाभार (५ मिलि.) चिकात सुमारे १० कोटी कण मावतील. काही कण गोलाकृती व काही अंडाकृती असून काहीना लहानसे शेपूटही असते! कणांच्या पृष्ठभागावरील प्रथिनाच्या थराच्या आत घन रवर व त्याच्या आत द्रवरूपात असेला गाभा अशी रचना असते.

चिकातून एकदिशा विद्युतप्रवाह जाऊ दिला, तर रवरकण घनाग्राकडे जाऊ लागतात. यावरून त्यांवर क्रणविद्युतभार असतो, हे दिसून येते. चिकात अम्ल मिसळले, तर चिकातील कण एकत्र होतात व त्यामुळे चीक साखळतो आणि त्याला चोथापणी असे रूप येते. अम्लातील हायड्रोजन आयनावरील धनविद्युतभारामुळे कणांवरील क्रणविद्युतभार नाहीसा झाल्यामुळेच कण एकत्र होऊ शकतात.

रवर-व्यवसायात चिकापासून वेगळे केलेले घनरूप रवरच मुख्यतः वापरले जाते परंतु काही वस्तूंचे उत्पादन चिकापासून करता येते. म्हणून चीक न साखळता टिकेल व निर्यात करता येईल, अशी योजना करावी लागते. चिकात अल्कली मिश्र केला, तर तो

दीर्घकाळ ठिकतो. त्यासाठी अमोनिया हा अल्कली सोयीचा आहे, असे इ. स. १८५३ मध्ये डब्ल्यू. जॉनसन थोनी दाखविले. तो स्वस्त व विनविषारी असून बाष्पनशील असल्या मुळे नको असेल तेव्हा सहज काढून ठाकता येतो. अमोनियाने चिकातील जंतुही मरतात. चिकामध्ये पाण्याचे प्रमाण सुमारे ६० टक्के असते, त्यामुळे अमोनिया मिसळून तो ठिकाऊ बनविला, तरी तो तसाच रवाना करण्यात तोटा होतो पण पाण्याचे प्रमाण कमी करून चीक दाट करण्याच्या प्रक्रिया साध्य आल्यापासून ही अडचण दूर झाली आहे. या प्रक्रिया थोडक्यात पुढे दिल्या आहेत.

चीक संहत (दाट) करण्याच्या प्रक्रिया

(१) दूध संथ राहू दिले, तर त्यातील स्त्रिगध पदार्थ मलझैच्या रूपाने वर जमतात. रवराच्या चिकातेही तसे होते. रवर-कणांचा पृष्ठभागाकडे स्थलांतर करून एकत्र जमण्याचा वेग मात्र फार मंद असतो परंतु चिकात जर अमोनियम किंवा सोडिवम अलिजनेट, गम टांगाकोथ, जिलेटिन इत्यादी पदार्थ मिसळले, तर कणांचा स्थलांतर-वेग बाढतो व त्यामुळे वरच्या भागातील चीक लवकरच दाट बनतो. तो वेगाला करतात. यात पाण्याचे प्रमाण मूळ चिकातील पाण्यापेक्षा कमी असते.

(२) दुधातील मलझै वेगाली करण्यासाठी किरणीत्सारक यंत्रांचा उपयोग दुग्ध-व्यवसायात केला जातो. त्याच पद्धतीने अमोनिया मिसळलेला रवरचीक किरणीत्सारक यंत्रात घालून फिरवितात. पाणी दूर फेकले जाते व रवरकण केंद्रापाशी जमून चीक दाट बनतो. सुमारे ६० टक्के रवर असलेला संहत चीक या प्रकारे मिळतो. ही पद्धत इ. स. १९२७ मध्ये उपलब्ध झाली व अजूनही फार मोठ्या प्रमाणावर वापरली जाते.

(३) चिकातील पाण्याचे बाष्पीभवन करून चीक दाट करण्याची एक पद्धत इ. स. १९३१ मध्ये अस्तित्वात आली. चिकात अल्कली मिसळून नंतर तो पटल-बाष्पीकारक नावाच्या उपकरणातून नियंत्रित तांपमानास प्रवाहित करतात. त्यामुळे वन्याच पाण्याची वाफ होऊन जाते आणि सुमारे ६८ टक्के रवर असलेला चीक मिळतो. या चिकातील रवराचे कण केंद्रोत्सारण पद्धतीने संहत केलेल्या चिकातील कणापेक्षा लहान असतात. 'स्टॅंडर्ड रिहर्टेंक्स' हा अशाच तन्हेचा एक चीक-प्रकार असून तो पाणी घालून पूर्ववत विरल करता येतो.

(४) चिकातून एकदिशा विद्युत्प्रवाह जाऊ दिला म्हणजे रवरकण धनाग्राकडे जाऊ लागतात हे वर आलेच आहे. या गुणधर्माचा उपयोग करून धनाग्राजवळचा चीक प्रथम वेगाला करतात. यात रवराचे प्रमाण जास्त असते, नंतर चीजप्रवाहाची दिशा उलट केली म्हणजे ६२-६५ टक्के रवर असलेला चीक मिळतो. ही पद्धत इ. स. १९४० मध्ये प्रचारात आली. या पद्धतीला 'इलेक्ट्रो डिकॅंटेशन' म्हणतात. पायरा रंगामध्ये वापरण्यासाठी

अशा चिकाचा मोठ्या प्रमाणावर उपयोग केला जातो.

संहत चिकांचे काही विशेष प्रकार

रबर-चिकात घनायनी सावण किंवा अनेक-संयुजी क्रहणायन वसलेली लव मिसळल्यास रबर कणावर असलेला मूळचा क्रहणविद्युतभार जाऊन त्याएवजी घनविद्युतभार येतो. घनविद्युतभारित रबरकण असलेला संहत रबर-चीकही उपलब्ध आहे. 'पॉकिटेक्स' नावाचा असा एक चीक-प्रकार इ. स. १९३७ च्या सुमारास प्रचारात आला. कापड रबरविलेपित करण्यासाठी त्याचा उपयोग होतो. कारण कापडाचे धागे स्वभावतः क्रहणविद्युतभारित असतात. त्यामुळे या चिकातील कण त्यांच्याकडे आकर्षिते जाऊन घट्ट चिकटून वसतात.

रबराची वस्तू बनविण्यासाठी घन रबर व इतर आवश्यक पदार्थ यांच्या मिश्रणाला किंवा रबर-चिकात असे पदार्थ मिसळून केलेल्या मिश्रणाला वस्तूचा आकार येहील अशी योजना करतात. या अवस्थेत ती वस्तू टिकाऊ नसते. उन्हाळथात ती चिकट आणि हिवाळथात कडक व ठिसूल होण्याची भीती असते. हा दोष घालविण्यासाठी वस्तूवर व्हल्कनीकरण नावाची एक प्रक्रिया करावी लागते. सामान्यतः ती वस्तू बनविल्यानंतर केली जाते. परंतु काही वस्तूंच्या निर्मितीत तसे करता येत नाही. म्हणून अगोदरच ज्याचे व्हल्कनीकरण केलेले आहे असा एक संहत चीक-प्रकार बनविण्यात आला आहे. त्यापासून वस्तू बनविल्यावर व्हल्कनीकरण करावे लागत नाही. अत्यंत पातळ अशा कित्येक रबरी वस्तू उदा. हृदयाच्या झडपा, तयार करण्यासाठी तो उपयोगी पडतो.

घन रबर बनविणे

लागवडीपूर्वीच्या काढी घन रबर मिळविण्यासाठी चीक लाकडी दांडथावर घेऊन धूरात धरून वाळवीत, हे मार्गे दिलेच आहे.

आधुनिक पद्धतीत गाळलेला व विरल केलेला चीक डॅल्युमिनियमाच्या टाक्यात घेऊन त्यात अॅसेटिक किंवा फॉर्मिक अम्ल, अम्लता-अल्कता निर्देशांक pH मान ४.८ होईपर्यंत मिसळतात व मिश्रण सामान्यतः रावभर राहू देतात. चीक साखळतो व त्याला चोथापाणी असे रूप येते. चोथा रबराचा असतो व तो टाक्यात असलेल्या पञ्चांवर जमून त्याची लाढी तयार होते. अशा लाढ्या काढून घेऊन एका यंत्रामधून पार घालवितात. या यंत्रात, उसांच्या चरकात असतात तसे पण आडवे रूळ असतात. त्यामुळे घन रबराचे कण चांगले रगडून निघतात आणि त्यांना चिकटलेले अनिष्ट पदार्थ सुटे होतात. ते पुनःपुनः त्यावर पाणी मारून काढून टाकतात. त्यानंतर हे घन रबर, पृष्ठभागावर वळथा असलेल्या स्फळांच्या योगाने लाटतात व त्याचे तक्ते वनवून ते कोरडे करतात. ते कोरडे करण्यांच्या दोन

पद्धती आहेत. एका पद्धतीत सु. ३८° से. तापमान असलेल्या कोठडथांत तक्ते ८-१० दिवस ठेवून देतात. ‘इस्टेट ब्राऊन क्रेप’, ‘ब्लैंकेट क्रेप’ इत्यादी व्यापारी नावांनी ओळखले जाणारे तक्ते याप्रकारे बनवितात. दुसऱ्या पद्धतीत लाकडाच्या घुराने भरलेल्या गरम कोठ-डथांत तक्ते टांगून ठेवतात. तेथील तापमान सु. ३२-३४° से. असते. या पद्धतीने तवार केलेल्या तक्त्याला ‘रिड स्मोकड शीट’ असे म्हणतात.

धन रवर बनविण्याची ही पद्धत जॉन पर्किन यांनी १८९९ मध्ये बसविली. रवर तक्ते वाळण्यास जो कालावधी लागतो, तो रवर-उत्पादनातील एक अडचण आहे. ती दूर करण्यासाठी साखळविलेल्या रवराचे तक्ते बनविण्याएवजी यांत्रिक सुन्यांनी काढून तुकडे करणे किंवा चकली करण्याच्या घरगुती सोऽयासारख्या यंत्राने त्याची सळळ बनवून तिचे तुकडे करणे किंवा दाणे बनविणे व ते वाळविणे हे पर्याप्ती मार्ग आहेत. मॅलेशियात बनणाऱ्या अशा दाण्यांना ‘हेविश कॅब’ म्हणतात. झाडाच्या खोडातून पाझरणारा चीक ट्लॅस्टिकच्या पिशव्यांमध्ये घरून, तेथेच नैसर्गिक रीतीने साखळू देऊन २५-३० दिवसांच्या अंतराने त्यातील रवर गोळा करण्याची एक पद्धत प्रयोगादाखल वापरण्यात आहे. जेथे मनुष्य बढ मर्यादित आहे, अशा ठिकाणी ती उपयोगी पडण्यासारखी आहे.

काही रवर-प्रकार :

अलीकडे काही खास रवरप्रकार अस्तित्वात आले आहेत. उदाहरणार्थ, स्थिर-इयानता रवर (विहस्कॉसिटी स्टॅबिलाइज्ड किंवा कॉन्स्टंट विहस्कॉसिटी रवर) : खरेदी केलेले कन्चे रवर कारखान्यातील कोठारात, वापरण्याची वेळ येईपर्यंत साठविले जाते. काही महिने ते तसे राहिले तर कठीण बनते व त्यामुळे वापरताना प्रथम ते मऊ करण्याचा खाटाटोप करावा लागतो. हा दोष दूर व्हावा म्हणून कन्च्या रवरात हायड्रॉकिसल अमाइन हायड्रॉकलोराइड हे एक रसायन काही प्रमाणात मिसळतात. त्यामुळे रवराची मूळची शयानता (घटपणा) दीर्घकाल ठिकते आणि वेळ व खर्च यांची बचत होते.

सुपीरियर प्रोसेसिंग रवर (एसपी रवर) : गंधकाची विक्रिया करून व्हल्कनीकरण केलेले रवर काही प्रमाणात चिकात मिसळून नंतर चीक साखळविलयाने हा प्रकार मिळतो. हा वापरून वस्तू बनविण्याच्या प्रक्रिया करणे सोपे पडते. इ. स. १९५० मध्ये हा प्रकार उपलब्ध झाला. वस्तू चिकटविण्याची द्रावणे व रवरी तक्ते इत्यादी बनविण्यासाठी याचा उपयोग होतो. याला ‘स्पेशल प्रोसेसिंग रवर’ असेही म्हणतात.

आर्किटक रवर : रवरात, व्यूटाडीन सलफोन हे रसायन अल्प प्रमाणात मिसळून व मिश्रण एकजीव करून हे बनवितात. ते -२६° से. इतक्या कमी तापमानासही कठीण होत नाही, हे याचे वैशिष्ट्य आहे.

ऑहल एक्सटेंडेड नॅचरल रवर (ओहेपनभार) : रवरामध्ये सुमारे ५ टक्के

खनिज तेल मिश्र करून हे बनवितात. हे मऊ असून यापासून वस्तु बनविणे जास्त सोपे असते, इ. स. १९६० पासून हे लोकप्रिय होऊ लागले. मोठारीच्या धावावरील (टायर-वरील) खवले (ट्रॅडस) बनविण्यासाठी हे उपयोगी पडते.

रवरावर रासायनिक क्रिया केल्याने काही उपयुक्त पदार्थ मिळतात. ते इतरत्र दिले आहेत. (प्रकरण ५ पहा)

जागतिक उत्पादन

मॅलेशिया व इंडोनेशिया या प्रदेशांत एकंदर जागतिक उत्पादनाच्या सु. ७० टक्के कच्च्या रवराचे उत्पादन होते. यांशिवाय थायलॅंड, विहएटनाम, कॉर्पुचिया (कॅबोडिया) आणि आफ्रिकेतील लायब्रेरिया व कॉर्गी येथेही रवर मळे आहेत. त्यांचे उत्पादन घरले, तर जागतिक उत्पादनापैकी सु. ९२ टक्के भरते. भारत व श्रीलंका येथील रवरमळ्यांतूनही काही रवर मिळते. दक्षिण अमेरिकेत आता थोडेच उत्पादन होते. जागतिक रवर उत्पादनात भारताचा क्रमांक ५ वा लागतो.

सर्व रवरमळे मोठमोठे नाहीत. लागवडीच्या एकंदर क्षेत्रापैकी निम्म्याहून अधिक क्षेत्र लहान उत्पादकाचे आहे. रवर-उत्पादन हा एक चांगला श्रमप्रधान उद्योग आहे. इ. स. १९८१ मध्ये नैसर्गिक रवराचे जागतिक उत्पादन ३६,८५,००० मे. ठन झाले. त्यापैकी काही देशांच्या उत्पादनाचे आकडे (मे. ठन) पुढे दिले आहेत.

मॅलेशिया	१५,२९,०००	चीन	१,२८,०००
इंडोनेशिया	८,६७,०००	श्रीलंका	१,२४,०००
थायलॅंड	५,०४,०००	विहएटनाम	४०,०००
आफ्रिका	१,९८,०००	ब्राझील	३०,०००
भारत	१,५१,०००		

इ. स. १९८२ मध्ये भारताचे उत्पादन १,६६,००० ठन होते.

भारताचे रवर-मळे

भारतात रवराची लागवड प्रथम १८७८ मध्ये आवणकोर व मलबार येथे करण्यात आली व १९०२ पासून उत्पादन होऊ लागले. इ. स. १९१० मध्ये सुमारे १२,००० हेक्टर क्षेत्र रवर लागवडीखाली होते. सध्या ते सुमारे २,००,००० हेक्टर झाले आहे. यांपैकी सुमारे ९२ टक्के केरळ राज्यात आहे. तामीलनाडू, कर्नाटक, अंदमान व निकोबार येथील काही क्षेत्र रवर लागवडीखाली आहे. आसाम, गोवा व महाराष्ट्र येथे प्रायोगिक लागवडी करण्यात येत आहेत.

भारतात १९८१ मध्ये १,५१,००० मे. टन रबराचे उत्पादन झाले. रबराचा खप १,६१,३७० मे. टन असल्यामुळे रवर आयात करावे लागले. इ. स. १९८२ मध्ये उत्पादन १,६६,००० मे. टन इतके वाढले तसेच खपाचा आकांही १,९७,००० मे. टन झाला. यापुढील ५ वर्षांत रबराचा खप याच्या दुप्पट होईल, असा अंदाज आहे. अंदमान व निकोबार बेटे, त्रिपुरा व पूर्व आसाम आणि महाराष्ट्रातील ४ जिल्हे यांमधील नापीक जमीन असे एकंदर ३ लाख हेक्टर क्षेत्र आता रवर-लागवडीसाठी उपलब्ध होणार आहे. शेतकऱ्यांना रवर लागवडीसाठी मार्गदर्शन करण्याकरिता एक केंद्र ठाणे जिल्हातील दावचरी येथे शासनाने स्थापन केल आहे.

अगदी अलीकडे रवर मिळविण्यासाठी भारतात ग्वायू या अुडुपावर प्रयोग चालू आहेत. हे अुडूप ओसाड जागेतही वाढू शकते हा एक फायदा आहे. रवर मिळविण्यासाठी संवंध झाडच वापरले जाते.

रवर-बोर्ड

देशातील रवर-उत्पादनाचा विकास सुटू आर्थिक पायावर व्हावा आणि रवर-उद्योगाची मागणी नीट प्रकारे पुरविली जावी, या उद्देशाने १९४७ च्या रवर अधिनियमानुसार 'रवर-बोर्ड' या मंडळाची स्थापना करण्यात आली. देशात होणारे रवर देशातच वापरले जाते, अशी परिस्थिती असलेला भारत हा एकच देश आहे. त्यामुळे रवर-उत्पादक आणि रवर-ग्राहक यांचे हितसंवंध एकमेकांशी निगडीत आहेत.

रबराच्या उत्पादनावर कर बसविलेला आहे. त्याच्या उत्पन्नातून नवीन लागवडी करणे व जुन्या झाडांच्या जागी नवीन लावणे इत्यादीसाठी द्रव्यसहाय्य व तांत्रिक सल्ला देण्याचे कार्य मंडल करते. मंडळाने रवर रिसर्च इन्स्टिट्यूट ऑफ इंडिया ही संस्था स्थापन केली आहे. तेथे जास्त रवरचीक देणांच्या झाडांच्या जातींवृद्धल संशोधन चालू आहे. रवर कारखानदारांना रवर-खेदीचे आणि रवर-विक्रीत्यांना रवर विकण्याचे परवाने या मंडळाकडून प्रतिवर्षी दिले जातात. सध्या सुमारे २,००० ग्राहक व तितकेच परवानाधारक विक्रेते आहेत, कच्च्या रवराच्या किंमतीवर सरकारी नियंत्रण आहे.

प्रशिक्षणाची सोय :- कोचीन विद्यापीठात रवराची लागवड, प्रक्रिया आणि व्यवस्थापन यांचे शिक्षण देणारे अल्प मुदतीचे अभ्यासक्रम चालविले जातात.

अलीकडे खरगपूर येथील इंडियन इन्स्टिट्यूट ऑफ टेक्नॉलजी या संस्थेने रवर-तंत्रज्ञान विभाग सुरु केला असून त्यासाठी २ वर्षांचा एम्. टेक्. चा अभ्यासक्रम आखला आहे.

रवर-धंद्याच्या हितसंवंधांचे संवर्धन करण्याच्या उद्देशाने मुंबई येथे ऑल इंडिया रवर इंडस्ट्रीज अंसोसिएशन या संघेची स्थापना झाली आहे.

ईदियन रवर मॅन्युफॅक्चरर्स रिसर्च ऑसोसिएशन या नावाची, रवर-संशोधन व विकास घटविणे हे उद्दिष्ट असलेली एक संस्थाही मुंबईस आहे.

महाराष्ट्रात रवर-लागवडी

महाराष्ट्रात कोकणातील वर्रकस व डोंगराळ जमीन रवर लागवडीसाठी योग्य आहे. या जमिनीत रवर-लागवडी करण्याचे धादसी प्रथत्न पठधबली (जिल्हा रायगड, तालुका सुधागड) येथील सुधागड रवर इंडस्ट्रीजचे संचालक श्री. केतकर यांनी केले असून ते यशस्वी व मार्गदर्शक ठरले आहेत. महाराष्ट्र जंगल खात्याचे लक्ष त्वाच्या कामगिरीने वेधले असून ठाणे, रायगड व गोवा इत्यादी ठिकाणी प्रायोगिक रवर-लागवडी करण्यास सुरुवात झाली आहे.

कन्चे संश्लेषित रवर

याचे अनेक प्रकार आहेत. ते ब्यूटाडीन, स्टायरीन, ऑक्लिलोनायटाइल या व अशाच इतर रासायनिक पदार्थांपासून कारखान्यात बनविले जातात. ते चीक व घन अशा दोन्ही रूपांत मिळतात. संश्लेषित रवरांच्या चिकातील कण नैसर्गिक रवरांच्या चिकातील कणांपेक्षा लहान आणि गोलाकृती असून त्यांमध्ये जास्त सारखेपणा असतो. संश्लेषित रवरांचा चीक असले अथवा बहुसंयुक्ती आयने त्यात मिसळल्याने साखळतो व घनरूप रवर वेगाले होते. ते काढून घेऊन कारखान्यांना पुरविले जाते.

संश्लेषित रवरांच्या उत्पादनात नैसर्गिक कन्च्या मालापासून प्रथम इष्ट ते अणु-समुच्चय असलेले रेणु मिळविणे आणि नंतर ते एकमेकास जोडून इष्ट त्या लांबीच्या कार्बन साखळथा बनतील अशी योजना करणे, या प्रक्रियांचा समवेश होतो. त्यासंबंधीचे विवेचन प्रकरण द मध्ये केले आहे.

भारतीय उत्पादन

भारतात संश्लेषित रवराचे उत्पादन इ. स. १९६३ पासून सुरु झाले. उत्तर प्रदेशातील वरेली येथील सिथेटिक्स व केमिकल्स लि. या कारखान्यात स्टायरीन व ब्यूटाडीन या दोन एकवारिकांपासून बनणाऱ्या एसबीआर या रवर-प्रकाराची उत्पादन-क्षमता दरसाल सु. ३०,००० मे. टन इतकी आहे. यासाठी सागणारे स्टायरीन पोलाद-धंद्यापासून मिळणारे बॅंझीन आणि अल्कोहॉलापासून बनविलेले एथिलीन यांच्या रासायनिक चिकित्येने बनविले जाते.

खनिज तेलापासून मिळणाऱ्या रसायनांचा उपयोग करून संश्लेषित रवरे बनविण्याचा एक कारखाना गुजरातमधील कोयाळी येथे काढण्यात आला आहे.

इ. स. १९७८-७९ साली सु. २८,००० मे. ठन संश्लेषित रबर बनविण्यात आले, तथापि निरनिराळ्या वस्तु बनविण्यासाठी सुमारे ३८,००० मे. ठन इतके संश्लेषित रबर लागले व त्यामुळे काही संश्लेषित रबर आयात करावे लागले. इ. स. १९८१ मध्ये सुमारे २८,५०० मे. ठन उत्पादन आले. संश्लेषित रबराच्या उत्पादनात फार मोठथा प्रमाणावर वाढ करता येईल, असे बाटत नाही.



प्रकरण ३

रबराच्या धंद्याचा इतिहास

इ. स. १४९३ मध्ये 'नव्या जगाच्या' (अमेरिकेच्या) दुसऱ्या सफरीत कोलंबस जेव्हा वेस्ट इंडीज बेटावर उतरला तेव्हा तेथील आदिवासी खेळण्यासाठी एक चेंडू वापरीत असल्याचे त्याला आढळले. हा चेंडू जमिनीधर आपटला असता उंच उडतो हे पाहून आणि तो झाडाच्या चिकापासून ते बनवितात हे ऐकून त्याला फार आश्र्य वाटले. हा चीक म्हणजेच रबराच्या झाडांचा चीक होय. वाळविला म्हणजे तो वट बनतो आणि त्यापासून चेंडू व इतरही उपयोगी वस्तू तदेशीय लोक बनवू शकतात, हे त्याला इतके विलक्षण वाटले की, त्याने अशा वाळविलेल्या चिकाचा नमुना स्पेनच्या राजाला दाखविण्यासाठी आपल्याबरोबर घेतला. त्याकाळी त्याला 'काउचुक्' म्हणत. आधुनिक जगाचा रबराशी प्रथम परिचय झाला तो अशा प्रकारे, तथापि रबराच्या वस्तू यापूर्वीही सुमारे सहाव्या शतकात मेकिसकोमध्ये माहीत असाव्या, असा पुरावा उत्खननातील अवशेषांवरून मिळतो.

कोलंबसानंतर स्पेनचे सैन्य मध्य व दक्षिण अमेरिकेत उतरले तेव्हा तेथील लोक या चिकाचा उपयोग करून कापड जलाभेद बनवितात असे त्यांना कळले. त्याचे वर्णन इ. स. १६१५ मध्ये एफ. ज्यॉन डी टोरकेमाडा यांनी केले आहे. या चिकापासून ते बूट, पिशव्या इत्यादी वस्तूही बनवीत व त्याकरिता साध्या सोऱ्या कृती ते वापरीत. जी वस्तू बनवावयाची असेल तिचा मातीचा आकार बनवून तो बाळवीत. नंतर त्यावर चिकाचे पुनःपुनः लेप देत व तेही उन्हात किंवा शेंकोटीच्या गरम धुरात धरून बाळवीत. लेपन पुरेसे झाले म्हणजे पाण्यात बुडवून किंवा फोडून मातीचा आकार काढून टाकीत. या कृतीने वस्तूच्या आकाराच्या व कमीजास्त जाडीच्या खोली मिळत; त्या म्हणजेच रबराच्या त्या काळच्या वस्तू, कापड, चटंगा, टोपल्या यांना हा चीक लावून वाळविला म्हणजे त्यांचा पृष्ठभाग जलाभेद बनतो, हेही त्यांना माहीत होते.

अठराव्या शतकाच्या प्रारंभापासून कान्सचे लक्ष दक्षिण अमेरिकेकडे जाऊ लागले. इ. स. १७३५ मध्ये पेरिस ॲक्डमीने ऑमेझॉन नदीच्या उगमाच्या आसपासच्या प्रदेशाची

भौगोलिक पाहाणी करण्यासाठी चार्लस् मारी द ला कोंदामीन यांच्यावरोबर निरीक्षकांची एक तुकडी पाठविली. तिने रवराची झाडे व त्यापासून चीक काढण्याच्या व वापरण्याच्या पद्धतीची वरीच माहिती जमविली. इ. स. १७४३ मध्ये कोंदामीन हळीच्या फ्रेंच गवायना या ठिकाणी फ्रॅकॉइस फ्रेसन्यू या फ्रेंच शास्त्रज्ञांना भेटले. फ्रेसन्यू यांनी रवराच्या झाडाचे बनस्पतिशास्त्रातील वंश व जाती ठरविल्या आणि चिकाप्या आणि तो वाळल्यावर बनणाऱ्या घन रवराच्या गुणधर्मांचा परिचय करून घेतला, परंतु रवराच्या वस्तू बनविण्याचा उद्योग त्या काळी यूरपमध्ये लवकर सुरु होऊ शकला नाही. याचे कारण यूरपला पोचाणारे रवर घनरूप असे आणि ते कणखर व चिवट असल्यामुळे हत्यारे वापरून त्यापासून वस्तू बनविता येत नसत. आदिवासी बनवीत त्याप्रमाणे चिकापासून वस्तू बनवायच्या म्हटल्यातर चीक मिळाला पाहिजे. पण तो टिकत नसल्यामुळे यूरपला किंवा इतरत्र पाठविता येत नव्हता. कारण तो टिकाऊ करण्याचा उपाय त्यावेळी माहीत नव्हता. एक पर्यायी मार्ग म्हणजे घन रवर एखाद्या द्विवाकात विरघळून त्याचे द्रावण बनविणे आणि त्याचा उपयोग चिकासारखा करणे हा हीय. त्या दृष्टीने इ. स. १७६१ मध्ये एल. ए. पी. हेरिसाँ व पी. जे. मॅक्यूर या फ्रेंच शास्त्रज्ञांनी काही प्रयत्न केले, तेव्हा त्यांना दिसून आले की, रवर टपेंटाइनमध्ये विरघळते. त्यांनी मेणाची एक कांडी बनविली व तीवर रवराचे टपेंटाइन-मध्ये केलेले द्रावण लावून ते वाळू दिले आणि नंतर मेण वितल्वून काढून टाकले. या कृतीने रवराची नळी त्यांना बनविता आली. तथापि ती लवकरच चिकट होते, असा अनुभव आला. इ. स. १७६८ मध्ये ईथर हे द्विवाक वापरून त्यांनी रवराचे द्रावण बनविले व वरीलप्रमाणे नळी बनविण्यासाठी वापरून पाहिले, पण ईथर त्या काळी दुर्भिल व महाग होते, त्यामुळे या द्रावणापासून वस्तू बनविणे परवडण्यासारखे नव्हते. त्यानंतर सी. ग्रॉस र्ट यांनी घन रवराच्या ठोकळथापासून पटूथा कापून काढल्या व त्या काचेच्या नळकांडयांवर गुंडाळून नळी बनविण्याची एक कृती बसविली. दुसऱ्या काही संशोधकांनी असेच आणखीही काही प्रयत्न वरून पाहिले; पण ते सर्व या नाही त्या कारणाने अयशस्वी ठरले.

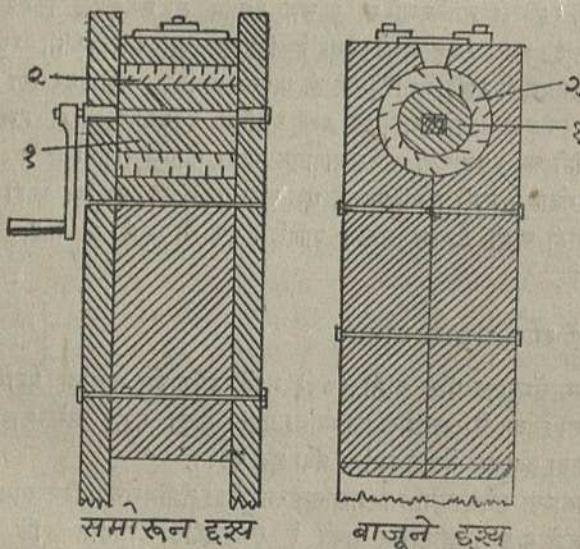
ग्रेट ब्रिटनमध्ये रवर-धंद्यास प्रारंभ

येथे प्रथम संम्बुद्ध फील यांनी १७९१ मध्ये टपेंटाइन वापरून बनविलेले रवर-द्रावण कापडाला लावून ते जलाभेद करण्याचा प्रयत्न केला परंतु असे कापड लवकरच. चिकट होते असा अनुभव येऊन त्यांचा धंदा वंद पडला.

एकोणिसाव्या शतकाच्या प्रारंभापासून रवराच्या तंत्रविद्येच्या विकासास प्रारंभ झाला. रवर ताणले जाते व पुन: आकुंचन पावते हे त्याकाळीही माहीत झाले होते. टॉमस हॅन्कॉक यांनी १८२० मध्ये रवराच्या या गुणाचा कल्पकतेने उपयोग वरून घेण्याचे

ठरविले. रवराच्या पातळ पट्टव्या कापल्या व त्या हातमोजयाला लावल्या, तर तो मनगटाला घट धरून बसेल आणि बुटाला लावल्या तर बुटाचे बंद बांधण्या-सोडण्याचा खटाटोप वाचेल, म्हणून अशा पट्टव्या तयार करून वापरण्याचे त्यांनी ठरविले. रवराचे ठोकळे बनवून त्यापासून अशा पट्टव्या कापल्या जात. हे करताना जे वारीक-सारीक तुकडे राहात ते प्रथम वाया जात असत. त्यांचाही उपयोग व्हावा म्हणून त्यांनी एक कल्पना काढली. त्यांना असा अनुभव आला होता की, नुकतेच कापलेले रवराचे तुकडे एकमेकांवर ठेवून दावले तर चिकटतात. पण वराच वेळ ते राहू दिले व नंतर एकत्र आणले तर मात्र तसे चिकटत नाहीत. म्हणून शिळ्डक राहिलेले तुकडे जर किसले व ताजा कीस एकत्र करून दावला, तर त्याचा ठोकळा बनेल व तो पुन्हा पट्टव्या कापण्यासाठी वापरता येईल, असा त्यांचा तर्क होता.

तुकडयांचा कीस करण्यासाठी त्यांनी एक यांत्रिक किसणी बनविली. तिची रचना शेंगदाण्याचे कूट करण्यासाठी आपण हह्यी वापरतो त्या लोटथा यंत्रासारखी होती. कूट करण्याच्या यंत्रात आतल्या वाजूस एक नळकांडे असून त्याच्या पृष्ठभागावर भोके पाडून बनविलेले तीक्ष्ण खवले असतात. हॅन्कॉक यांच्या यंत्रातही असेच नळकांडे होते. पण त्याच्या पृष्ठावर तीक्ष्ण स्थिले वसविलेले होते. (आकृती ४ : पिकल यंत्र) यंत्राच्या वाहेरील भागाच्या आतील पृष्ठावर तीक्ष्ण पाती होती व आतील नळकांडे फिरविण्याची व्यवस्था



आकृती ४ : पिकल यंत्र : १. तीक्ष्ण स्थिले असलेले नळकांडे, २. तीक्ष्ण स्थिले.

होती. रवरात्मा तुकडे भरून यंत्र फिरविले म्हणजे रवर खिळे व पाती यामध्ये सापडून त्यांचा कीस बनेल अशी हॅन्कॉक यांची अपेक्षा होती. प्रत्यक्षात मात्र असा अनुभव आला की, यंत्र थोडा वेळ चालविल्यावर किसाएवजी रवराचा लिवलिबीत गोळा बनतो. वास्तविक ही एक इष्टापत्तीच होती. कारण अशा गोळथापासून ठोकळा बनविणे सोपे पडते असे दिसून आले. आपल्या या यंत्राची अभिनव कल्पना चोरून दुसऱ्या कोणी त्याची नक्कल करू नये म्हणून त्यांनी या यंत्राला 'पिकल' हे गूढ नाव दिले !

या यंत्रातून बाहेर पडणारा गोळा ताजा असताना गरम व मऊ असे आणि दाव देऊन त्यापासून कमीजास्त जाडीचे ठोकळे किंवा तके सहज बनविता येत. इतकेच नव्हे, तर यंत्राचा उपयोग करून रवरात इतर पदार्थ मिसळताही येतात असे दिसून आले. हॅन्कॉक त्यानंतर रवरात्मा पातळ तकेही बनवू लागले. रुणालयात रोग्यांच्या गाद्यांवर पसरण्यासाठी ते उपयोगी पडत, ते रवरात्मा नल्याही बनवीत.

इ. स. १८२३ च्या सुमारास चार्ल्स मॅकिटॉश यांनी जलाभेद कापड बनविण्याच्या धंद्याला सुरुवात केली. रवरात्मा द्रावण बनविण्यासाठी ते कोलठार नॅथ्या हे विद्रावक वापरीत. हे विद्रावक त्यावेळी प्रथमच उपलब्ध झाले असून ते टपेटाहनपेक्षा स्वस्त व मुबलक होते. हे रवर-द्रावण कापडाला लावून जलाभेद बनविलेले कापड प्रथम चांगले लोकप्रिय झाले पण लवकरच असे दिसून आले की, या कापडाची घडी केली, तर कापडाचे पदर एकमेकांना चिकटून बसतात. या अडचणीवर मात्र करण्यासाठी मॅकिटॉश यांनी एक कल्पना लढविली. त्यांनी ठरविले की कापडाला रवराचा थर लावल्यावर त्यावर दुसरे कापड पसरून दाव द्यावयाचा. असे केल्याने रवराचा थर दोन कापडांच्यामध्ये येईल व कापडाचे पदर चिकट-प्याचा प्रश्न उद्भवणार नाही, अशी त्याची अपेक्षा होती. ती खरी ठरली. हे कापड पूर्वीच्या जलाभेद कापडाच्या मानाने जास्त समाधानकारक झाले व त्यांचा धंदा जोरात चालू लागला. जलाभेद कापडाचा उल्लेख 'मॅकिटॉश' असा केलेला कित्येकदा आढळतो, तो यामुळे च. याच सुमारास हॅन्कॉक यांना असे दिसून आले की, 'पिकल' यंत्राचा उपयोग केला, तर नॅथ्यामध्ये रवर विरघळविणे सोपे होते आणि रवरात्मा प्रमाण भरपूर असलेली द्रावणे बनविता येतात. यापूर्वी जी रवर द्रावणे बनवीत त्यामध्ये रवरात्मा प्रमाण अल्प असून ती फार दाट असत. पिकल यंत्र वापरून रवर द्रावणे बनवून ती वापरली, तर जास्त चांगले जलाभेद कापड बनविता येईल, असे हॅन्कॉक यांना वाटले, व म्हणून, १८३० मध्ये त्यांनी मॅकिटॉश यांच्या कंपनीत भागीदारीने धंदा मुरु केला. कापडाला द्रावण लावण्यास उपयोगी पडेल असे एक यंत्रही त्यांनी १८३७ मध्ये तयार केले. त्यामध्ये एक आडवा रुल असून त्यावर एक पट्टी बसविलेली होती. विलेपन करावयाचे कापड रुळ व पट्टी या दोहोमध्ये असलेल्या फटीतून पलीकडे जाईल अशी योजना होती. रवरात्मा द्रावण पट्टीच्या मागील बाजूकडून आत घातले म्हणजे त्याचा पातळ थर पट्टीच्या योगाने कापडा-

वर सर्वत्र सारखा पसरविला जाई. त्यानंतर ते कापड एका गरम केलेल्या पेटीवरून पुढे सरके. उण्णतेमुळे द्रावणातील नॅच्या वाफ होऊन उडून जाई व कापड कोरडे होई, असे कापड मॅकिटॉश यांच्या पद्धतीने वापरले तर जास्त समधानकारक असते असे आढळले, पण तेही फार दिवस ठिकत नसे. याचे खरे कारण रबराच्या अंगी असलेला एक मूळभूत दोष हे होते. उण्णतेने रबर मऊ व चिकट बनते आणि फार थंड केले म्हणजे कडक व ठिस्युळ बनते हाच तो दोष. त्यावर त्याकाळी उपाय माहीत नव्हता. ग्रेट विटनसारख्या समझीतोण इवामानात हा दोष प्रथम तितकासा जाणवत नव्हता, पण युनायटेड स्टेट्समध्ये मात्र तो फार तापदायक ठरला !

युनायटेड स्टेट्समध्ये धंद्यास सुरुवात

रबराचा प्रवेश येथे रबरी बुटांमुळे झाला. या बुटांनी पाय कोरडे व उबदार राहतात असे दिसून आल्यावर १८२० च्या सुमारास अशा बुटांची आयात क्रान्समधून होऊ लागली. दक्षिण अमेरिकेत तयार होणारे बूट प्रथम क्रान्सला येत व तेथून युनायटेड स्टेट्सला पुरविले जात. लवकरच स्टेट्स् ते परस्पर आयात करू लागली. टॉमस वॉलेस हे अशा बुटांचे प्रमुख व्यापारी होते. प्रथम हे बूट ओबडधोवड असत पण वॉलेस यांनी बुटांचे चांगले ढौळदार लाकडी आकार बनवून घेतले व ते ब्राझीलला पाठवून त्यावरून सुरेख बूट करवून आणले. त्यामुळे त्यांचा धंदा भरभराटीस आला. बुटाच्या एका जोडीला त्याकाळी सु. ५ डॉलर पडत. ते बनविण्यासाठी जे मतेम १० सेंटचे रबर लागत असे !

रबरी वस्तू बनविण्याचे काही प्रयत्न देशातही त्याकाळी सुरु आले होते. चिवट घन रबरापासून आकार देता येईल असे मऊ रबर बनविण्यासाठी १८२० मध्ये होवे या संशोधकाने एक यंत्र बनविले व त्याचे एकस्वाही मिळविले होते. या यंत्रामध्ये २ जाड लोखंडी रुळ आडवे व सभांतर आणि माझे थोडी फट ठेवून बर विलेले होते. यंत्र चालू केले म्हणजे रुळ एकमेकांच्या विरुद्ध दिशेने फिरु लागत. घन रबर रुळांमधील फटीच्या जागी टाकून रुळ फिरु दिले म्हणजे रबर फटीत सापडून चेपून निशत असे. हीच क्रिया पुनः पुनः केली म्हणजे मललेल्या कणकेसारखा मऊ रबराचा गोळा तयार होई. त्याला दाव देऊन हवा तसा आकार देता येई. रबरात काही पदार्थ मिस्लावयाचे असतील तर तेही रबराबोर यंत्रात समाविष्ट केले म्हणजे रबरात चांगले मिस्लले जात.

इ. स. १८३१ मध्ये एडवीन चॅफी यांनी टपेटाइनमध्ये रबर विरघळवून केलेल्या द्रावणात काजळ मिसळले व मिश्रण कातडी बुटांना व कापडाला लावून पाहिले. त्यांना दिसून आले की या विलेपनाने बूट चकचकीत बनतात व भिजले तरी पाणी आत शिरत नाही. असे बूट बनविण्याचा उद्योग त्यांनी 'रॉक्स बरी रबर कंपनी' मध्ये सुरु केला. या निमित्ताने रबर-मिश्रण बनविण्याची आवश्यकता निर्माण झाली. म्हणून होवे यांच्या

कल्पनेचा आधार वेऊन आणि इतरांच्या अनुभवाचा उपयोग करून चेंकी यांनी १८३६ मध्ये एक सुधारलेले मिश्रण-यंत्र बनविले, या यंत्रात हॉबे यांच्या यंत्राप्रमाणेच दोन लोखंडी रुळ होते, दोनही रुळांची लोबी सारखीच (सु. २ मीटर) होती, पण एकाचा व्यास सु. ६७ सेमी. (२७ इ.) व दुसऱ्याचा सु. ४५ सेमी. (१८ इ.) होता व ते वाफेच्या योगाने सु. ९३° से. (२००° कै.) इतके तापविता येतील अशी योजना होती, प्रथम घन रवर व नंतर त्यात मिश्र करावयाचे पदार्थ रुळांमधील फटीच्या ठिकाणी समाविष्ट करून यंत्र चालू केले म्हणजे रुळांच्या फिरण्यामुळे रवर व इतर पदार्थ फटीतून पलिकडे जाऊ लागत, पण रुळांचे व्यास भिन्न असल्यामुळे त्यांच्या फिरण्याच्या गतीत जो फरक पडे त्यांच्यामुळे ते केवळ चेपले जात नसत तर रगडले व भरडले जात, त्याचप्रमाणे रुळांचे तापमान अवश्य तेवढे केले म्हणजे रवर मऊ होऊन मिश्रण-किंवा जास्त चांगल्या प्रकारे घडून येई, या कारणांमुळे च कमी टपटाइन वापरून किंवा टपेटाइन न वापरताही एकजीव मिश्रणे बनविणे साध्य झाले.

या यंत्रांच्या पाठोपाठ चेंकी यांनी आणवीही एक यंत्रप्रकार बनविला, त्यामध्ये एकावर एक व समांतर असे भिन्न व्यासाचे व वाफेने तापविता येतील असे ४ रुळ बसविलेले होते, मिश्रण-यंत्राने बनविलेले रवर-मिश्रण आणि त्याचबरोवर कापड रुळावरून जाऊ दिले तर कापडाला रवराच्या पातळ थराचे विलेपन होत असे, हा थर केवळ पृष्ठभागा-पुरताच नसे तर त्याचा काही भाग कापडाच्या अंतर्भागातही खुरविला जाई व त्यामुळे जास्त पक्का बसत असे, या यंत्र-प्रकाराला केलेडर म्हणतात, तीस टन वजन असलेले हे यंत्र त्या काळज्या यंत्रसामग्रीत अजून होते ! या यंत्राने रवराचा पातळ पापुद्राही बनविता येत असे.

या यंत्रांच्या शोधापूर्वी रवरात इतर पदार्थ मिश्रण्यासाठी रवर प्रथम टपेटाइनात किंवा अन्य विद्रावकात विरघळवून द्रावण बनवीत व त्यात मिश्र करावयाचे पदार्थ घालून मिश्रण ढवळीत व अखेरीस विद्रावक काढून टाकून मिश्रण मिळवीत, हा खर्चिक व गैर-सोयीचा खटाटोप या यंत्रांमुळे वाचला.

चेंकी यांच्या यंत्रांमुळे रवर-मिश्रण व रवर-विलेपन या किंवा सुसाध्य व स्वस्त झाल्या, त्यामुळे जलाभेद कापड बनविण्याचा धंदाही भरभराटीस येऊ लागला, पण ही भरभराट फार काळ ठिकू टाकली नाही, त्याचे कारण वर उहेडे ख केलेला रवराचा अस्थिर-पणा हा दोष होय.

रवराची ही उणीच लक्षात न आल्यामुळे मोठ्या प्रमाणावर केलेले वस्तु-उत्पादन तोटवात येऊ लागले, अमेरिकेचे हवामान दिष्पम असल्यामुळे रवरविलेपित कापड त्वरेने लोकांच्या भर्जीतून उतरू लागले व एका मासोमाग एक रवर-कंपन्यांची दिवाळी निघू लागली, त्यातल्या त्यात रॉक्सवरी कंपनी काही काळ तग धरू शकली पण अखेर तिची

गतदी हतरांसारखीच होऊन १८३९ च्या मुमारास अमेरिकेतील रवर-उद्योग नामशेष होण्याच्या मार्गास लागला.

मध्यंतरीच्या काळात १८३४ मध्ये न्यूयॉर्कमधील एका दुकानात अनेक रवरी वस्तुंचे प्रदर्शन मांडले होते, त्यामध्ये एक प्राण-रक्षक जॅकेट होते. हवा भरून ते फुगविता येत असे. त्याचे कापड रवर-विलेपित असल्यामुळे भरलेली हवा वाहेर जात नसे. हे जॅकेट अंगात घातले म्हणजे समुद्र-प्रवासात अपघाताने पाण्यात पडलेला मनुष्य तरंगत राहून आपला जीव बचाव शकत असे. या जॅकेटमध्ये हवा भरण्यासाठी एक विशेष प्रकारची झडप लावलेली होती. त्यामुळे आत भरलेली हवा वाहेर पडण्यास अठकाव होई. चार्ल्स गुडइयर या नावाचे एक गृहस्थ या दुकानावरून जात असताना त्यांचे लक्ष या जॅकेटच्या झडपेकडे गेले. लोखंडी सामानाची खरेदी-विक्री हा त्यांचा धंदा होता आणि कल्यकता लढवून नव्या वस्तू बनविणे हा एक छंद होता. जॅकेटपेक्षा जास्त सोईची झडप आपल्यास बनविता येईल, असे त्यांना वाढले व त्यांनी हे जॅकेट पाहिल्यावर काही दिवसांनी आपल्या कळपनेप्रमाणे एक प्रायोगिक झडप बनविली. ही नवीन तजेची झडप रॉकसबरी कंपनीला दाखवावी व ती विकून आपल्या शोधापासून फायदा मिळवावा, या उद्देशाने ते कंपनीच्या द्यवस्थापकांना भेटले. त्यांना झडप पसंत पडली, पण ती घेण्यास मात्र त्यांचे मन धर्जेना ! झडपेच्या उपयुक्तवैद्यतन्याचा व किंमतीच्या वाटाघाटी बाजूस ठेवून ते गुडइयर यांना म्हणाले, “ रवराला टिकाऊपणा आणण्यासाठी काही उपाय हवा आहे. त्यासंवंधी काही करता आले तर पाहा. वास्तविक किती बहुगुणी आहे ते. मऊ, जलरोधी, लवचीक, पण टिकाऊपणा नसल्यामुळे हे सारे गुण मातीमोल ठरत आहेत. रवरी वस्तू टिकाऊ आल्या तरच या तुमच्या झडपेसारख्या कळृत्यांचा उपयोग होणार.”

द्यवस्थापकांच्या या उद्गारांचा गुडइयर यांच्या संवेदनशील मनावर फार खोल परिणाम झाला. रवराला टिकाऊपणा आणण्यासाठी काहीतरी उपाय शोधून काढलाच पाहिजे, असे त्यांच्या मनाने वेतले ! त्यांच्याजवळ फारसा पैसा नव्हता, प्रयोगांसाठी साधनसामग्रीही नव्हती. तरीही दृढ निश्चयाने त्यांनी प्रयत्नास सुरुवात केली. कोणाचेही मार्गदर्शन नसल्यामुळे रवर द्यावे, त्यात मनास येईल तो पदार्थ मिसळावा व रवर टिकाऊ झाले काय ते पाहवे, असा त्यांचा क्रम अनेक वर्षे चालला होता. या प्रयोगापायी जवळचा सारा पैसा संपला तेज्ज्वाला त्यांनी कर्ज काढले पण प्रयोग थांबविले नाहीत. गुडइयर यांना लागलेले हे प्रयोगांचे वेड (!) पाहून आजूबाजूचे लोक त्यांची थट्ठा करीत. ते म्हणत “ गुडइयर म्हणजे रवराचा कोट, रवराचीच विजार आणि बूट घातलेला एक मनुष्य. त्याच्या खिशातील पैशाचे पाकिटही रवराचेच पण त्यात एक छदामही सापडणार नाही.”

चार वर्षे अविश्वास त परिश्रम केल्यावर त्यांना वाटले की, नायट्रिक अम्लाच्या वाफेने रवर टिकाऊ बनते, पण ही कल्पना फसवी ठरली आणि पदरी निराशा आली. तरीही

त्यांनी हार स्वाळी नाही. नव्या दमाने त्यांनी पुनः प्रयत्नास सुरुवात केली आणि १८३९ च्या अखेरीस त्यांना यश आले. रबरामध्ये गंधक मिस्ट्रून मिश्रण तापविले, तर रबराचा



अस्थिरपणा नाहीसा होतो, असा त्यांना शोध लागला. या खटपटीमध्ये एन. हेवर्ड या एका तरुणाची त्यांना बरीच मदत आली. रबराचा दोष दूर करण्याचा हा उपाय नंतर मोठाचा प्रमाणावर वापरून पाहण्यात आला व तो यशस्वी ठरला. या प्रक्रियेला 'बहलकनी-करण' असे नाव बहलकन या रोमन अभिनदेवतेच्या नावावरून देण्यात आले. बहलकनीकरणामुळे रबर केवळ टिकाऊ बनते एवढेच नाही, रबराच्या इतर गुणांतही त्यामुळे भर पडते, असे दिशून आल्यावरून तिचे महत्त्व आणखीनंच वाढले. या शोधाचे एकस्व अमेरिकेत मिळवावे म्हणून गुडइयर यांनी प्रथम तयारी चालविली होती परंतु रबराच्या धंद्याचा अमेरिकन जनतेने इतका धसका घेतला होता की, अमेरिकन एकस्वापासून फायदा होणार नाही, हे जाणून त्यांनी ग्रेट ब्रिटनमधील मॅकिंटॉश कंपनीशी संधान बांधले. पातळ, हलके व टिकाऊ जलाभेद्य कापड बनविण्याची कूटी या कंपनीला हवी होती. त्यासाठी ही प्रक्रिया उपयोगी पडते असा अनुभवही आला.

बहलकनीकरणाने टिकाऊ केलेले रबराचे काही नमुने याच सुमारास हॅन्कॉक यांच्या हाती आले. या नमुन्यांवर गंधकाचा पातळ थर आलेला होता. त्यावरून अंदाज करून त्यांनी स्वतःच काही प्रयोग केले व हीच प्रक्रिया बसविली आणि तिचे एकस्व मिळावे म्हणून २० नोवेंबर १८४३ रोजी अर्ज दाखल केला. या घटनेमुळे हा शोध मूळचा कोणाचा? गुडइयर यांचा का हॅन्कॉक यांचा – असा वाद निर्माण झाला; सुदैवाने तो लवकरच मिठला. गुडइयर हेच या प्रक्रियेचे मूळ संशोधक असे ठरले व ३० जानेवारी, १८४४ रोजी त्यांना एकस्व मिळाले.

रबर-धंद्याच्या इतिहासात या शोधाला अनन्यसाधारण महत्त्व आहे. या शोधामुळे रबराचा धंदा भक्तम पायावर उभा राहिला. रबराच्या वस्तू बनविण्याचे प्रयत्न सुरु आल्या-पासून सुमारे ८० वर्षांनी आणि रबर माहीत आल्यापासून जवळ जवळ ३५० वर्षांनी रबर टिकावू करण्याची ही किमया मनुष्यास साध्य झाली !

बहलकनीकरणासाठी सामान्यतः गंधक, किंक ऑक्साइड व लिथार्ज इत्यादी पदाथ रबरात चांगले मिस्ट्रून ते मिश्रण वस्तू बनविण्याच्या सांच्यात भरतात व त्याला आवश्यक

तेवढा दाब व उण्णता देतात. योग्य वेळानंतर साचा उघडला म्हणजे रवराची टिकावू वस्तू भिळते. ती उन्हाळा असो की हिवाळा असो, जशीच्या तशी राहते. मऊ, चिकट, कडक किंवा ठिसुळ वनून निरुपयोगी होत नाही.

यानंतर थोड्याच वर्षांनी १८४६ मध्ये बर्मिंगहैम येथील अलेक्झॅंडर पार्कर्स यांनी असे निदर्शनास आणले की, रवरात गंधक मिसळप्याएवजी रुलफर मॉनोक्लोराइड हे गंधकाचे संयुग, कार्बन डायसलफाइड किंवा नॅफ्था यात विरघळविले आणि त्यात रवरी वस्तू वुडविली, तरीही व्हल्कनीकरण घडून येते. या पद्धतीत गंधक लागत नाही, तसेच वस्तूला उण्णताही याची लागत नाही, हे विशेष आहे. म्हणून या पद्धतीला थंड व्हल्कनीकरण किंवा शीतोपचार म्हणतात. रवरी फुगे, हातमोजे इत्यादींसारख्या पातळ वस्तूसाठी ही पद्धत फार उपयोगी पडते.

सलफर मॉनोक्लोराइडचे द्रावण न बनविता त्याच्या वाफेत रवरी वस्तू ठेवली, तरीही व्हल्कनीकरण होऊ शकते, असे १८७८ मध्ये डब्लू. ऑवट यांना दिसून आले. व्हल्कनीकरणाच्या या पर्यायी प्रक्रियेचा उपयोगाही किंत्येक ठिकाणी होतो.

कठीण रवर-प्रकार

व्हल्कनीकरणासाठी रवरामध्ये सुमारे २ टक्के इतकेच गंधक वापरतात. हे प्रमाण जर सुमारे ३२ टक्क्यांपर्यंत वाढविले, तर एक लाकडासारखा कठीण पदार्थ बनतो, असे नेलसन गुड्हियर यांना १८५० मध्ये दिसून आले. याला व्हल्कनाइट, एबोनाइट, किंवा कठीण रवर (हार्ड रवर) असेही म्हणतात. हा एक उपयुक्त पदार्थ आहे. त्याचा उपयोग मोटारीतोल विजेच्या वॅटरीच्या पेटथ्या, दाताच्या कवळथ्या, फौटनपेनच्या नळच्या, कृत्रिम अवयव, धूमपानाच्या पाइपचा तोंडात धरण्याचा भाग इत्यादी वस्तूसाठी पूर्वी फार होई. अजूनही ते अनेक ठिकाणी वापरले जाते, पण काही ठिकाणी त्याची जागा हड्डी प्लॅस्टिकांनी घेतली आहे.

मध्यंतरीच्या काळात रवरी वस्तू बनविण्याचे कारखाने फ्रान्स, जर्मनी व रशिया या देशांतही निवाले.

रवरी धावा (टायर)

आज रवराचा सर्वांत जास्त खप मोटारी, सायकली व विमाने इत्यादीच्या पोकळ ट्यूब्या व टायर या बनविण्यासाठी होतो. चाकावर रवरी धावा चढविण्यास सुरवात झाली ती भरीव धावापासून. लंडनमधील घोडगाडीच्या चाकांना भरीव धावा प्रथम १८६१ मध्ये बनविण्यात आल्या. त्यामुळे प्रवास जास्त सुवर्कर झाला आणि रस्त्यावरून गाडवा जाताना लोखंडी धावामुळे होणारा खडखडाट वंद झाला. याच सुमारास सायकलीचा शोध लागला.

त्या वेळच्या सायकली आजच्या सायकलीसारख्या आरामशीर नव्हत्या, तरी प्रवास करण्याचे एक स्वतंत्र व सुट्सुटीत साधन म्हणून त्या लोकप्रिय झाल्या होत्या. त्यांना भरीव रवरी धावा वसविण्यात आल्या आणि त्यामुळे रवर-कारखान्यांना उत्पादनाचे एक नवीन क्षेत्र निर्माण झाले.

आज प्रवलित आहेत अशा पोकळ रवरी टायर-ठऱ्याबा वसविण्याची कल्पना १८८८ मध्ये जॉन बॉइंड डनलॉप यांना सुचली. अशीच कल्पना त्यापूर्वी १८४५ मध्ये आर. डब्ल्यू. टॉमसन यांनाही सुचली होती व त्यांनी त्यासंबंधी काही प्रयत्नही केले होते परंतु त्यावेळी तिचे महत्त्व लोकांना पठले नाही व व ती मागे पडली. डनलॉप यांना मात्र हे माहीत नव्हते म्हणून त्यांनी स्वतंत्रपणे प्रयत्न आरंभिले. त्यांनी प्रथम आपल्या मुलांच्या तीनचाकी सायकलीच्या चाकांना हवा भरून फुगविलेल्या रवरी नळथा बांधल्या आणि चाचणी घेतली. डनलॉप आयर्लैंडमध्ये पशुवैद्यकाचा व्यवसाय करीत असत. त्यानिमित्त गावोगाढी सायकलीवरून जाताना रस्त्यातील खाचखळग्राममुळे हादरे वसून हाडे कशी खिल-खिली होतात, याचा त्यांना चांगला अनुभव होता. त्यांनी केलेल्या प्राथमिक धावा म्हणजे चाकाला वसविलेल्या हवा भरलेल्या पोकळ रवरी नळथा, त्यांवर कॅनव्हास कापडाचे आवरण व सर्वांत वर गुंडाळलेल्या जाड रवरी पटशा होत्या. तीनचाकी सायकलीवर प्रयोग करून पाहिल्यावर दुचाकीना त्या वसविण्यात आल्या आणि लोकांना त्या पसंत पडतात, असे आढळल्यावर डनलॉप यांनी त्यांचे एकस्व मिळविले. इतकेच नव्हे तर, १८८९ मध्ये एच. डृयू कॉस यांच्या सहकार्याने अशा धावा वनविण्याचा एक कारखानाही काढला. आता आपण वापरतो त्या तन्हेचे चाकांच्या खोबणीत व कडेला घड वसणारे टायर १८९० मध्ये सी. के. वेल्च यांनी प्रथम वनविले आणि त्यांचे एकस्व मिळविले. डनलॉप कंपनीने ते विकत घेतले व उत्पादन चालू केले. त्यामुळे सायकलीना ते वसविणे शक्य झाले. त्यानंतर १८९५ मध्ये आंद्रे व एडयुअर्ड मिचेलिन यांनी पॅरिस ते बोडों व तेथून परत अशा मोटार-शर्यतीमध्ये आपल्या मोटारीच्या चाकांना रवरी टायर वसून वापरून पाहिले. ते पूर्णपणे समाधानकारक नव्हते हे खरे, तरी या प्रयत्नामुळे त्यांचा प्रसार होण्यास मदत झाली. इ. स. १९१० मध्ये विमानांच्या चाकांसाठी डनलॉप कंपनीने पोकळ रवरी टायर वनविले.

मध्यंतरीच्या काळातील एक उल्लेख करण्यासारखी घटना म्हणजे जुन्या रवरी वस्तू-पासून पुनः वापरता येईल असे रवर मिळविण्याच्या प्रक्रियांचा शोध ही होय. इ. स. १८६५ पासून अशा प्रक्रिया विकसित होऊ लागल्या व निकामी टायर व इतर वाया जाणाऱ्या रवरी वस्तूपासून रवर परत मिळविणे हा रवर-उद्योगाचा आता एक भागच झाला आहे. याप्रकारे वनविलेल्या रवराला पुनःप्रापित रवर म्हणतात (प्रकरण ५ पहा)

कच्च्या रवराचा पुरवठा

मोठारीच्या यायरसाठी रवर वापरू लागल्यापाश्चून रवराची मागणीही वाढू लागली. इ. स. १८५० मध्ये रवराचा जागतिक खप १४६७ ठन होता तो १८९७ मध्ये २१,२६० ठन इतका झाला. त्याकाळी रवराचा पुरवठा मुख्यतः ब्राह्मीलमधून होत असे व जंगलात इत्स्तत: वाढणाऱ्या झाडांपासून ते मिळविले जाई. जंगलात ही झाडे एकाच ठिकाणी नसल्यामुळे रवरचीक जमा करण्यासाठी कामकांयांना खूप भटकावे लागे. चीक काढण्याची ठराविक व कार्यक्षम पद्धतही नव्हती. त्यामुळे खोडाला हव्या तशा व अतिरिक्त खाचा पाडल्यामुळे झाडे मरुनही जात. रवराची मागणी वाढू लागल्यावर जास्त चीक मिळविण्यासाठी कामगारांना वेठीस धरण्यात आले; त्यांच्यावर जुळूम—जबरदस्ती होऊ लागली व त्यामुळे असंतोष निर्माण होऊ लागला. झाडांची संख्या मर्यादित असल्यामुळे ब्राह्मीलचा पुरवठा अपुरा पडणार हेही स्पष्ट आले. आफिकेच्या जंगलातील फुंटुमिया इलेस्टिका व लँडोलिफ्या या झाडांपासून काही रवर मिळविले जाई. परंतु ते हेवियाच्या रवरापेक्षा कमी दर्जाची असे.

कच्च्या रवराची चणचण आज ना उद्या भासू लागणार याची जाणीव रवर—धंद्याला अगोदरच होऊ लागली होती व त्या हृष्टीने तरतूद करण्यासाठी योजना आखल्या जात होत्या. रवराच्या झाडांच्या लागवडी करणे हा एक प्रभावी मार्ग होतो. म्हणून रवर—चीक देणाऱ्या अनेक वनस्पतीपैकी कोणत्या योश्य होतील आणि लागवडी कोठे करता येतील हे ठरविणे आवश्यक होते. त्यासाठी रिचर्ड स्प्रूस व रॅवर्ट कॉस या वनस्पति—शास्त्रज्ञांनी हेविया या वनस्पति—वंशातील अनेक जाती जमा केल्या.

इ. स. १८७२ मध्य लंडन फार्मास्यूटिकल सोसायटीचे जेम्स कॉलिन्स यांनी त्यांचा अभ्यास करून हेविया ब्राह्मीलिएन्सिस ही जात आशिया खंडात लावण्यास योश्य आहे, अशी शिफारस केली व लागवडीसाठी श्रीलंका, मलेशिया (मलाया), बोर्नियो व मारत ही ठिकाणे मुचविली.

लागवडी करण्याच्या मार्गात त्याकाळी एक मोठी अडचण होती. ती म्हणजे हेवियाचे भरपूर वी मिळविणे ही. हे वी नियात करणे आपल्या हिताचे नाही हे जागून दक्षिण अमेरिकेने ते बाहेर नेण्यास वंदी केली होती, पण हेनरी विक्हेम या धाडसी व्यक्तीने त्यातून मार्ग काढला व हा प्रश्न सोडविला. त्यांनी १८७६ च्या सुमारास दक्षिण अमेरिकेस जाऊन वरेच वी जमा केले. तसेच क्यू उद्यानासाठी दुसऱ्या काही वनस्पतीही मिळविल्या आणि त्यावरोवरच हे वीही बोटीवर चढविले. असे सांगतात की, बोटीवर भरलेल्या मालाची तपासणी झाली असती, तर वी बाहेर जात असल्याचे उघडकीस आले असते. म्हणून त्यांनी वंदरावरील अधिकाऱ्यांना सांगितले की, “लंडनमधील क्यू उद्यानासाठी अनेक

नाजुक बनस्पतीचे नमुने मी घेतले आहेत. बोटीची तपासणी करण्यात वेळ गेला, तर त्या मरुन जातील ! तपासणी करू नये, तिची काढी आवश्यकताच नाही ! ” विक्रैंग यांचे म्हणणे अधिकांशांना पठले आणि हेवियाचे बी लंडनला निर्यात झाले, अशी आख्यायिका आहे. क्यू उद्यानात विथांपासून रोपे करण्यात आली व ती प्रथम श्रीलंक येथे व नंतर मलेशिया (मलाया), सिंगापूर व भारत येथे लागवडीसाठी पाठविण्यात आली. या लागवडीपासून मिळालेले रबर १९१० मध्ये प्रथम बाजारपेठेत आले. त्यावेळी त्याचे प्रमाण अल्प होते पण उत्तरोत्तर ते वाढत जाऊन १९२७ मध्ये जागतिक उत्पादनाच्या ९६ टक्के व १९३३ मध्ये ९८.६ टक्के इतके ते वाढले. सध्या बाजारात असणारे बहुतेक सर्व रबर लागवडीपासून मिळविलेले असते. मूळच्या आडांपासून हेकटरी दरसाल सुमारे ५०० किंव. रबर मिळे; पण डच मल्हेवाल्यांनी १९१० पासून चांगले बी वापरण्यास व कलमे करण्यास सुरुवात केली. त्यामुळे उत्पादनात वाढ होऊन आज हे प्रमाण दरसाल हेकटरी सुमारे २ हजार किंव. इतके वाढले आहे. मोठमोठथा मलथांप्रमाणेच १९१८ ते १९३८ या काळात लहान रबर-लागवडीही अस्तित्वात आल्या आहेत. रबर-उत्पादन हा एक श्रमग्रधान उद्योग आहे. इ. स. १९३१ ते १९३८ या कालखंडात सुमारे ५ लक्ष हिंदी मजूर मलेशियात गेले, त्यांना या उद्योगाने आश्रय दिला.

रबर-धंद्याच्या प्रारंभी वस्तू बनविण्यासाठी करावयाच्या मिश्रणात रबराबरोबर गंधक, लिथार्ज, मॅनेशिया इ. मोजके पदार्थ वापरीत. गंधकामुळे व्हल्कनीकरण घडते व इतर पदार्थांमुळे ही किंवा सुलभ होते इतपत कल्पना त्याकाळी होती. याशिवाय इतर पदार्थ मिसळावयाचे झाले तर ते रबराची बचत करण्यासाठी अशी समजूत होती. ते मिसळल्याने वस्तूमध्ये काही उपयुक्त गुण येतील अशी कल्पना नव्हती. सी. हाइझरलिंग व डब्ल्यू. पाहूळ यांनी रबरात असे पदार्थ मिसळल्याने वस्तूच्या गुणधर्मावर काही परिणाम घडतो का हे अजमावयासाठी १८९१ मध्ये संशोधनास सुरुवात केली. मॅनेशिया व शिंक ऑनसाइट यांनी रबरी वस्तूची बढकटी वाढते असे त्यांना दिसून आले. मिश्रणात कार्बन बळूक समाविष्ट केले असता वस्तूला त्याहीपेक्षा जास्त बढकटी येते हे १९०४ मध्ये एस. सी. मोट यांनी दाखविले.

रबरी वस्तूच्या गुणधर्मांचे मल्यमापन करण्यासाठी वापरावयाच्या पद्धती आणि परीक्षण करण्याची उपकरण यांचा विकास १९०८ पासून होऊ लागला. त्यांच्या साहाय्याने जे ज्ञान मिळाले त्यामुळे रबरी वस्तूमध्ये आवश्यक ते गुण योग्य त्या प्रमाणात यावेत यासाठी रबरामध्ये कोणते पदार्थ मिसळावे व ते किंती प्रमाणात मिसळावे, याचे आता एक शास्त्र बनले आहे; तसे पूर्वी नव्हते. मोठारीचे आधुनिक रबरी टायर इतके टिकाऊ बनले आहेत, त्याचे एक कारण ते बनविण्यासाठी योग्य पदार्थ वापरून डोळसपणाने केलेली रबर-मिश्रण होत.

मोटारीचा प्रसार होऊ लागल्यावर रबराची मागणीही वाढू लागली. त्यामुळे किंमतीत चढउतार होऊ लागला. कित्येकदा तो जाणवेल इतका तीव्र असे. शिवाय रबराच्या लागवडी मुख्यत: आग्नेय आशियात असल्यामुळे यूरपमधील काही राष्ट्रांना त्याच्या पुरवठेची शाश्वती वाटत नव्हती. जर्मनी व रशिया ही अशा राष्ट्रांची उदाहरणे होत. या कारणामुळे मानवी प्रयत्नांनी कारखान्यात रवर बनविणे राष्ट्राच्या हिताचे होईल हे जाणून त्या हास्टीने संश्लेषणाने रवर बनविण्याच्या प्रयत्नांना प्रथम चालना मिळाली. एखादा नैसर्गिक पदार्थ संश्लेषणाने बनवावयाचा असेल तर नैसर्गिक पदार्थाच्या रेणूमध्ये अणंची जशी रचना असेल तशी मानवी प्रयत्नांनी घडवून आणावी लागते. महणून रबराच्या रेणूत कोणती मूलद्रव्ये आहेत व ती एकमेकांस कशा तन्हेने जोडली गेलेली आहेत या संबंधीचे ज्ञान असणे अत्यंत महत्वाचे होते. रवरावर अनेक रासायनिक विक्रिया करून शास्त्रज्ञांनी ते मिळविले. त्याचप्रमाणे रासायनिक मागांनी रबराच्या रेणूचे खंड पडल्याने भिळालेल्या पदार्थांपासून, ते खंड रासायनिक क्रियांनी परत जोडून रवर बनविण्याचे प्रयत्न करून पाहिले. त्यात काही प्रमाणात त्यांना यश आले परंतु या ज्ञानाचा उपयोग करून प्रत्यक्ष नैसर्गिक रवर बनविण्याचे प्रयत्न करण्याएवजी रबराच्या रेणूजी साम्य असेले रवर-संदर्शन पदार्थ बनवून पाहणे जास्त श्रेयस्कर होईल असे शास्त्रज्ञांच्या लवकरच लक्षात आले. महणून त्या दिशेने त्यांनी प्रयत्न आरंभिले. (प्रकरण ६ पहा)

संलेखित रवर-विकासाच्या या प्राथमिक अवस्थेत असे दिसून आले की या संलेखित पदार्थाचे व्हल्कनीकरण घडविणे फार कठीण असते. त्याचप्रमाणे हवेतील ॲक्सिसजनमुळे ही रवरे लवकर खाराव होतात. यावर उपाय शोधताना जर्मन शास्त्रज्ञांना असे आढळून आले की पिपेरिंडिन या क्षारकीय पदार्थांमुळे ॲक्सिसजनवा अनिष्ट परिणाम कमी होईल व व्हल्कनीकरण फारच त्वरेने होते. त्यानंतर नैसर्गिक रबरावर असेच प्रयोग करून पाहण्यात आले तेव्हा तेथेही अशाच कार्बनी क्षारकीय पदार्थांमुळे व्हल्कनीकरण-वेग वराच वाढतो असा प्रत्यय आला. या निरीक्षणाच्या आधाराने अनेक अमाईने आणि ॲलिफेटिक व ॲरो-मॅटिक अमाईनांची कार्बन डायसलफाइडवरोवर रासायनिक विक्रिया होऊन बनलेली संयुगे या कामी वापरून पाहण्यात आली. त्यांपैकी कित्येक उपयोगी ठरली. याच सुमारास पण स्वतंत्रपणे, अमेरिकेतील डायमंड रवर कंपनीतील जॉर्ज ॲननस्लागर यांनी कमी प्रतीचे रानटी रवर चांगल्या दर्जाच्या रबराच्या जागी वापरता याचे या हेतूने ॲनिलीन या क्षारकीय पदार्थांचा उपयोग १९०६ मध्ये करून पाहिला. तेव्हा त्यांना आढळले की ॲनिलिनमुळे रानटी रवराचे, तसेच चांगल्या ग्रतीच्या रबराचेही व्हल्कनीकरण त्वरेने घडून येते. ॲनिलीन विषारी असते असा अनुभव आल्यावर त्याच्या ऐवजी कार्बन डायसलफाइडवरोवर ॲनिलि-नची विक्रिया होऊन बनलेले थायोकार्ब ॲनिलाइड हे संयुग व त्याच्या पाठोपाठ अशीच अनेक संयुग वापरून पाहण्यात आली व तीही या हास्टीने उपयुक्त आहेत असा प्रत्यय आला. अशा

पदार्थाना वहलकनीकरण-प्रवेगके किंवा प्रवेगके म्हणतात. रवर-मिश्रणात त्यांचा समावेश केल्याने वहलकनीकरण-वेग वाढतो येवढेच नव्हे तर तापमानही कमी लागते आणि गंधकाचे प्रमाणगही कमी करता येते. याशिवाय रवरी वस्तूच्या उपयुक्त गुणातही त्यांच्या योगाने सुधारणा होते असा अनुभव आल्यामुळे रवर-धंद्यात प्रवेगके अत्यंत महत्वाची ठरली आहेत. आज हजारो प्रवेगके ज्ञात असून त्यामध्ये विविध रासायनिक संयुगांचा समावेश आहे. प्रवेगकांच्या शोधापूर्वी वहलकनीकरणास लागणारा कालावधी कमी बहावा म्हणून लेड कार्बोनेट, लिथार्ज आणि कॅलिशयम व मॅग्नेशियम यांची ऑक्साइडे इ. अकार्बनी पदार्थ वापरीत; परंतु ते आधुनिक कार्बनी प्रवेगकांइतके कार्यक्षम नव्हते.

पहिल्या महायुद्धाच्या वेळी दोस्त राष्ट्रांनी जर्मनीला होणारा रवर-पुरवठा तोडला. तेव्हा जर्मनीने 'मिथिल रवर' नावाचे संश्लेषित रवर तयार करून वेळ निभावून नेणी. हे रवर फारसे समाधानकारक नव्हते परंतु युद्धकाळी ते जर्मनीस उपयोगी पडले. मोठ्या प्रमाणावर बनविण्यात आलेले हे पहिले संश्लेषित रवर होय.

इ. स. १९२० नंतर रवर-चिकाचा उपयोग वस्तू बनविण्यासाठी होऊ लागला. ही सुद्धा एक महत्वाची घटना आहे. चिकामध्ये अमोनिया मिसलून तो टिकाऊ करणे साधल्या-मुळे त्याची दूरवर निर्यात शक्य झाली. इ. स. १९२३ च्या सुमारास श्रीलंका, मलेशिया व जावा येथील मले सुधारणा प्रयोग वस्तू बनविण्याइतके त्याचे उत्पादन होऊ लागले. चिकामध्ये मोठ्या प्रमाणात असेलेले पाणी ही निर्यातीच्या मार्गातील एक अडवण होती, परंतु त्यानंतर लवकरच संहत चीक बनविण्याच्या प्रक्रिया साध्य झाल्यामुळे अनेक संहत चीक-प्रकार उपलब्ध झाले आहेत, हे मार्गे आलेच आहे. इ. स. १९२४ पासून चिकाचा उपयोग करून निमज्जन पद्धतीने (प्रकरण ४ पहा) वस्तू बनविण्यास सुरुवात झाली. या पद्धतीत जी वस्तू बनवावयाची असेल तिचा लाकडी अथवा चिनी मारीचा बनविलेला आकार चिकात बुद्धवून बाहेर काढतात व वाळल्यावर वस्तू त्या आकारापासून सोडवून घेतात. रवर-फेस किंवा सञ्जिद्र रवर व त्याच्या वस्तू बनविण्यासाठीसुद्धा चिकाचा उपयोग केला जातो.

दुसरे महायुद्ध सुरु झाल्यावर १९४१ मध्ये जपानने आमनेय आशियातील रवर-लागवडीचा तावा भिळविला तेव्हा अंट ब्रिटन व अमेरिका यांच्यापुढे रवर-पुरवठ्याचा प्रभ उभा राहिला. या राष्ट्रांनी संश्लेषित रवरे बनविण्याचे प्रयत्न यापूर्वी थोडेफार केले होते, पण मोठ्या प्रमाणावर निर्मिती केली नव्हती. युद्धसामग्रीत रवर महत्वाचे असल्यामुळे रवर पुरेसे मिळाले नाही, तर शरणागतीची वेळ येईल, याची जाणीव तीव्रतेने होऊ लागली. अमेरिकेने रवराचा काही साठा करून ठेवला होता; पण तो जेमतेम एक वर्ष पुरेल इतकाच होता. अमेरिकेत त्यावेळी जी संश्लेषित रवरे बनत होती ती मुख्यतः विशेष टिकाणी उपयोगी पडणाऱ्या प्रकारची होती. सर्वसामान्य उपयोगासाठी (टायर वगैरे

बनविण्याकरिता) योग्य अशा जीआरएस (अता एसबीआर म्हणतात) वर्गेरे रवरांचे उत्पादन होत नव्हते परंतु प्रथत्नांची पराकाढा करून १९४४ च्या अखेर अमेरिकेने अशा तम्हेच्या रवरांचे उत्पादन १० लक्ख टन इतक्या भोठथा प्रमाणावर केले.

युद्ध संपल्यानंतर रवर-लागवडी पूर्ववत होऊ लागल्या आणि नैसर्गिक रवर पुनः उपलब्ध झाले, संश्लेषित रवरांच्या उत्पादनात अमेरिकेने बरेच भांडवल गुंतविले असल्यामुळे त्यांची निर्मिती बंद करणे तोटवाचे होते, त्यामुळे नैसर्गिक रवराशी त्यांना स्पर्धा करणे आवश्यक झाले. तथापि दिवसेंदिवस रवरांचे नवनवीन उपयोग माहीत आल्यामुळे रवराचा खप सतत वाढत आहे. शिवाय काही संश्लेषित रवरे अपाल्या विशेष गुणांमुळे कित्येक ठिकाणी अप्रतिम आहेत, असा अनुभव आल्यामुळे नैसर्गिक व संश्लेषित या दोन्ही रवर प्रकारांचा खप वाढत राहिला आहे.

आज संश्लेषित रवरे आणि नैसर्गिक रवर वा दोन्ही क्षेत्रांत संशोधन चालू आहे नैसर्गिक रवराच्या रेणूत फेरफार करून त्यात इष्ट ते गुणधर्म आणण्याचे प्रश्न तो होत आहेत; तसेच त्याचे हेकटरी उत्पादन वाढवून किंमत खाली आणण्याचेही प्रयत्न केले जात आहेत.

रवरी वस्तु बनविताना कच्च्या रवरामध्ये गंधक, शिंक ऑक्साइड, प्रवेगके, कार्बन ब्लॅक इत्यादी पदार्थ मिसळावे लागतात, याचा उल्लेख झालाच आहे. या पदार्थांप्रमाणेच प्रवेगांना कार्यप्रवृत्त करण्यासाठी, हवेतील ऑक्सिजन व ओओन वायू आणि सूर्यप्रकाश यांचा रवरी वस्तूवर होणारा विनाशक परिणाम कमीत कमी व्हावा, वस्तूला इष्ट तो रंग यावा या व अशाच इतर कारणासाठी कित्येक पदार्थांचा रवर-मिश्रणात समाविश करावा लागतो (प्रकरण ४ पहा).

कच्च्या रवरात हे पदार्थ मिसळून बनविलेल्या वस्तूचे भौतिक व रासायनिक गुणधर्म आणि वस्तू वापरताना लागणारी गुणवत्ता यांचे परस्पर संबंध प्रस्थापित करण्याचे काय प्रथम अमेरिकन सोसायटी फॉर टेस्टिंग मटीशिल्स या संस्थेने १९१२ मध्ये सुरु केले. त्यानंतर इतर देशांतही असेच प्रयत्न होऊन निरनिराळ्या वस्तूंसाठी आवश्यक गुणधर्मपत्रके सिद्ध झाली आहेत. या पदार्थांमुळे उत्पादकास योग्य गुणवत्तेचा माल निर्माण करण्यास मार्गदर्शन होते आणि ग्राहकास खरेदी केलेला माल योग्य दर्जाचा आहे किंवा नाही याची खात्री करून घेता येते.

भारतीय रवर-उद्योग

भारतात रवर-धंद्याची सुरवात १९२० मध्ये झाली, कलकत्ता येथे त्यासाली डिक्सी आया रवर फॉक्टरी या नावाचा सर्वसामान्य रवरी मालाचा एक कारखाना सुरु झाला. तो १९२५ पर्यंतच चालला. त्यानंतर १९२८ मध्ये वेंगॉल वॉटरप्रुफिंग वर्क्स नावाचा जलाभय

कापड बनविण्याचा एक आणि रबर-विलेपित तारा बनविण्याचा एक असे दोन कारखाने कलकर्त्यात निघाले. रबर-धंद्याची खरी सुखावात मात्र १९३४ मध्ये आलेल्या 'इंटरनेशनल रबर रेग्युलेशन ऑफिसेंट' या करारानंतर झाली. या करारामुळे भारतातील वरेच रबर देशी उद्योगास किफायतशीर भावात उपलब्ध झाले. भारतात मजुरीचे दर कमी असल्या-मुळे कित्येक परदेशी कंपन्यांनीही आपले कारखाने भारतात स्थापन केले. दुसऱ्या महायुद्धाने भारतीय रबर-धंद्यास अनुकूल परिस्थिती प्राप्त झाली. युद्धकाळात, आवश्यक वस्तूंचेरीज इतर उत्पादनावर जरी नियंत्रण होते तरी यंत्रसामग्रीचे व उद्योगधंद्यात लागणाऱ्या रबरी वस्तूंच्या उत्पादनास उत्तेजन मिळाले. युद्धानंतर भारतात रबर-धंद्याची वाढ झाली आणि कच्च्या मालाची आवश्यकता जास्त भासू लागली. त्यामुळे इ. स. १९५० पासून कच्च्या रबराची निर्यात थांबली.

इ. स. १९६९-७० साली रबर-वस्तू उत्पादनाची १२५० केंद्रे होती. त्यापैकी ६१ मोठ्या आणि वाकीची मध्यम व लघु उद्योग-क्षेत्रात होती. आज सु. ३५०० पेक्षा जास्त उत्पादन-केंद्रे असून त्यामध्ये सु. २ लाख लोकांना चरितार्थाचे साधन मिळून उत्पादन शेकडो कोटी रुपयांच्या घरात पोचले आहे. या कारखान्यांत मोटारींचे व सायकलींचे विविध प्रकारचे टायर व ट्यूब्यांचे बनविल्या जातात. त्यासाठी सु. ५०८८के रबर वापरले जाते. याशिवाय पादत्राणे, ट्यूलींची चाके, रुळ, अस्तरे, चालक व वाहक पट्टे, नळ व नळाचा, रबर-विलेपित कापड व तारा, सच्चिद्र रबर, रबरी धागे, चेंडू व इतर खेळणी, खोडरबरे इत्यादी नामाविध वस्तू तयार होतात. अजूनही लघु उद्योग-क्षेत्रात व्ही पट्टे, वरगुती उपयोगांच्या नळथा, शापखान्यांचे रुळ, हवामानखाल्याला लागणारे फुगे, भरीव धावा, धागे, आसंजके (वस्तू चिकटविण्यास उपयोगी द्रावणे) इत्यार्दिच्या उत्पादनास आणि मोटारींच्या वापरलेल्या टायरवरील झिजलेला खवल्यांचा भाग काढून त्याजाची नवीन खवले वसवून टायर पुनः वापरण्यायोग्य करण्याचा (रिट्रिंग) व्यवसाय यांना चांगला वाव आहे.

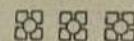
रबर-धंद्यास लागणारी बहुतेक सर्व यंत्रसामग्री आता भारतात तयार होते. टायरच्या उत्पादनाची यंत्रसामग्री मात्र आयात करावी लागते. रबर-धंद्यात लागणारे इतर पदार्थांची आता भारतात होतात.

रबर-रसायनांचा पहिला कारखाना १९६३ मध्ये रिश्रा (कलकत्ता) येथे अल्कली अँड केमिकल कॉर्पोरेशन ऑफ इंडिया या नावाने स्थापन झाला. त्यानंतर बायर (इंडिया) लिमिटेड हा कारखाना मुंबईस अनेक उपयुक्त रासायनिक पदार्थ बनवू लागला. सर्व प्रवेगके आणि ऑक्सिजन व ओक्सीन प्रतिरोधके आता भारतात होतात. कार्बन ब्लॅक बनविणारा एक कारखाना कलकत्ता येथे व एक मुंबईस (युनायटेड कार्बन कंपनी ऑफ इंडिया) आहे. खनिज व कार्बनी वर्णदायक पदार्थ, कलरकेम कंपनी, मुंबई व सुदर्शन केमिकल वर्क्स पुणे हे कारखाने बनवितात. जुने व निकामी रबरी टायर, ट्यूबा व इतर माल

यापासून पुनःप्रापित रबर वनविणारे ४ कारखाने भारतात आहेत.

टिट्टेनियम डायऑक्साइडचे उत्पादन त्रिवेदम येथील टिट्टेनियम प्रॉडक्ट्स लि. या कारखान्यात होते. याशिवाय लागणारे स्टिअरिक अम्ल, जिंक ऑक्साइड, पाईन टार, इत्यादी पदार्थी भारतात तयार होतात. डायरसाठी लागणारे सुती, रेयोन व नायलॉनचे कॉर्ड कापड, कंगोन्यात बालण्याच्या तारा, ट्यूबच्या झडपा इ. माल मुंबई, कलकत्ता, राजस्थान व दिल्ली येथे तयार होते.

भारतीय रबरी वस्तुना परदेशातही मागणी आहे. इ. स. १९८१-८२ या साळी सु. ४०,३०,००,००० रुपये किंमतीचा माल निर्यात झाला.



प्रकरण ४

रबराच्या वस्तू कशा बनवितात ?

रबराच्या वस्तू केवळ कच्च्या नैसर्गिक किंवा संश्लेषित रबराच्या नसतात. वस्तूच्या अंगी आवश्यक असलेले गुण यावे यासाठी कच्च्या रबरात अनेक पदार्थ मिसळावे लागतात आणि त्या मिश्रणावर काही प्रक्रिया कराव्या लागतात. त्यामुळे रबरी वस्तू बनविण्याची कृती ३ टप्प्यांची असते.

कच्च्या रबरात इष्ट पदार्थ मिसळून एकजीव मिश्रण बनविणे हा पहिला, त्या मिश्रणाचा वस्तू बनविण्यासाठी उपयोग करणे हा दुसरा आणि व्हल्कनीकरण घडविणे हा तिसरा टप्पा होय. काही ठिकाणी दुसरा व तिसरा टप्पा एकत्र होतात.

रबर-धन्याच्या प्रारंभी अशी समजूत होती की, वस्तू निर्भेळ रवराची बनविणेच उत्तम; पण तसे कराव्याचे म्हटले तर वस्तू महाग पडेल म्हणून ती स्वस्त करण्यासाठीच त्यात इतर स्वस्त पदार्थांची भर घालावयाची. परंतु व्हल्कनीकरणाचा शोध लागला तेह्वा गंधक, लिथार्ज, झिंक औक्साइड इत्यादी पदार्थ मिसळणे आवश्यक झाले, त्यानंतर आणखीही काही पदार्थ मिसळले तर रबरी वस्तूला आवश्यक असलेले गुण योग्य प्रमाणात प्राप्त होतात असे दिसून आले आणि त्यामुळे वस्तू केवळ स्वस्त पडावी म्हणून रवरात इतर पदार्थ मिसळतात हा गैरसमज दूर झाला.

वस्तूचे अपेक्षित गुण

रबरी वस्तूच्या उपयोगाचे क्षेत्र फार विस्तृत आहे. वस्तुपरत्वे तीमध्ये काही गुण अत्यंत आवश्यक असतात तर काही थोड्या प्रमाणात असले किंवा नसले तरी चालतात. उदाहरणार्थ, चही कमरेला घट बसावी म्हणून तिला लावण्याच्या रबरी पट्टीच्या अंगी प्रत्यास्थिता हा गुण मेठ्या प्रमाणात हवा असतो पण विचुत-प्रवाहरोध या गुणाची आवश्यकता नसते. मोटारीच्या टायरच्या आतील हवा भरण्याच्या टथूबसाठी वापराव्याचे रवर फाटण्यास विरोध करील आणि भरलेली हवा बाहेर जाऊ देणार नाही असे पाहिजे असते. नाहीतर हवा वारंवार भरावी लागेल आणि भोक पडले, तर ते पसरत जाईल

आणि दुरुस्ती करणे कठीण होईल. टायरच्या बाहेरील भागाचा रस्त्याच्या पृष्ठभागाशी जेथे संपर्क होतो त्या भागाचे रबर धर्वणाने लवकर झिजणार नाही असे असले पाहिजे आणि धावेच्या उया बाजू असतात (आकृती १५ पहा) त्यासाठी वापरावयाचे रबर पुनः पुनः वाकविले व सरळ केले, तरी तडकणार नाही व उद्घात सहन करील असे असावे लागते. कारण गाडी चालते तेव्हा त्या भागाला सतत आळीपाळीने आकुंचन व प्रसरण पावावे लागते आणि उत्पन्न होणारी उद्घात सहन करावी लागते. अनेक रबरी वस्तू आकर्षक रंगाच्या कराव्या लागतात, तर काहीचा पृष्ठभाग कमीजास्त मृदू असावा लागतो. यांशिवाय हवेतील ऑक्सिजन, ओज्ञोन व सूर्यप्रकाश इत्यादीच्या योगाने वस्तूचा जो नाश संभवतो तो शक्य तितका कमी व्हावा आणि त्याचबरोबर वस्तूची किमत वाजवी राहावी हे उद्देशही साधावयाचे असतात. कच्चे घनरूप रबर फार कणखर असते. त्याच्यावर कोणतीही कृती करावयाची, तर फार कष्ट पडतात; यांत्रिक शक्तीही जास्त लागते. या अनिष्ट गोष्टी टाळण्यासाठीही रबरात काही पदार्थ मिसळणे भाग पडते.

या विविध कारणांमध्ये रबरात अनेक पदार्थ मिश्र केले जातात. कोणता पदार्थ मिसळला असता कोणता गुण येतो व त्यासाठी कोणत्या प्रमाणात पदार्थ मिसळावा, यांचिष्यी रबर-धंद्याच्या प्रारंभी पुरेसे ज्ञान नव्हते. पण आता ते मिळाले असून रबरात पदार्थ मिसळण्याचे एक शास्त्र आले आहे: त्यास कांपाउंडिंग म्हणतात

रबरात मिसळावयाच्या पदार्थांच्या यादीत शेकडो पदार्थांचा समावेश होतो. परंतु त्यांची कायं मोजकी असल्यामध्ये कार्यानुसार त्यांचे वर्गीकरण करणे सोयीचे पडते. ते वर्ग म्हणजे (१) व्हल्कनीकारके, (२) प्रवेगके, (३) सक्रियकारके व मंदायके, (४) प्रवलके, (५) ऑक्सिजन-प्रतिरोधके व ओज्ञोन-प्रतिरोधके, (६) प्लॅस्टिकीकारके व मृदुकारके, (७) अपघर्षके (८) वर्णदायके, (९) केवळ भर म्हणून वापरावयाचे पदार्थ व (१०) संकीर्ण पदार्थ हे होते.

(१) व्हल्कनीकारके - रबराचा मुळचा अस्थिरपणा व्हल्कनीकरणाने जातो हे मागे आलेच आहे. सामान्यतः गंधक हे व्हल्कनीकारक म्हणून वापरले जाते व त्याचे प्रमाण रबराच्या सुमारे २-४ टक्के इतके असते. नियोप्रिन व संश्लेषित रबरांसाठी गंधक तसेच ग्रिंक ऑक्साइड, कार्बनी पेरॉक्साइडे, किंवरोन या संयुगाचे अनुजात इत्यादी, व्हल्कनीकारके म्हणून उपयोगी पडतात. काही ठिकाणी गंधकाएवजी गंधक हा घटक असलेली कार्बनी संयुगेही यासाठी उपयोगी पडतात. उदा., टेट्रामिथिल थाययूराम डाय-सलफाइड. व्हल्कनीकरण होताना यामधील गंधक बाहेर पडते व ते ही प्रक्रिया घडवून आणते. गंधकाच्या जागी ती वापरणे महाग पडते, परंतु त्यांच्यामुळे वस्तूच्या अंगी काही गुण जास्त प्रमाणात येतात म्हणून परवडेल अशा ठिकाणी ती वापरतात. सलफर मॉनो-क्लोराइड या संयुगानेही व्हल्कनीकरण घडते. परंतु ते रबरात मिश्र करून वापरीत नाहीत,

सेलेनियम व टेल्यूरियम या मूलद्रव्यांचा उपयोग दुश्यम व्हल्कनीकारके म्हणून गंधक व प्रवेगके योन्यावरोवर केला जातो.

(२) प्रवेगके - मिश्रणात गंधक वापरले व उष्णता दिली म्हणजे व्हल्कनीकरण घडते पण त्याला बराच वेळ लागतो. गंधकावरोवर लिथार्ज वापरले तर ही [प्रक्रिया थोडी लवकर घडते हे गुडइयर यांच्या लक्षात आले होते. त्यानंतर लेड कार्बोनिट, कॅल्सियम ऑक्साइड, मॅग्नेशियम ऑक्साइड इत्यादी अकार्बनी संयुगांनीही तसाच परिणाम घडतो असाही अनुभव आला होता. या अकार्बनी संयुगांपेक्षा काही कार्बनी संयुगे व्हल्कनीकरण वेग वाढविण्याच्या कमी फारच प्रभावी ठरतात असे प्रथम १९०६ मध्ये दिसून आले हे मार्ग आलेच आहे. या पदार्थांना प्रवेगके म्हणतात. प्रवेगकांनी व्हल्कनीकरण त्वरेने होते; इतकेच नव्है, तर इतरही फायदे होतात. त्यांच्या योगाने व्हल्कनीकरण कमी तापमानासही घडविता येते. या गुणधर्मामुळे सतेज कार्बनी रंग वापरता/ येऊ लागले. प्रवेगकांच्या शोधापूर्वी रंगासाठी आर्थर ऑक्साइड, अॅटिमनी सल्फाइड इत्यादी उच्च तापमानात ठिकतील असेच पदार्थ वापरावे लागत. ते मंद व निस्तेज असल्यामुळे आकर्षक रंगच्छटा मिळत नसत. कार्बनी संयुगे अशा उच्च तापमानात ठिकत नसल्यामुळे पूर्वी ती वापरता येत नव्हती. प्रवेगकांमुळे ती वापरता येऊ लागली. प्रवेगकांमुळे व्हल्कनीकरणासाठी गंधकाचे प्रमाणही कमी लागते.

सामान्यतः व्हल्कनीकरण घडविण्यासाठी योग्य त्या तापमानास वस्तु तापविण्यास सुखवात केली म्हणजे क्रमाक्रमाने त्या वस्तूचे ताणबल वाढत जाते व एका ठराविक मर्यादिस पोचून ते काही काळ स्थिर राहते व त्यानंतर [तापविणे चालू ठेवल्यास ते कमी होऊ लागते. ताणबलाचा वस्तूच्या गुणवत्तेशी फार संबंध असतो. प्रवेगक वापरले नाही तर ताणबल स्थिर राहण्याचा काळ फार अल्प असतो. पण प्रवेगकामुळे त्यात वरीच वाढ होते. या गुणधर्मावा उपयोग जाड वस्तूचे व्हल्कनीकरण घडविण्यासाठी करून घेता येतो. वस्तूचे व्हल्कनीकरण अंतर्वाग्र सर्वत्र पूर्ण झाले पाहिजे हे उघड आहे. जाड वस्तूला उष्णता देऊ लागल्यावर ती आतपर्यंत लवकर पोचत नाही म्हणून जास्त काळ द्यावा लागतो. अन्यथा आतला भाग कचवा राहण्याचा संभव असतो. प्रवेगक वापरले असता ते शक्य होते व वाहेरच्या भागाप्रमाणेच आतल्या भागाचेही व्हल्कनीकरण संपूर्णपणे घडविता येते.

प्रवेगकांचे मंद(स्लो), मध्यम (मीडियम), शीघ्र (फास्ट) व अतिशीघ्र (अल्ट्रा फास्ट) इत्यादी अनेक प्रकार उपलब्ध आहेत. त्यामुळे व्हल्कनीकरणाचे नियंत्रण करता येते, हा एक मोठा फायदा आहे. प्रवेगकांमुळे उत्पादन-वेग वाढतो, खर्चात बचत होते व वस्तूची गुणवत्ताही सुधारता येते. रवर-उद्योगात व्हल्कनीकरणाइतकेच प्रवेगकांनाही महत्त्वाचे स्थान आहे ते त्यामुळे च.

डायफिनिल ग्नानिडीन (दीपीजी) हे मध्यम, मरकेप्टोबैंझोथायांगोल (एम्बीटी) हे शीघ्र व टेट्रामिथिल थाययूराम डायसलफाइड (टीएम्टीडी) हे एक अतिशीघ्र प्रवेगक आहे, आज शेकडो प्रवेगके उपयोगात आहेत, व काही नवीन झोधून काढली जात आहेत.

(३) सक्रियकारके व मंदायके - प्रवेगकांमुळे बहलकनीकरण त्वरित होते, हे खरे; परंतु त्याची किया सुरु होण्यास काही काळ जावा लागतो. तो कमी बहावा म्हणूनही काही पदार्थ रवरात मिसळता येतात. शिंक ऑक्साइड व मेदाम्ले, डायथायोकावमिट व थाययूराम डायसलफाइड ही अशा पदार्थांची उदाहरणे आहेत. त्यांना सक्रियकारके किंवा दुष्यम प्रवेगके असेही म्हणतात.

काही ठिकाणी प्रवेगक मिश्र करून रवर-मिश्रण बनवीत असताना किंवा मिश्रण बनविल्यावर पुढील प्रक्रिया करण्यासाठी काही काळ ठेवले असता अगोदरच बहलकनी-करण घडून मिश्रण वाया जाण्याचा संभव असतो. उद्या वेळी बहलकनीकरणाची गती मंद करणे आवश्यक असते. त्यासाठी उपयोगी पडणाऱ्या पदार्थांना मंदायके म्हणतात. सामान्यत: अम्लांच्या योगाने किंवा अम्लधर्मी पदार्थांनी बहलकनीकरणाचा वेग मंदावतो. खेळिक अन्हायडाइड, वेळॉइक अम्ल, सेलिसिलिक अम्ल ह. पदार्थ मंदायके म्हणून उपयोगी पडतात.

(४) प्रबलके - रवरी वस्तू ज्या कामाकरिता वापरावयाची असेल त्याला अनुसरून तिळा कमीअधिक बळकटी आवश्यक असते. बळकटी अनेक प्रकारची असू शकते. उदा., घर्षणाने लवकर जिजून न जाण्यासाठी लागणारी, फाटण्यास विरोध करणारी, वारंवार आकुंचन-प्रसरण होत असताही वस्तू भेंग पावू नये यासाठी लागणारी इत्यादी. रसायने व उष्णता यांचा परिणाम होऊनये म्हणून व कठीणपणा वाढण्यासाठी सुद्धा प्रबलके वापरतात. कार्बन बळक हा कार्बनप्रकार प्रबलकाचे एक प्रमुख उदाहरण आहे. कार्बन बळक न वापरता बनविलेला मोटारीचा पूर्वीचा रवरी टायर सुमारे ५,००० मैल प्रवास होईपर्यंत ठिकत असे; पण ते वापरून बनविलेला आधुनिक टायर जवळजवळ ५०,००० मैल होईपर्यंत जिजून निकामी होत नाही. कार्बन बळकचे अनेक प्रकार उपलब्ध आहेत. ते वेगवेगळ्या कृतींनी बनविलेले असून रवराला बळकटी देण्याच्या त्यांच्या गुणांतही फरक असतो. काही कार्बनेट, सिलिका, शिंक ऑक्साइड व काही मृत्तिकाही प्रबलके म्हणून उपयोगी पडतात.

(५) ऑक्सिजन व ओज्जोन प्रतिरोधके - हवेतील ऑक्सिजन आणि ओज्जोन या वायूंचा रवरावर अनिष्ट परिणाम घडतो. त्यामुळे वस्तू हळूहळू नाश पावते. हा परिणाम सूर्यप्रकाश, उष्णता आणि रवर विरध्वचिणारी रसायने यांच्या सान्धियात जास्त लवकर घडतो. या परिणामास विरोध बहावा यासाठी अनेक रसायने उल्प प्रमाणात (०.५ ते १ टक्का) वापरली जातात. द्वितीयक ॲरोमेटिक अमाइने, अलडॉल अल्फा नॅफ्थिल अमाइन, डायबीटानॅफ्थिल पेराफेनिलीन डाय अमाइन ही त्यांपैकी काही होत.

रबरी वस्तूच्या पृष्ठभागावर एखाद्या पदार्थाचा संरक्षक थर दिल्याने हा हेतू साध्य करता येतो. यासाठी पैराफिन मेण व सूक्ष्म स्फटिकी मेणे यांचा वस्तू बनविण्याच्या मिश्रणात समावेश करतात. वस्तू बनविल्यावर हे पदार्थ अंतर्भागातून वस्तूच्या पृष्ठभागावर येतात व घराच्या रूपाने राहुन वस्तूचे रक्षण करतात. संश्लेषित रबर हा एक घटक असलेल्या मिश्रणात, उदाहरणार्थ स्टायरीन ब्यूटाडीन (एस्बीआर) आणि ब्यूटिल रबर, यासाठी फेनिल बीटा नॉफ्थिल अमाइन इत्यादी रसायने प्रतिरोधके म्हणून वापरतात.

(६) प्लॅस्टिकीकारके व मृदुकारके - रबराचे रेणू, कार्बन या मूलद्रव्याचे अणू एकमेकांस जोडले जाऊन बनलेल्या लांबवच लांब साखळ्याचे बनलेले आहेत. रबरामध्ये या साखळ्या इतस्ततः पसरलेल्या व गुंतागुंत झालेल्या दोरीसारख्या एकमेकीच्या सांबंधात असतात. त्यामुळे कच्चे रबर कणखर असते. त्यात इतर पदार्थ सुलभतेने मिसळता येत नाहीत किंवा त्याला वस्तूचा आकारही देता येत नाही. कच्च्या रबरात काही पदार्थ मिसळले व ते मिश्रण यंगाने मळले तर मात्र या दोन्ही क्रिया घडविणे सोपे होते. अशा पदार्थाना प्लॅस्टिकीकारके म्हणतात. रबर लिवित बनण्यासाठी त्याचे रेणू एकमेकांयरून घसरावे लागतात. या कियेत जे वर्षण होते ते कभी करण्याचा गुण यांच्या अंगी असतो. त्यामुळे त्यांची गुंतागुंत सुटणे सोपे होऊन हालचाल सहजसाध्य होते. हे कार्य घंगणासारखे आहे.

काही प्लॅस्टिकीकारकांचे कार्य रासायनिक स्वरूपाचे असते. रबर-मिश्रण बनविताना यांत्रिक क्रियेमुळे रबर-रेणूच्या साखळ्यांचे खंड पडतात व ते तसेच हवे असतात. ते पुनः जोडले जाण्यास ही प्लॅस्टिकीकारके प्रतिवंध करतात व त्यामुळे रबर मऊ होते. अशी प्लॅस्टिकीकारके गंधक हे घटक असलेली जटिल संयुगे असून ती अनेक व्यापारी नावांनी ओळखिली जातात. उदा., पेप्टोन-२२; व्हल्केमेल टीबीएन इत्यादी. काही प्रवेगकांच्या अंगीही हा गुण असतो.

मृदुकारके म्हणून उपयोगी पडणारे पदार्थ थोड्या प्रमाणात (रबराच्या २ ते ५ टक्के) वापरले असताही रबरात इतर पदार्थ विसळण्याची प्रक्रिया सुलभ होते. जास्त प्रमाणात ते वापरले तर वस्तूला मृदूपणा येतो. काही मृदुकारकांच्या योगाने मृदूपणाबरोबरच रबरमिश्रणाच्या अंगी चिकटपणाही येतो. हा गुणही काही वस्तू बनविण्याच्या कृतीत लागतो. कारण अशा वस्तूचे भाग वेगवेगळे तयार करून व नंतर ते एकमेकांस चिकटवून व व्हल्कनीकरण करून वस्तू पूर्ण करावयाची असते, उदा., मोटारीचा टायर बनविण्याची कृती. देवदाराचे ढांबर (पाईनटार, स्टॉकहोमटार), जवसाचे तेल, पैराफिन मेण, व्हॅसलीन इ. पदार्थ मृदुकारके म्हणून वापरले जातात. बनस्पतिज तेलावर गंधकाची किंवा सलफर मॉनोक्लोरोइडची रासायनिक क्रिया केली असता 'फॅक्टिस' म्हणून ओळखले जाणारे पदार्थ मिळतात. त्यांचाही उपयोग मृदुकारके म्हणून होतो.

(७) अपघर्षके - ज्या रबरी वस्तुचा उपयोग धर्षणासाठी करावयाचा असतो त्या बनविण्याच्या मिश्रणात यांचा अंतर्भौम केला जातो. भात भरडण्याचे रुळ अथवा चाके, खोडरबरे, धातूला पॉलिश करण्याची चके इत्यादीमध्ये प्यूमिस, सिलिका, काबोरंडम हे पदार्थ अपघर्षके म्हणून उपयोगी पडतात.

(८) वर्णदायके - वस्तूला इष्ट रंग यावा यासाठी यांचा समावेश रबर-मिश्रणात करतात; उदा., पांढऱ्या रंगासाठी झिक ऑक्साइड, लिथोपोन, झिक सलेफाइड व टिटॅ-नियम डायऑक्साइड हे पदार्थ. अनेक कार्बनी संयुगे विविध सतेज रंगच्छटांसाठी वापरली जातात.

(९) केवळ भर घालण्याचे पदार्थ - हे मिसलण्याचा उद्देश रबराचे प्रमाण कमीत कमी करून वस्तु स्वस्त बनविणे, हा असतो. तथापि, त्यांच्या योगाने वस्तूची गुणवत्ता कमी होणार नाही अशा प्रकारचे ते असावे लागतात. खनिज तेलांच्या शुद्धिकरणात वेग-वेगळ्या तापमानमर्यादित ऊर्ध्वपातन पावणारी जी संयुग-मिश्रणे मिळतात, त्यांपैकी काही येथे उपयोगी पडतात. त्याशिवाय ब्ल्यायटिंग, संगजिरे (टालक), अनेक मृत्तिका व खडू हे पदार्थही वापरले जातात.

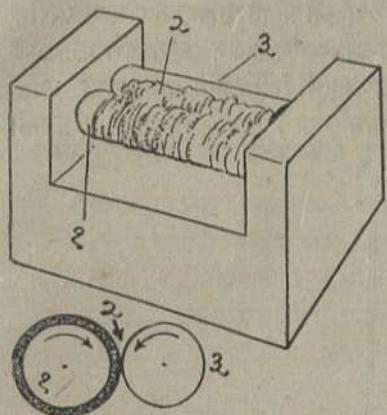
जुन्या रबरी वस्तूपासून परत मिळविलेले म्हणजेच पुनःप्राप्तिर रबर (प्रकरण ५ पहा) हाही एक महावाचा भर घालण्याचा पदार्थ आहे. याच्या योगाने वस्तूच्या गुणांत थोडीफार वाढही होते, परंतु येथे तो मुख्य हेतू नसतो.

(१०) संकीर्ण - वर वर्णन केलेल्या पदार्थांशिवाय कित्येक पदार्थ, वस्तूच्या उत्पादन-प्रक्रियेत आवश्यक असलेली परिस्थिती निर्माण करण्यासाठी वापरले जातात. उदाहरणार्थ, सचिंद्र रबर-प्रकार बनविण्यासाठी सोडियम बायकाबोनेट, अमोनियम काबोनेट व बाय-काबोनेट व मेदाप्ट्टे यांसारखे पदार्थ [वायू निर्माण करण्यासाठी वापरतात. काही वस्तूच्या बाबतीत, वस्तूना येणारा उग्र वास झाकला जावा यासाठी बाष्पनशील तेले किंवा इतर सुगंधी द्रव्ये उपयोगात आणली जातात.

रबरात इतर पदार्थ मिसलणे

कच्चे रबर गळव्यांच्या 'रूपात कारखान्यांना पुरविले जाते. तेथे प्रथम यंत्राने त्याचे तुकडे करून घेतात. तथापि रबर जात्याच कणखर व चिवट असल्यामुळे त्यात इतर पदार्थ सहज मिसलणे जात नाहीत. रबर-धूच्याच्या प्राथमिक अवस्थेत मिश्रण बनविण्यासाठी रबर एखाच्या विद्रोहकात विस्तरल्वान घेत व नंतर त्या द्रावणात आवश्यक ते पदार्थ घालून मिश्रण चांगले ढवळीत आणि शेवटी विद्रोहक काढून टाकीत. ही पद्धत महागडी व गैरसोयीची होती हे उघड आहे.

आजकाल रवर-मिश्रणे बनविण्यासाठी कार्यक्षम यंत्रसामग्री वापरली जाते. अशा



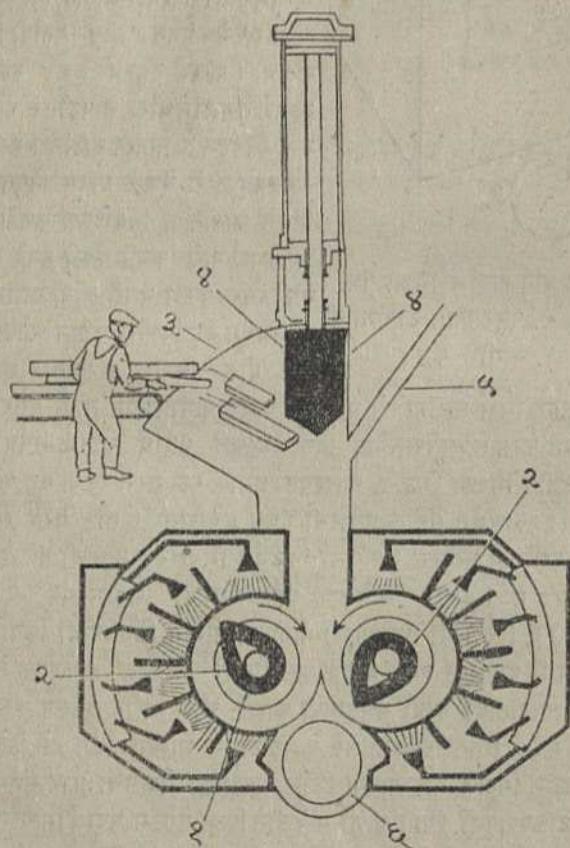
एका सर्वसामान्य यंत्रामध्ये दोन लोखंडी रूळ, एकामेकांशेजारी समांतर पण मध्ये थोडे अंतर ठेवून आडवे बसविलेले असतात. ते तापविण्याची किंवा थंड करण्याची व्यवस्था असून यांचिक शक्तीने रूळ फिरविले जातात. त्याच्या फिरण्याच्या दिशा एकमेकांविशद्द असून गतीही भिन्न असतात. यंत्र चालू करून रवराचे तुकडे रुढांमध्ये टाकले म्हणजे ते रुढांमधील सापटीत सापडतात व चेंगरून-चिरडन निघतात. रुढांच्या गती वेगवेगळ्या असल्यामुळे ते केवळ दावून निघत नाहीत, तर तिबळे जातात व तिबळेल्या कणकेची पोलपाटावर लाटल्याने जशी पोली बनते तशी येथे एक मोठी रवर-पोली बनते व ती रुढांना लपेटते, ती मधूनमधून रुढांपासून कापून सोडवितात व पुनः पुनः हीच किंवा करतात. त्यानंतर पोली

रुढावरच असताना मिश्र करावयाचे एक एक पदार्थ क्रमाक्रमाने तीवर पसरतात व पुनः तिबण्याची किंवा करतात. पुरेसा वेळ दिला म्हणजे पदार्थ रवरात सर्वत्र सम प्रमाणात मिसळलेले एकजीव मिश्रण मिळते. आवश्यकतेप्रमाणे रूळ गरम किंवा थंड करून वापरतात.

इ. स. १९१६ पर्यंत वरील प्रकारची यंत्रे प्रचारात होती; परंतु त्यानंतर जास्त कार्यक्षम, आटोपशीर व वंदिस्त असलेली 'इंटरनल मिक्सर' नावाची यंत्रे उपलब्ध आली आहेत. आकृती ७ मध्ये अशा तन्हेचे एक यंत्र-'बॅनवरी मिश्रण-यंत्र'-दाखविले आहे. त्यामधील (१) व (२) या फिरण्याच्या भागांच्या योगाने तिबण्याची किंवा घडून येते.

रवराच्या चिकापासून वस्तु बनविण्यासाठीसुद्धा चिकात आवश्यक ते पदार्थ मिसळावे लागतात. त्यासाठीही काही यंत्रसामग्री लागते. कारण चीक द्रवरूप असला, तरी मिश्र करावयाचे घन पदार्थ त्यात जसेच्या तसे केवळ टाकून भागत नाही. तसे केले, तर चिकातील रवर साखळून मिश्रण बनण्याच्या क्रियेत अडथळा येण्याचा फार संभव असतो. घन पदार्थ चिकात टाकण्यापूर्वी त्यात पाणी व केसीन किंवा तत्सम पदार्थ मिसळून घन पदार्थाचे सूक्ष्म कण पाण्यात तरंगत आहेत, अशा रूपात आणावे लागतात. त्याकरिता इष्ट पदार्थ, पाणी व केसीन सारखे एखादे संधारक द्रव्य एकत्र करून 'बॉल मिल' नावाच्या एका उपकरणात भरतात. स्थूलमानाने हे उपकरण म्हणजे एक आडव्या पिपासारखे पात्र असून त्यात शेडथा दगडी किंवा धातूच्या गोटथा भरलेल्या असतात व पीप आडव्या आसाभोवती

फिरविता येंडल अशी योजना असते. मिश्रण भरून पाश फिरु दिले म्हणजे गोटथा वरून खाली घरंगळतात व घन पदार्थावर आपटतात. त्यांच्या आघाताने घनपदार्थाचे कण बारीक बनतात. कणावर संधारक द्रव्याचा पातळ घरही बसतो आणि ते कण स्वतंत्रपणे एकाएकटे पाण्यात तरंगत राहू शकतात. द्रवरूप पदार्थ मिसळण्यापूर्वी तेही प्रथम पायसाच्या रूपात (पाण्यात सूक्ष्म विंदुच्या रूपात दुसरे द्रव तरंगत असलेल्या) आणावे लागतात. त्यासाठी



आकृती ३ : बनवरी मिश्रण—यंत्र. १, २. रबर तिवणारे भाग, ३. रबर आत टाक-पण्याची जागा, ४. रबर व पदार्थ आत ढकलणारा दांडा, ५. मिसळावयाचे पदार्थ आत टाकण्याची जागा, ६. मिश्रण काढून घेण्याचे द्वार.

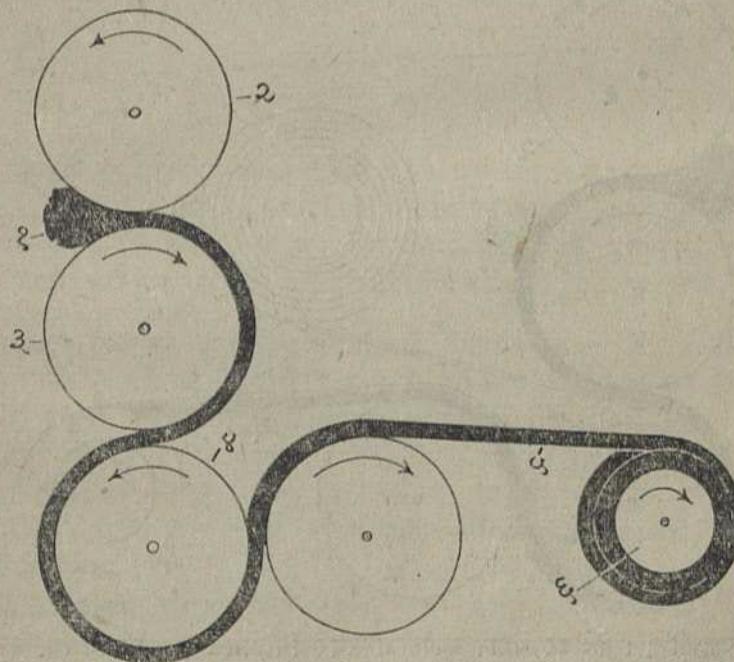
त्या पदार्थात पाणी आणि साबणासारखे पायसकारक द्रव्य मिसळतात व मिश्रण चौंगले दबळतात. 'कॉइड मिल' नावाची यंत्रसामग्री याकरिता उपयोगी पडते.

चिकात पदार्थ मिसळण्यासाठी लागणारी यंत्रसामग्री घनपदार्थात ते मिसळण्यासाठी लागणाऱ्या सामग्रीच्या मानाने बरीच साधी असते.

मिश्रणाचा वस्तू बनविण्यासाठी उपयोग करणे.

याकरिता ज्या प्रक्रिया उपयोगी पडतात त्यांपैकी महत्वाच्या पुढे दिल्या आहेत.

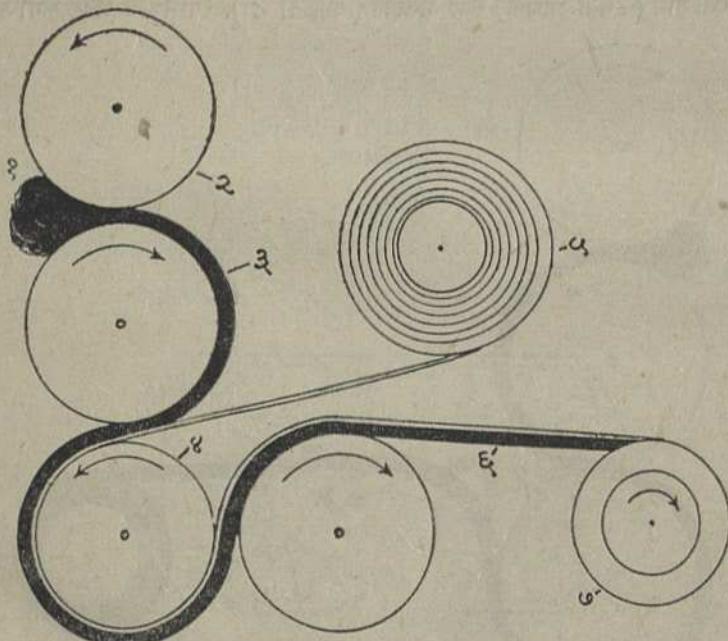
(१) खळांनी दाबून तक्ते बनविणे - कमीजास्त जाडीचे तक्ते किंवा रबराची पातळ चादर बनविण्यासाठी या कृतीचा उपयोग होतो. यासाठी वापरतात त्या यंत्रात सरळ रेखेत एकावर एक किंवा तिरपे अथवा L या इंग्रजी अक्षरासारखे बसविलेले सामान्यतः तीन (अथवा अधिक) रुळ असतात (आकृती C). त्यांमधील अंतर कमीजास्त



आकृती C : कॉलेंडर यंत्राने पातळ तक्ता बनविणे. १. रबर-मिश्रण. २, ३. रबर समाविष्ट करणारे रुळ. ४, ५. तक्त्याची जाडी नियंत्रित करणारे रुळ. ६. तक्ता गुंडाळण्याची योजना.

करता येते व त्यासुले वस्तूची जाडी ठरविता येते. रबर-मिश्रण वरच्या (रुळ २ व ३) रुळांमधील फटीतून यंत्रात] समाविष्ट करतात. तेथून ते तिसऱ्या व चौथ्या रुळांमधील फटीतून पार जाऊन तक्त्याच्या किंवा चादरीच्या रूपाने वाहेर पडते. योडथा अंतरावर असलेल्या लहान रुळावर (रुळ ६) तक्का गुंडाळला जाईल अशी योजना असते, या कृतीला कॅलेंडरिंग म्हणतात.

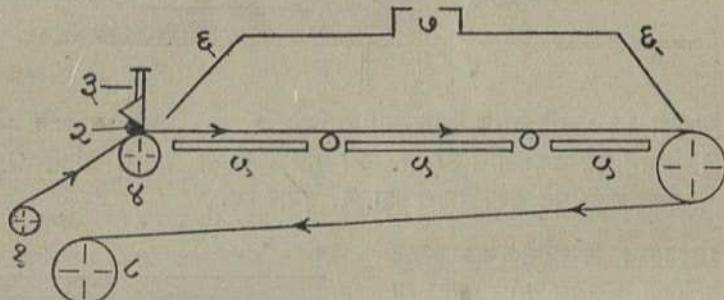
अशाच यंत्रांचा (आकृती १) उपयोग रबर-विलेपित कापड वनविण्यासाठीही केला जातो. अशा तंद्रेची कापडे विविध वस्तूंच्या बनावटीत वापरली जातात. उदा. वाहक पट्ट्यांसाठी लागणारे, रबरी नळीला मजुरी यावी म्हणून वापरण्याचे, गुढ्यापर्यंत पोचणारे बूट किंवा कॅनव्हासचे टेनिस शू यांच्याकरिता उपयोगी पडणारे रबर विलेपित कापड. मोटारीच्या टायरमध्ये कॉर्ड नावाचे जे कापड वापरतात, त्यात आढऱ्या धारयांची



आकृती १ : कॅलेंडर यंत्राने कापडाला रबर-विलेपन : १. रबर मिश्रण. २, ३. मिश्रण समाविष्ट करणारे रुळ. ४, ५. रबर-याचाची जाडी नियंत्रित करणारे रुळ. ६. कापड सोडणारा रुळ. ७. विलेपित कापड. ८. विलेपित कापड गुंडाळण्याची योजना.

सख्या फार कमी असते. सामान्य कापडात आडव्या व उभया धाग्यांची संख्या सारखी असते, कॉर्ड कापडाला रबर-विलेपन या यंत्रानेच करून घेतात.

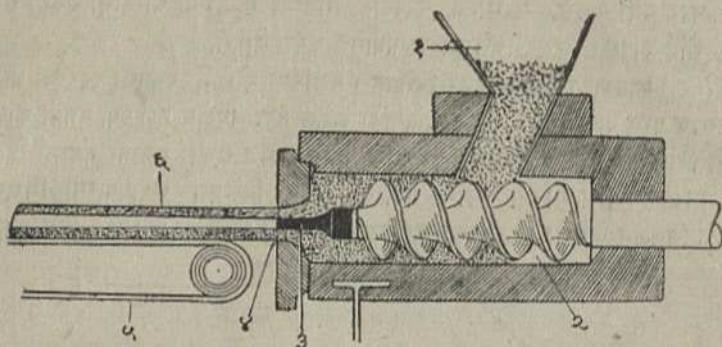
(२) कापडाला पातळ रबर-विलेपन : रुळांच्या योगाने वज्राला रबराचा थर देता येतो तसाच परंतु अत्यंत पातळ थर यावयाचा असेल तर, विशेष तऱ्हेच्या यंत्राने कापडाला रबराचे विलेपन करतात (आकृती १०) या यंत्रात कापड एका रुळावर गुंडाळलेले असून तेथून ते विलेपन करावयाच्या रुळावर येते. या ठिकाणी विलेपन करावयाच्या मिश्रणाचा, विद्रावक मिसळून केलेला मळलेल्या कणकेसारखा गोळा ठेवलेला असतो. येथेच एक उभी



आकृती १० : विलेपन-यंत्र : १. कोरे कापड गुंडाळलेला रुळ. २. रबर-मिश्रण. ३. यांत्राची जाडी नियंत्रित करणारी पटी. ४. विलेपन-रुळ. ५. वाफेने गरम केलेल्या पेटव्या. ६. विद्रावकाची वाफ जमा करण्यासाठी कोठीसारखे आच्छादन. ७. थंड करण्यासाठी वाफ काढून वेण्याचा मार्ग. ८. विलेपित कापड गुंडाळणारा रुळ.

पट्टीही असते. तिच्यामुळे विलेपनाच्या थराची जाडी कमीजास्त करता येते व अतिरिक्त मिश्रण निपटून काढले जाते. त्यानंतर ते कापड वाफेने कढत केलेल्या पेटव्यावरून पुढे जाते व शेवटी रुळावर गुंडाळले जाते. या कामासाठी वापरावयाचे यंत्र प्रथम हॅन्कॉक यांनी इ. स. १८३७ मध्ये बनविले. आकृतीत दाखविलेल्या त्याच्या आधुनिक आवृत्तीत एक सुधारणा झाली आहे. ती म्हणजे कापडाला लाविलेल्या रबरमिश्रणाच्या थरातून बाफी-भवनाने जे विद्रावक वाहेर पडते ते थंड करून परत मिळविण्याची व्यवस्था, ही होय. त्यामुळे खर्चात बचत होते.

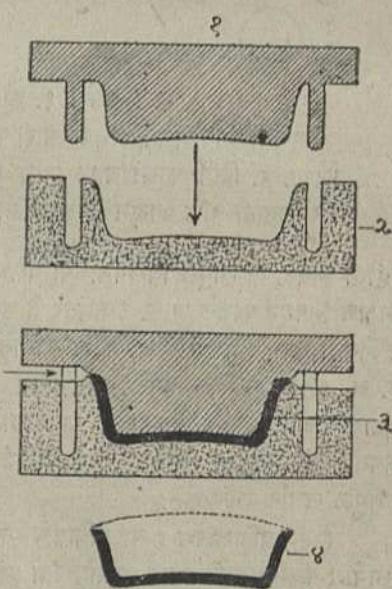
(३) बहिःसारण : या प्रक्रियेचे तत्त्व, आपण सोऱ्या या घरगुती उपकरणाचा उपयोग करून चकली तयार करतो, त्या कृतीसारखे आहे. मळलेली भाजणी सोऱ्यात भरून दाढा दाबला म्हणजे त्यातून चकली वाहेर पडते. बहिःसारणकिया अशाच प्रकारे यांत्रिक साहाय्याने घडवून आणली जाते. आकृती ११ मध्ये बहिःसारण यंत्राची ढोबळ रचना दाखविली आहे. यंत्राच्या नरसाळथात रबर-मिश्रण भरले म्हणजे स्कूच्या योगाने ते पुढे



आकृती ११ : वहिःसारण-यंत्राने नली बनविणे. १. रबर मिश्रण भरण्याचे नरसाळे. २. मिश्रण पुढे ढकलणारा स्कू. ३. नली पोकळ बहावी यासाठी दांडा. ४. मुख. ५. तयार नली पुढे सरकविणारा पट्टा. ६. तयार नली.

सरकविले जाऊन उष्णतेने मऊ होऊन शेवटी यंत्राच्या मुखातून बाहेर पडते. या टोकाला एक मुखाग्र बसविलेले असते. त्यामध्ये जी वस्तू बनवावयाची असेल तिच्या उभ्या छेदाचा आकार कापून काढलेला असतो. त्यामुळे यातून बाहेर पडताना रबर-मिश्रणाला वस्तूचा आकार येतो. सलवा, पट्टा, सायकलीच्या ठथूवा, नळवा, ब्रेकसाठी लागणारे तुकडे, शीत-पेटीचे दार घट बसावे म्हणून बसवावयाच्या पट्ट्या इत्यादी वस्तू या प्रक्रियेने बनवितात. आधुनिक कालात यंत्रसामग्रीत पुकळ सुधारणा झाल्या असून रबर-विलेपित तारा, टायरचे खवले इत्यादी वस्तू या प्रक्रियेने बनवितात.

(४) साचे-काम : वस्तू बनविण्याचे साचे अनेक प्रकारचे असतात. सामान्य साच्यांमध्ये मुख्य दोन भाग असतात. एका भागात वस्तूच्या बाहेरच्या आकारानुरूप

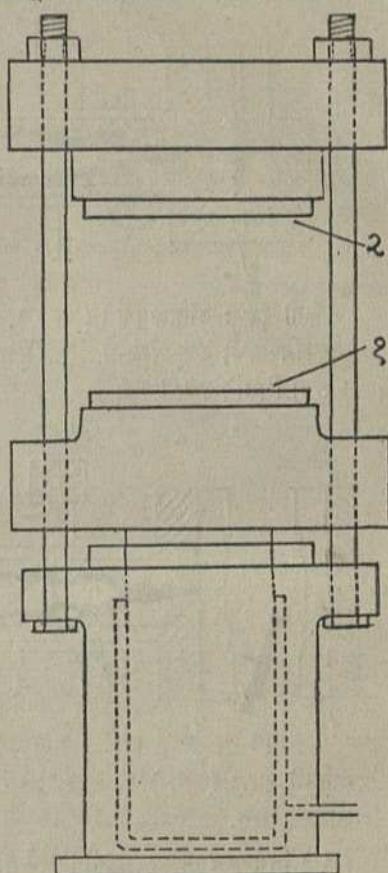


आकृती १२ : साचा : १. उंचवटा असलेला भाग. २. खळगा असलेला भाग. ३. पोकळी जागा. ४. तयार होणारी वस्तू.

खलगा कोरलेला असतो, दुसऱ्या भागात वस्तूच्या आतल्या भागाशी जमेल असा उंचवटा केलेला असतो, पहिल्या भागावर दुसरा भाग ठेवला म्हणजे खलगा व उंचवटा एकमेकात बसतात; पण त्या दोहोमध्ये थोडी मोकळी जागा (माया) राहते. ही माया म्हणजे त्या वस्तूचा आकार (आकृती १२), वस्तू बनविण्यासाठी प्रथम ते दोनही भाग थोडे तापवून घेतात, त्यात योग्य तेवढे मिश्रण भरतात व साचा मिठवून दाब-यंत्रात ठेवून त्याला आवश्यक तेवढा दाब व उष्णता देतात. व्हलकनी-करणास आवश्यक तेवढा वेळ गेल्यावर साचा उघडून आतील वस्तू काढून घेतात.

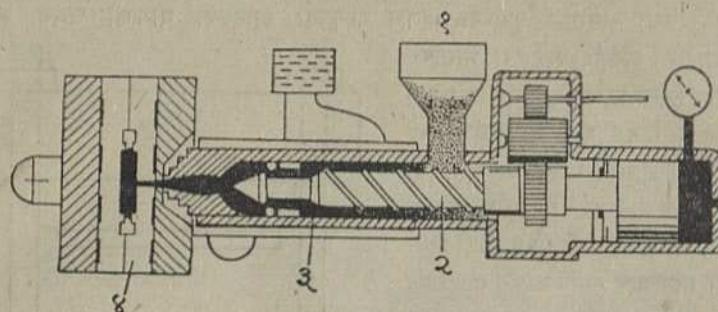
दाबयंत्राची रचना द्रवाच्या योगाने दाब निर्माण करण्याच्या तस्वावर केलेली असते (आकृती १३). दाबयंत्रात दोन तळ्या असतात. खालच्या तळीवर साच्याचा खालचा भाग ठेवतात किंवा तो तळीवर बसविलेला असतो. साच्याचा दुसरा भाग खालच्या भागावर वरोवर बसेल अशा तंदेन वरच्या तळीला जोडलेला असतो. यंत्र चालू केले म्हणजे तळ्या एकमेकीवर दाबल्या जातात व त्यामुळे साच्याच्या खालच्या भागात वरचा भाग बसतो आणि मिश्रणावर दाब पडतो. तळ्या तापविण्याची व्यवस्थाही असते. त्यामुळे त्यावर ठेवलेला साचाही तापविता घेतो.

(५) अंतःक्षेपण : हा सांचेकामाचाच एक प्रकार आहे (आकृती १४). या पद्धतीने वस्तू बनविण्याच्या यंत्राच्या नरसाळ्यासारख्या प्रवेशद्वारात रबरमिश्रण भरतात. ते त्याच्या खालच्या भागात असलेल्या स्कूयुक्ट दृश्याने पुढे सारले जाते. तेथे गेल्यावर उष्णतेने ते प्रवाही बनेल अशी योजना असते. नंतर ते एका नळीच्या योगाने जोडलेल्या साच्यात लोटले जाते व वस्तूचा आकार धारण करते. साचा थंड करून उघडला म्हणजे वस्तू बाहेर निघते.

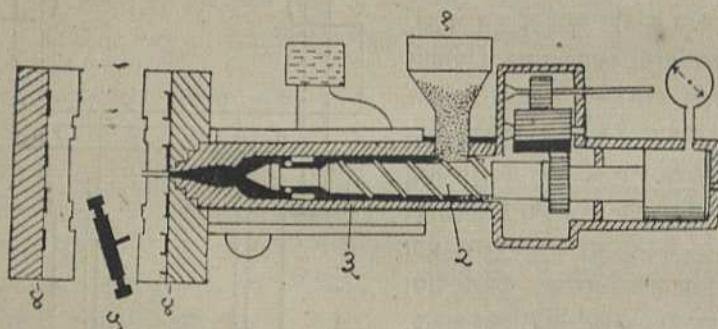


आकृती १३ : दाब-यंत्र

१. खालची तळी. २. वरची तळी.



आकृती १४ : अंतःक्षेपण : (अ) १. रबरमिश्रण भरण्याचे नरसाळे, २. मिश्रण पुढे सरकविण्याची स्कू-योजना, ३. मिश्रण उष्ण करण्याची जागा, ४. वस्तू बनविण्याचा मिटविलेला साचा.



आकृती १४ : (आ) १, २ व ३, वरीलप्रमाणेच. ४. उघडलेल साचा. ५. तयार आलेली वस्तू.

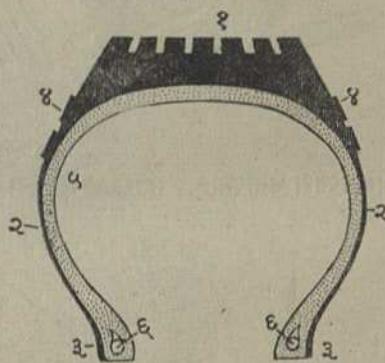
(६) निमज्जन — या पद्धतीत कार्बनी विद्रावकात रबर-मिश्रण ढवळून केलेल्या द्रवात जी वस्तू बनवावयांची असेल तिचा लाकडाचा किंवा चिनी मातीचा आकार बुडवून बाहेर काढतात व विद्रावक वाफ होऊन उडून जाऊ देतात. त्यामुळे त्या आकाराच्या पृष्ठ-भागावर रबराचे पातळ आवरण चढते. ते जास्त जाड करावयाचे असेल, तर हीच क्रिया पुनः पुनः करून नंतर सलफर मॉनोक्लोरोइडच्या द्रावणात आकार बुडवितात. त्यायोगे व्हल्कनीकरण घडते. नंतर आकारावरून वस्तू सोडविली जाते.

अलीकडे सहत रबर-चीक उपलब्ध झाला असल्यामुळे योग्य पदार्थ मिसळलेला संहत चीक या काभी वरीलप्रमाणे वापरता येतो. दूध पाजण्याच्या बाटल्यांची बुचे, शस्त्र-क्रिया करताना वापरावयाचे हातमोजे, कुगे इत्यादी वस्तू या कृतीने बनवितात.

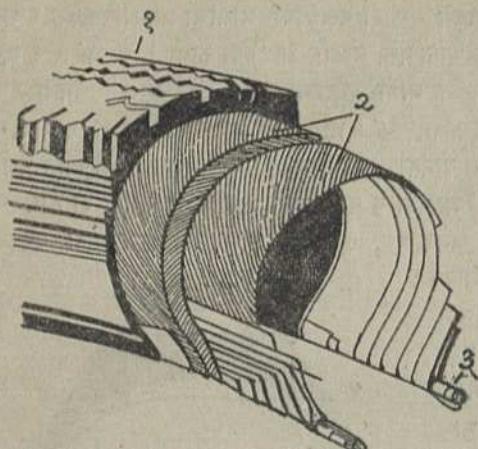
(७) रचना करून वस्तू बनविणे - काही वस्तूच्या भागांची प्रथम विविक्षित रचना करून नंतर त्या रचनेला वस्तूचे रूप देण्यात येते. मोटार गाडीचा टायर हे या प्रकारचे एक उदाहरण आहे. टायररच्या निरनिराळया भागांसाठी लागणारी रबर-मिश्रणे वेगवेगळ्या प्रकाराची असतात. ही मिश्रणे, रबर-विलेपित कॉर्ड-कापड व पोलादी तारा इत्यार्दीची प्रथम विशेष तंहेची जुळवणी करतात व नंतर तिला टायरचा अंतिम आकार देण्यात येते. टायरचे मुख्य भाग दोन, ते म्हणजे अंतर्भाग व बाह्य भाग हे होत. अंतर्भाग हा टायरचा मूलाधार आहे. हा कॉर्ड-कापडाचे अनेक थर, त्यातील धागे खालच्या अथवा वरच्या थरातील कापडाच्या धाग्यांशी विशिष्ट

अंदाचा कोन करून येतील अद्या तंहेने रचलेले असतात. या रचनेमुळे धागे लवकर तुटत नाहीत, असा अनुभव आहे. या अंतर्भागावर टायरचा बाह्य भाग चढविलेला असतो. त्याचे तीन विभाग पडतात. (आकृती १५) टायर जमिनीला टेकून उभा धरला, तर जमिनीला टेकणारा आडवा भाग हा पहिला. याला खवले (ट्रेड्स) म्हणतात. याच्या दोन्ही बाजूंना असणाऱ्या उभ्या बाजू हा दुसरा आणि बाजूंच्या टोकांना असलेला कंगोरा हा तिसरा भाग होय. बाजू आणि खवले यांना जोडणाऱ्या भागास बाजूंच्या कडा (शोल्डर) म्हणतात. प्रत्येक विभागाचे कार्य वेगळे असते. खवल्यांमुळे गाडी चालू असताना टायर रस्त्याची पकड घेतो. त्यासाठीच उठावदार नक्षीच्या खवल्यांनी तो भाग खवडीत केलेला असतो. टायररच्या बाजूंमुळे अंतर्भागाचे रक्षण होते. आणि कंगोर्यामुळे टायर चाकाला घट धरून राहतो. (आकृती १६) यासाठीच कंगोर्यात वळकट पोलादी तारा घातलेल्या असतात.

कज्च्या टायरची उभारणी पिपासारख्या एका उपकरणावर (आ. १७) करतात. त्याकरिता रबर-विलेपित कॉर्ड कापडाचे आंवर्श्यक त्या मापाचे तुकडे कापून घेतात व ते योग्य दिशेने एकावर एक असे पिपावर रचतात. त्यानंतर खवल्यांचा भाग (हा अगोदरच बहिःसारणाने बनविलेला असतो) आणि बाजूंच्यासाठी योग्य त्या रबर-मिश्रणाचे तक्ते कापून घेऊन ते कॉर्ड कापडाच्या थरांच्यावर येतील अशा तंहेने जुळवितात व कंगोर्याच्या



आकृती १५ : टायरचा ढेद : १. खवले (ट्रेड्स). २. उभ्या बाजू. ३. कंगोरा. ४. बाजूंच्या कडा (शोल्डर). ५. कॉर्ड-कापड-यक्त अंतर्भाग. ६. कंगोर्यातील तारा.



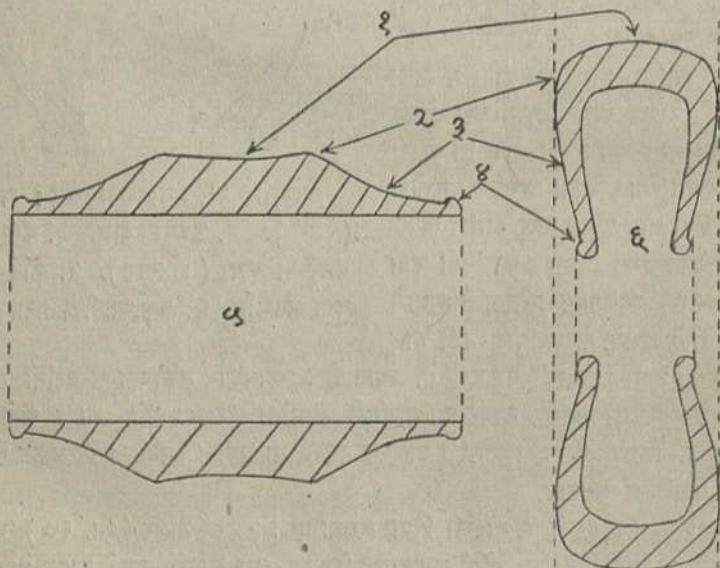
आकृती १६ : टायरची रचना.

१. खवले (ट्रेड्स).

२. कोर्ड-कापडाचे थर.

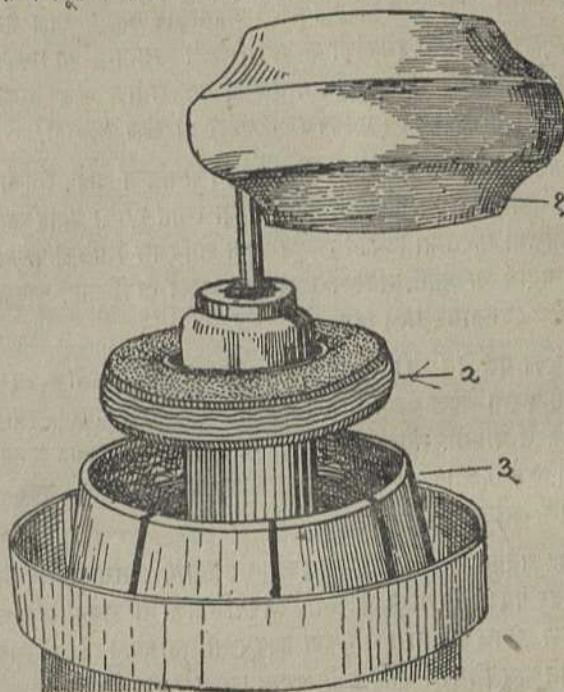
३. कंगोन्यातील तारा. J ४१

भागात तारा वसवितात. नंतर हा कळचा टायर अंतिम झोकार देण्याच्या सांच्याच्या



आकृती १७ : पिपासारख्या उपकरणावर टायरची उभारणी. १. खवले (ट्रेड्स). २. बाजूंच्या कडा (शोल्डर). ३. उम्हा बाजू. ४. कंगोरे. ५. पिपासारखे उपकरण. ६. टायरचा छेद. उपकरणावर रचना केलेले भाग कोठकोठे येतात ते कळण्यासाठी.

खालच्या भागात ठेवतात (आ. १८). त्याच वेळी त्याच्या आत मोटारीच्या फुगविलेल्या टघूबसारखी एक मजबूत व हवा भरून फुगविलेली पिशवी बसवितात. त्यामुळे टायर



आकृती १८ : साचा व तयार झालेला टायर. १. साच्याचा वरचा भाग. २. तयार झालेला टायर. ३. साच्याचा खालचा भाग.

आतून पोकळ राहतो. साचा मिटवून त्याला दावयंत्राने आवश्यक तेवढा दाब आणि योग्य तितकी उष्णता देतात. व्हल्कनीकरण घडण्यास आवश्यक तेवढ्या कालावधीनंतर साचा उघडतात, पिशवीतील हवा काढून टाकतात आणि टायर काढून घेतात.

रवरी बृही अशाच तज्ज्ञे जुळवणी करून बनविले जातात. खेळामध्ये वापरतात ते सुट्सुटीत हल्के वूट आणि औद्योगिक क्षेत्रात लागतात ते जाडजूऱ व गुडध्यापर्यंत पोचणारे संरक्षक वूट या सर्वांचा त्यांत समावेश होतो. बुटाचे, रवर-विलेपित कापड कॅलेंडर यंत्र वापरून बनवून घेतात. तळ व टाचा योग्य रवर-मिश्रणाच्या तक्त्यांमधून कापून घेतात व पायाचा आकार असलेल्या ठोकळशावर त्यांची प्रथम जुळवणी करतात. येथे व्हल्कनीकरण उष्ण हवेच्या झोताने घडवून आणतात.

सच्छिद्र रवर

यामध्ये लहान मोठी छिंद्रे असल्यामुळे ते जाळीदार असते. याचे दोन मुख्य प्रकार आहेत. एका प्रकारात छिंद्रे एकमेकांशी जोडली गेलेली असतात. या प्रकाराला रवरी फेस (फोम रवर) किंवा स्पंज रवर म्हणतात. तुसन्या प्रकारातील छिंद्रे एकमेकांपासून सुटी असतात. याला विस्तारित रवर (एकसपॅडे ड रवर) ही संज्ञा लावतात.

रवरी फेस सामान्यतः संहत रवर-चिकापासून बनविला जातो. त्यासाठी आवश्यक ते पदार्थ मिसळून तयार केलेल्या चिकाला फेसून किंवा त्यात हवेचा प्रवाह सोडून फेसाचे रूप देतात व ते प्रक्रिया करताना टिकावे म्हणून त्यात सोडियम सिलिको फ्लुओराइड अथवा तत्सम एखादा पदार्थ घालतात. नंतर फेस साच्यात भरून तापवितात. व्हल्कनीकरण घडावे म्हणून पुरेसा वेळ दिल्यावर वस्तू तयार होते.

तुसन्या एका पद्धतीत वरीलप्रमाणेच पण अंशतः फेसलेला चीक साच्यात सोडतात. हा साचा निर्वात करता येईल अशी योजना असते. चीक भरल्यावर साचा निर्वात केला म्हणजे चीक प्रसरण पावतो. नंतर साचा -३५० से. इतका थंड करतात व त्यात कार्बन डाय ऑक्साइड समाविष्ट करतात. तो फेसातील पोकळ्या भरून टाकतो. नंतर साचा तापवून व्हल्कनीकरण पूर्ण करतात.

स्पंज रवर घनरूप रवर-मिश्रणापासूनही बनवितात. त्यासाठी वायू निर्माण करतील अशी द्रव्ये व इतर पदार्थ मिसळून केलेल्या रवर-मिश्रणाचा तक्ता बनवून घेतात. नंतर त्यामधून वस्तूच्या ढोबळ आकाराचा तुकडा कापून तो साच्यात ठेवून साचा तापवितात. रासायनिक क्रियेने वायू निर्माण होतो व मिश्रणास स्पंजाचे रूप देतो.

विस्तारित रवर बनविण्याची प्रक्रिया वायू निर्माण करणारे पदार्थ समाविष्ट असलेल्या मिश्रणावर किंवा तसे पदार्थ नसलेल्या मिश्रणावरही करता येते. अशा एका पद्धतीत वायू निर्माण करणारे पदार्थ नसलेल्या रवर-मिश्रणाचा प्रथम तक्ता बनवून घेतात व तो दावपात्रात ठेवतात. नंतर १४० किंवृ. / चौ. सेंमी. ते ७०० किंवृ. / चौ. सेंमी. यांच्या दरम्यान योग्य तितका दाव देऊन नायट्रोजन वायू पात्रात भरतात व सुमारे २४ तास पात्र १००-१३० से. इतके तापवितात. त्यामुळे तक्त्यात नायट्रोजन शिरतो. नंतर पात्र थंड करतात व दाव नाहीसा करतात. तक्ता अंशतः फुगतो. पात्र पुनः तापवितात त्यामुळे तक्त्याचे प्रसरण वाढते व विस्तारित रवर बनते. वायू निर्माण करण्यासाठी ऑझोडाय कावोनामाइड, वेंजीन सल्फोनिल हायड्रोज्याइड इ. नायट्रोजन देणारी संयुगे मिश्रणात वापरतात.

अलीकडे पॉलियुरेथेन नावाच्या एका संश्लेषित रवरापासून मोठ्या प्रमाणात असे रवर बनविले जाते. ते मऊ व कडक अशा दोन्ही प्रकारचे असते (प्रकरण ६ पहा).

रवरी धागा बनविण्यासाठी चिकात योग्य ते पदार्थ मिसळून केलेले मिश्रण इष्ट त्या आकाराच्या नळवांमधून धारांच्या रूपाने ऑसिटिक आम्लाच्या विद्रावत सोडतात त्यामुळे जे धागे बनतात ते वाहेर काढून वाळवितात व त्यावर व्हल्कनीकरण क्रिया घडवितात.

व्हल्कनीकरण

कित्येक वस्तूच्या उत्पादनात वस्तू साच्यात असतानाच योग्य तितके तापमान व पुरेसा वेळ दिला म्हणजे व्हल्कनीकरण घडून येते. काही वस्तूंचे व्हल्कनीकरण मात्र या प्रकारे करता येत नाही, उदाहरणार्थ वहिःसारणाने बनविलेल्या नळाचा, रवर-विलेपित धातूंच्या तारा, कॅलेंडरने तयार केलेले तके, पादत्राणे इत्यादी. म्हणून अशा वस्तू योग्य तापमान असलेल्या गरम हवेच्या पेटवांमध्ये, किंवा दावयुक्त वाफ असलेल्या पात्रात इष्ट काळ ठेवतात. गरम पाण्याने खराब होणार नाहीत अशा वस्तू उदा. रवराचे अस्तर लावलेली पात्रे, तके, एवोनाइटच्या जिनसा, पाण्यात ठेवतात व वाफेने पाण्याचे तापमान योग्य मर्यादित राखतात. व्हल्कनीकरण अखंडपणे घडवावयाचे असेल अशा ठिकाणी तयार झालेली वस्तू योग्य तापमान असलेल्या बन किंवा द्रव पदार्थाच्या सान्निध्यात नियंत्रित काळ राहील व नंतर वाहेर पडेल अशी योजना असते. मोठ्या वाहक पट्टवांच्या व्हल्कनीकरणा-साठी वापरावयाच्या एका उपकरणात योग्य तापमान कायम ठेवलेले एक पीप असते व ते संथ गतीने फिरत असते. व्हल्कनीकरण करावयाचा वाहक पट्टा त्यावरून पुढे जात असतो व एका पोलांदी पट्टीच्या योगाने तो पिपाच्या पृष्ठभागावर दावला जातो व नियंत्रित वेळ त्याच्या संपर्कात राहून सुटा होतो व वाहेर पडतो. संपर्ककालात व्हल्कनीकरण पूर्ण होते.

प्रकरण ५

रबराचे विज्ञान व पुनःप्राप्ति रबर

एकोणिसाब्द्या शतकाच्या पूर्वार्धात वहल्कनीकरणाचा शोध लागल्यावर रबर—उद्योग भक्तम पायावर उभा राहिला. त्यामुळे नववीन वस्त्र बनविण्यासाठी सोशिस्टकर प्रक्रिया आणि यंत्रसामग्री सिद्ध करण्यास तंत्रज्ञानाहुरूप आला. जबलजबल याच सुमारास शास्त्रज्ञानी रबराविषयी मूलभूत शास्त्रीय ज्ञान मिळविण्यास मुख्यात केली होती. रबर कोणत्या मूल-द्रव्यांचे बनले आहे? त्या मूलद्रव्यांचे अणू एकमेकांस कोणत्या प्रकारे जोडले गेल्यामुळे रबराला प्रत्यास्थता व चिवटपणा हे उपयुक्त गुणधर्म आले आहेत? इत्यादीविषयी माहिती मिळविणे, हा त्यांचा हेतू होता. त्याचबरोबर रबराच्या भौतिक गुणधर्मांचा अभ्यास करणे, त्यावर मिश्रित पदार्थांचे व बाह्य परिस्थितीचे जे परिणाम होत्यात त्याचे स्पष्टीकरण करणे आणि त्यांचे मूल्यमापन करता येईल अशा योजना करणे यांकडे त्यांनी लक्ष पुरविले.

वरवर विचार केला, तर या माहितीचा रबराच्या उपयोगाशी काही संवंध असेल असे बाटणार नाही व त्यामुळे हा खटाटोप केवळ शास्त्रज्ञानाच्या जिज्ञासापूर्तीसाठीच होता असा समजही होण्याचा संभव आहे; परंतु असा समज चुकीचा आहे. तंत्रज्ञानी ज्ञा प्रक्रिया त्याकाळी सिद्ध केल्या होत्या त्या मुख्यतः अनुभवावर आधारलेल्या होत्या, त्याना तात्त्विक वैठक नव्हती. त्यामुळे त्यांचे मर्म काय व त्यामध्ये काही फेरबदल हवा असेल तर काय केले पाहिजे याचा बोध होत नव्हता. तो या ज्ञानामुळे होऊ लागला. रबरी『वस्तूची गुण-वच्चा ठिकावाचाची असेल किंवा गुणवत्तेत वाढ करावाची असेल, तर कोणते उपयोग योजावे याचा अंदाज करणे या ज्ञानाच्या योगानेच शक्य आले. इतकेच काय पण विसाब्द्या शतकात साध्यामुळ्या व सहज उपलब्ध असणाऱ्या पदार्थांचा उपयोग करून रासायनिक विक्रियांनी अनेक नवे रबर—सहश पदार्थ, म्हणजेच संश्लेषित रबरे, तयार करणे मनुद्यास साधले आणि त्यानंतर प्रत्यक्ष नैसर्गिक रबराची प्रतिकृती मानवी प्रयत्नांनी करण्यात यश आले, ते या ज्ञानाच्या बळावरच. म्हणून या ज्ञानाचा थोडक्यात परिचय करून घेणे योग्यच होईल.

रबराच्या चिकामध्ये अॅसिटिक किंवा फॉर्मिक अम्ल मिसळले म्हणजे चीक साखळतो

हे पूर्वी दिलेच आहे. असे होण्याचे कारण चिकातील रबराच्या सूक्ष्म कणांवर क्रणविशुतभार असतो. अमल त्यात भिसल्ले म्हणजे अम्लातील हायड्रोजन अणूवर असलेल्या धन-विशुतभारामुळे रवर कणांवरील क्रणविशुतभाराचे उदासीनीकरण होते व त्यामुळे अनेक कण एकत्र येऊन त्याचे गटे बनू शकतात. हे गटे म्हणजे च घनरूप कच्चे रवर होय. चिकातून हे गटे वेगळे होतात त्यावेळी चिकातील इतर घटकही त्यांना चिकटलेल्या रूपात त्यांच्यावरोवर येतात व ते धुऊन काढले, तरी काही प्रमाणात शिळ्डक राहतात. त्यामुळे कच्चे व्यापारी रवर म्हणजे सुमारे ९०-९५ टक्के एक विशिष्ट संयुग हा मुख्य घटक आणि त्यावरोवर २-३ टक्के प्रथिने, २-३ टक्के रेजिने, मेदाम्ले व खनिज पदार्थ आणि अल्प प्रमाणात तांचे व मँगोनीज यांची संयुगे असे मिश्रण असते. शुद्ध रवर म्हणजे कार्बन व हैड्रोजन यांचे बनलेले वरील विशिष्ट संयुग होय.

रबराचे भौतिक गुणधर्म

कच्च्या रबराचे भौतिक गुणधर्म त्यातील वरील घटकांच्या प्रमाणानुसार आणि परिस्थितीनुसार बदलतात. तथापि सर्वसाधारणपणे त्याची सापेक्ष घनता नेहमीच्या तप्तमानास ०९२ असते; पण १०° से. पेक्षा बमी तापमानात कच्चे रवर काही काल ठेवले, तर ती सुमारे ०९५ इतकी होते व रवर कठीण आणि ठिसूल वनते. कच्चे रवर उप्पातेचे व विशुतप्रवाहाचे अत्यंत मंदवाहक आहे. त्यामुळेचे व विशुक्तिरेधक म्हणून उपयोगी पडते. ते ५०° से. पेक्षा जास्त तापमानास चिकट वनते. प्रत्यास्थता, म्हणजे ताण लावला असता लांब होणे व ताण काढला की त्वरेने आखड होणे, हा गुण रवरी वस्तू वापरताना विशेषतेने आपल्या प्रत्यायास येतो तो व्हल्कनीकरण केलेल्या रबराचा होय. कच्च्या रबराच्या अंगी हा गुण असतो पण थोड्या प्रमाणात. ताणल्यानंतर ताण काढला तरी त्वरेने आकुंचन पावत नाही. आणि आकुंचन पूर्ण झाले तरी लांबी प्रथम होती तितकी भरत नाही, थोडी जास्त भरते. या आकुंचन-प्रसरण गुणातही समोवारच्या तापमानामुळे फरक पडतो.

कच्च्या रबराची पट्टी बनवून तिला वजने अडकवून ताण दिला व वजने वाढवून ताण वाढवीत गेले, तर अशी एक वेळ येते की, लावलेल्या वजनाने पट्टी बुटते. पट्टी तुष्टप्रयाच्या वेळी लावलेले वजन (किलोग्रॅम्स) आणि पट्टीच्या आडव्या छेदाचे मूळचे क्षेत्रफल (चौरस सेंटीमीटर) पाहिले, तर पुढील सूचावून रबराचे अंतिम ताणबल कळते.

अंतिम ताणबल = पट्टीच्या मूळच्या छेदाचे क्षेत्रफल (चौ. सेमी.)

कच्च्या रबराचे अंतिम ताणबल, धातूच्या अंतिम ताणबलाशी तुलना केली तर, फारच कमी असते. शिवाय सभोवारच्या तापमानात फरक पडला की तेही बदलते. उदा; एका रवर नमुन्याचे अंतिम ताणबल ०° से. तापमानास ७० किंव. / चौ. सेमी. होते

ते 20° से. तापमानास 23°d किंग्रे. / चौ. सेमी. भरले व तापमान 60° से. झाले तेवहा 70° किंग्रे. / चौ. सेमी. इतके उतरले.

कनचे रवर बॅंझीन, हेक्जेन, क्लोरोफॉर्म, कार्बन टेट्राक्लोराइड, इत्यादी विद्रवकांत विरघळते; पण ऑसिटोन व अल्कोहॉले यांत विरघळत नाही. कनच्या रवराचे तुकडे एकमेकांवर ठेवून त्यावर दाब घातला, तर एकमेकांस चिकट्तात.

रासायनिक गुणधर्म

कनच्या रवराचर ब्रोमिनाची रासायनिक विक्रिया होते; तशीच हायड्रोक्लोरिक अम्लाचीही होते. या विक्रियांमध्ये ब्रोमीन व हायड्रोक्लोरिक अम्ल यांचे रेणू रवराच्या रेणूनंत सामावले जातात. यावरून रवराचा रेणू असंतप्त आहे म्हणजेच त्यामधील काही कार्बन अणू एकमेकास दोन संयुजावंधांनी जोडले गेले असले पाहिजेत असा निष्कर्ष निवतो. कारण संतप्त संयुगातील कार्बन अणू एका संयुजावंधाने एकमेकांस जोडलेले असतात व त्यात इतर अणू सामावले जात नाहीत.

कनच्या रवराच्या रेणूवर ओझोन₂वायूचीही अशीच विक्रिया होऊन रवर-ओझोनाइड हे संयुग बनते. या ओझोनाइडवर पाण्याची विक्रिया केली असता ओझोनाइड रेणूचे तुकडे होऊन लेव्हयूलिनिक आलिडहाइड $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CHO}$ हे संयुग मुख्यतः मिळते. या निरीक्षणाचा उपयोग रवराची संरचना ठरविण्यासाठी झाला आहे. त्या संबंधीची माहिती पुढे येईलच.

कनचे रवर 180° से. तापमानात काही काळ ठवेले तर द्रवरूप बनते. यातील रेणू मूळच्या रवर-रेणूपेक्षा लहान असतात. ते मूळ रेणूचे तुकडे पडन झालेले असतात. म्हणून द्रवरूप रवराला (काही प्रमाणात) 'बहुवारिकीकरण नाहीसे झालेले रवर' असेही म्हणतात. याचे व्हल्कनीकरण घडवून मृदु रवर बनविता येते. या मृदु प्रकाराचा उपयोग वस्तू बनविण्याचे लवचीक साचे तयार करण्यासाठी करता येतो. त्याकरिता द्रवरूप रवरात, व्हल्कनीकरणासाठी लागणारे पदार्थ, खनिज तेलात मिश्र करून समाविष्ट करतात व ते मिश्रण जी वस्तू बनवावयाची असेल तिच्या प्लॅस्टरच्या केलेल्या नमुन्यावर ओततात व व्हल्कनीकरण घडवितात. या कृतीने नमुन्यावर रवराचा कवचासारखा थर बसतो. तो सोड-वून घेऊन साचा म्हणून वापरता येतो. द्रवरूप रवराचा उपयोग करून छापखान्यातील रूल औतकामाने बनविता येतात. रंगांयांच्या कुंचल्याचे तंतू तुडाशी घट धरले जावेत यासाठी द्रवरूप रवरापासून बनविलेले कठीण रवर उपयोगी पडते.

नैसर्गिक रवराप्रमाणेच काही संश्लेषित रवर-प्रकारांपासूनही द्रवरूप रवर-प्रकार बनविता येतात.

कच्च्या रबराचे ऑक्सिस्टीकरण (ऑक्सिजन अणूंचा अंतर्भाव) करून बनविलेली काही ऑक्सिस्टीकृत रवरे पूर्वी रंगधंद्यात वापरली जात.

कच्च्या रबरावर क्लोरिनची रासायनिक विक्रिया केल्याने क्लोरिनीकृत रवर बनते. हे न जळणारे अमूर्न त्यावर नायट्रिक अम्लाची विक्रिया होत नाही. ते किंत्येक द्रव पदार्थांत विरघलते. अशी द्रावणे धातुपृष्ठाला रबराचे अस्तर लावावयाचे असेल, तर ते चिकटावे म्हणून वापरतात.

काही रासायनिक विक्रिया करून क्लोरिनीकृत रबरापासून, रवर रेणूरूप साखळ्यांची टोके एकमेकास जोडली जाऊन बनलेले, वल्यासारखी संरचना असलेले रबर-प्रकारही बनविता येतात. त्यांच्या अंगी कठिणपणा आणि धर्वणाने लवकर न शिजण्याचा गुण असतो. पादत्राणांचे तळ बनविण्यासाठी ते वापरीत असत. यांपैकी काही प्रकार, रवर धातुपृष्ठाला चिकटविण्यासाठीही उपयोगी पडतात.

रबरावर हायड्रोक्लोरिक अम्लाची विक्रिया केल्याने रवर हायड्रोक्लोराइड हे संयुग बनते. धातुपृष्ठाला रवर चिकटविण्यासाठी याचाही उपयोग होतो. याचा पातळ पापुद्रा बनतो. तो 'प्लायोफिलम' म्हणून ओळखिला जातो. तो मजबूत, लवचिक व जलरोधक असतो. यापासून बनविलेल्या पिशव्यांची तोंडे तापवून बंद करता येतात. खाचे, सौंदर्य-प्रसाधने इत्यादीना आवेष्टन म्हणून याचा उपयोग होत असे.

रबराची घटना

फेराडे या प्रसिद्ध संशोधकानी इ. स. १८२६ मध्ये रबराचे विश्लेषण केले. तेव्हा कलून आले की, त्यामध्ये कार्बन व हायड्रोजन ही दोनच मूलद्रव्ये आहेत आणि रबराच्या रेणूमध्ये पाच कार्बन अणंवरोवर आठ हायड्रोजन अणू या हिंदोवाने ती संयोग पावली आहेत. तथापि रबराच्या रेणू एकंदर किंती कार्बन व हायड्रोजन अणू आहेत, हे त्याकाळी ठरविता आले नाही. नंतर ते शक्य आले तेव्हा कळले की रबराचा रेणू खूपच मोठा आहे. त्याचा रेणुभार सरासरी ३०,००,००० इतका होईल.

सरासरी असे म्हणण्याचे कारण अशा प्रचंड रेणू असलेल्या पदार्थातील सर्वच्या सर्व रेणू सारख्या आकारमानाचे नस्तात. काही लहान तर काही मोठे असतात.

रबराच्या रेणूमध्ये हे अणू एकमेकांस कशा तळेने जोडले गेले आहेत, ते शोधून काढणे हा या बाबतीतील पुढचा महस्त्वाचा प्रश्न होता. यालाच संयुगाची संरचना ठरविणे असे म्हणतात. रेणू अत्यंत सूक्ष्म असल्यामुळे संरचना दिसू शकत नाही. ती वेगवेगळे पुरावे एकत्र कुलत्र निश्चित करावी लागते.

रवराची संरचना

रेणूची संरचना ठरविण्यासाठी शास्त्रश प्रथम त्या पदार्थवर वेगवेगळ्या विक्रिया करून त्याच्या रेणूचे लहान लहान तुकडे बनवितात. अशा तुकड्यांच्या संरचना बहुधा अगोदरच माहीत असतात किंवा नसल्या तर त्याही याचे पद्धतीने प्रथम ठरवितात. मोठ्या रेणूच्या संरचना ठरविण्याच्या मानाने हे जास्त सोपे असते म्हणून अशी पद्धत स्वीकारणे श्रेयस्कर ठरते.

ज्ञात संरचना असलेले असे तुकडे मिळाले म्हणजे त्यानंतरचे काम 'जिग्-सॉ-पझल' हे नाच असलेले जुळणी कोडे सोडविण्यासारखे असते. या कोड्यात एखाद्या आकृतीचे किंवा चित्राचे निरनिराळ्या आकाराचे पण एकमेकांत जुळून बसतील असे तुकडे सर-मिसळ केलेले असतात. ते योग्य प्रकारे बसविले म्हणजे संपूर्ण आकृती किंवा चित्र पुरे होते हे पुष्कळांना माहीत असेल.

एखाद्या मोठ्या रेणूपासून मिळालेले ज्ञात संरचनेचे लहान रेणू कशा तन्हेने एक-मेकास जोडले गेल्यामुळे तो रेणू वनला असेल, याचा अंदाज रसायनशास्त्राच्या तत्त्वांचा उपयोग करून करता येतो व त्यावरून संभाव्य संरचना मांडणे शक्य होते. कित्येकदा अशा संरचना एकापेक्षा जास्तही असू यक्तात. त्यांपैकी कोणत्या संरचनेची निवड करावी, हे ठरविण्यासाठी मूळ पदार्थवर इतर विक्रियाकारकांचा कसा परिणाम होतो, याचा सखोल अभ्यास करतात आणि त्यावरून जे निष्कर्ष निघतात ते ज्या संरचनेशी मिळते-जुळते असतील ती त्या रेणूची संरचना असे मानतात; परंतु तो-अखेरचा निर्णय नसतो. ज्ञात संरचनेच्या संयुगापासून मुख्यात करून रासायनिक विक्रियांनी त्या संरचनेचा पदार्थ वनविला व त्याचे आणि नैसर्गिक पदार्थांचे गुणधर्म एकच आहेत असे आढळले म्हणजे ती संरचना निविवाद सिद्ध होते. अशा कामासाठी रसायनशास्त्राचे सखोल ज्ञान, विविध व विपुल साधनसामग्री आणि दीर्घ काल व चिकाटीचे परिश्रम यांची आवश्यकता असते. रवराची घटक द्रव्ये माहीत आल्यापासून मानवी प्रयत्नांनी प्रत्यक्ष रवर वनविणे साध्य होण्यास मुमारे सद्याचे वर्षांचा कालावधी लागला !

रवर-रेणूची संरचना ठरविण्यासाठी प्रथम रवराचे भंजक ऊर्ध्वपातन करण्यात आले. भंजक ऊर्ध्वपातनाच्या क्रियेसाठी पदार्थाला वेशेष प्रकारच्या पात्रात बंदिस्त करून उण्णता देतात. उण्णतेने पदार्थातील रेणूचे तुकडे होऊन लहान लहान रेणू असलेले पदार्थ निर्माण होतात व ते ऊर्ध्वपातनाने वेगाले काढून घेता येतात. या क्रियेने रवरापासून आयसोप्रीन आवाचा एकच पदार्थ मुख्यतः मिळाला. आयसोप्रीनची संरचना पुढीलप्रमाणे आहे हे

१ २ ३ ४

त्यानंतर लवकरच सिद्ध आले. $H_2C=CH-CH=CH_2$ या सूत्रावरून हे लक्षात
५।
 CH_3

येईल की, आयसोप्रीनच्या रेणूमध्ये ४ कार्बन अणूची एक सरल साखळी असून ती मधील कार्बन क्रमांक २ ला कार्बन क्रमांक ५ हा अणू झाडाला जशी एस्वादी फांदी असावी त्याप्रमाणे जोडलेला आहे. कार्बनच्या प्रत्येक अणूला एकंदर ४ संयुजावंध असतात व कार्बन अणू त्यापैकी काही वंध एकमेकांना जोडण्यासाठी व उरलेले इतर वंध घटक अणूना जोडण्यासाठी वापरतात. परस्परांना जोडण्याच्या कामी प्रत्येकी एक वंध वापरणे कार्बन अणू जास्त पसंत करतात. कारण त्यामुळे उरलेले सर्व वंध त्यांना इतर अणूना जोडण्यासाठी मोकळे राहतात; तथापि काही ठिकाणी याप्रमाणे कार्बन अणूची एक एक वंधाने जोडणी केल्यास उरलेला वंधाना जोडण्यास पुरेसे इतर अणू उपलब्ध नसतात. अशी आपत्ती असेल तर कार्बन अणू एकमेकांस जोडण्यासाठी एकापेक्षा जास्त वंध वापरून एकमेकाशी संबद्ध होऊन बेळ निभावून नेतात; [परंतु ते केवळ निरुपाय म्हणून, त्यामुळे अशा प्रकारची जोडणी असलेली संयुगे जावा वंध मोकळे करून त्यांनी इतर अणूंशी संयोग पावण्याची संधी शोधीत असतात म्हणजेच असंतृप्त असतात. [आयसोप्रीनच्या संरचनेमध्ये कार्बन क्र. १ व २ आणि कार्बन क्र. ३ व ४ हे द्विवंधांनी एकमेकांस जोडले गेले आहेत. त्यामुळे हा रेणू अस्थिर स्वरूपाचा आहे. आयसोप्रीनच्या गुणधर्माची आणखी तपासणी केली तेव्हा असे आढळले की, काही काळाने त्याचा द्रवरूप भाग कमी होतो आणि रबरासारखे काही गढे त्यात निर्माण होतात. ते रबराचेच होते, हे जरी सिद्ध आले नव्हते तरी हा गुणधर्म सूचक होता.

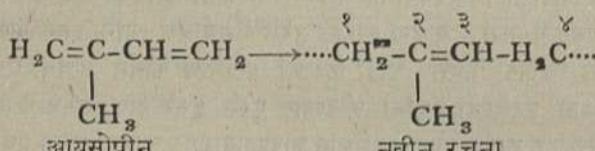
रबराची संरचना ठरविण्यासाठी या उपलब्ध माहितीचा उपयोग शास्त्रांशी करून घेतला. त्यांनी असा युक्तिवाद केला की, ज्या अर्थी रबरापासून भंजक ऊर्ध्वपातानाने मुख्यत्वे आयसोप्रीनच निर्माण होते, त्याअर्थी आयसोप्रीनचे रेणूच एकमेकांस जोडले जाऊन रबराचा रेणू बनला असावा. ते कसे जोडले गेले असतील हे मात्र त्यावेळी गूढ होते. आयसोप्रीनपासून काही काळानंतर रबरासारखे गढे मिळतात, हाही त्यासाठी एक आनुषंगिक पुरावा त्यांनी पुढे केला. हे गढे रबराचेच असतात याबद्दल खांची नसल्यामुळे हा आधार फारसा बलकट नव्हता, हे मात्र खरे, याच सुमारास इतर क्षेत्रांतील संशोधनामुळे असे दिसून आले की निसर्गातील दुसऱ्या कित्येक पदाशींचे मोठे रेणू, लहान व द्विवंधयुक्त विकियाशील अणूसमुच्चय एकमेकांस अनेकदा जोडले गेल्यामुळे बनलेले आहेत. या वस्तुस्थितीमुळे आयसोप्रीनचे रेणू एकमेकांस अनेकदा जोडले जाऊन रबराचा

रेणू बनला असणे शक्य आहे, ही कल्पना मान्य झाली. आता ज्ञो प्रश्न उरला तो म्हणजे हे रेणू कशा प्रकारे जोडले गेले असतील हा.

द्विवंधयुक्त कार्बन अणू आपला एक वंध मोकळा करून संयोग पावण्यास उत्सुक असतात हे वर आलेच आहे.

म्हणून आयसोप्रीनातील कार्बन क. १-२ व ३-४ हे प्रत्येकी एक वंध सहज मोकळा करतील हे स्वाभाविक आहे.

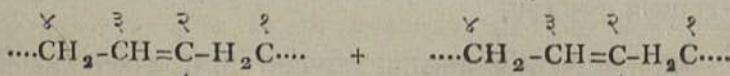
पण त्यांनी असे करावयाचे म्हटले तर आयसोप्रीन रेणूतील इतर संयुजा-वंधाची रचनाही बदलाची लागेल. ती पुढील सूत्राने दाखविल्याप्रमाणे होईल; म्हणजेच कार्बन क. २ व ३ यांमध्ये द्विवंध निर्माण होईल.



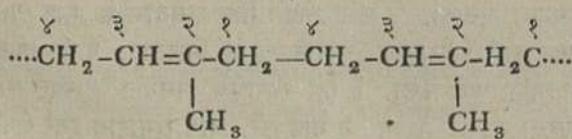
(मोकळे झालेले संयुजावंध तुटक रेषेने दाखविले आहेत.)

अशी रचना झालेले दोन अणुसमुच्चय एकमेकांशी वेगवेगळ्या प्रकारे संयोग पावू शकतील. एका अणुसमुच्चयातील कार्बन क. १ व दुसऱ्यातील कार्बन क. ४ किंवा दोन्ही अणुसमुच्चयातील कार्बन क. १ अथवा दोन्हीमधील कार्बन क. ४ याप्रमाणे ते प्रकार होतील. सूत्रांच्या रूपाने तेच पुढे दाखविले आहेत.

नवीन रचनेतील २ अणुसमुच्चयांमधील कार्बन क्रमांक अनुक्रमे १ व ४ यांचा संयोग झाला तर (I) या सूत्रात दाखविल्याप्रमाणे ८ कार्बन अणूंची साखळी निर्माण होईल.

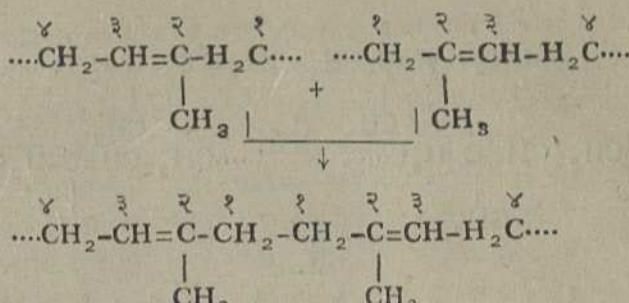


↓



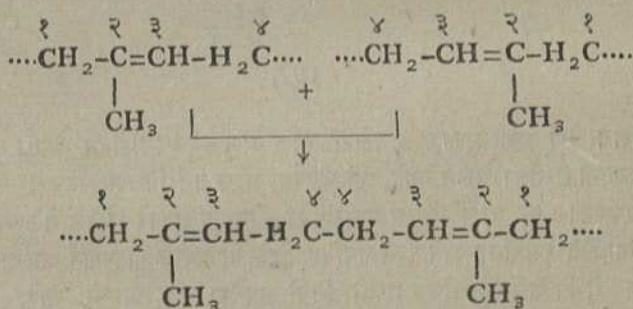
(I)

दोन्ही अणुसमुच्चयातील कार्बन क्रमांक १ एकमेकास जोडले गेले तर पुढे दाखविल्याप्रमाणे सूत्र (II) सारखी साखळी बनेल.



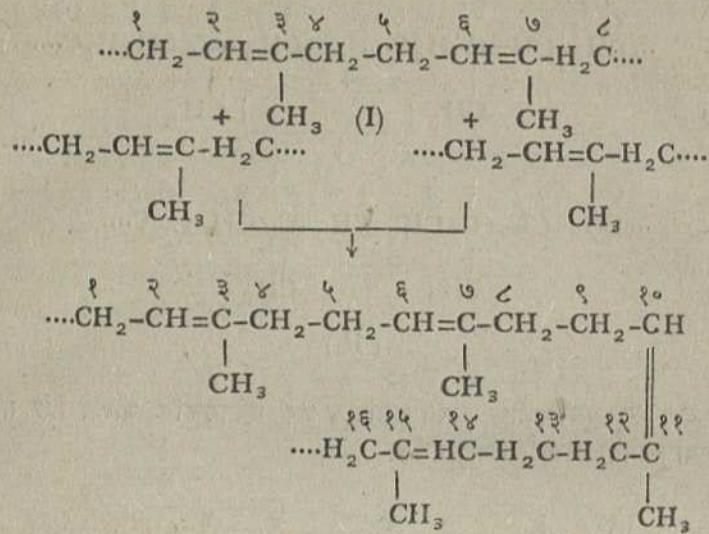
(II)

दोन अणुसमुच्चयातील कार्बन क्रमांक ४ जर एकामेकांस जोडले गेले तर सूत्र (III) या रचनेची साखळी तयार होईल.



(III)

अशा तंहेने २ आयसोप्रिन रेणूसून ८ कार्बन अणुंची साखळी असलेले ३ वेगवेगळ्या संरचनेचे रेणू तयार होतील. त्यापैकी कोणताही रेणू घेतला तरी त्यामधील प्रारंभीचा आणि शेवटचा हा दोन कार्बन अणुंचा प्रत्येकी १ वंध मोकळा आहे हे लक्षात येईल. या मोकळ्या वंधांमुळे या साखळ्यांचा वाणखी अणुसमुच्चयांशी संयोग होऊन यापेक्षा जास्त कार्बन अणुसंख्या असलेले रेणू वनत जाणे शक्य आहे हे उघड आहे. उदाहरणार्थ वरील (I) या साखळीपासून दोन अणुसमुच्चयांशी संयोग होऊन १६ कार्बन अणु असलेली लांब साखळी सूत्र (IV) प्रमाणे होऊ शकेल.



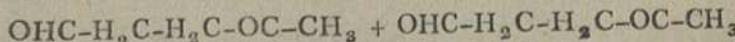
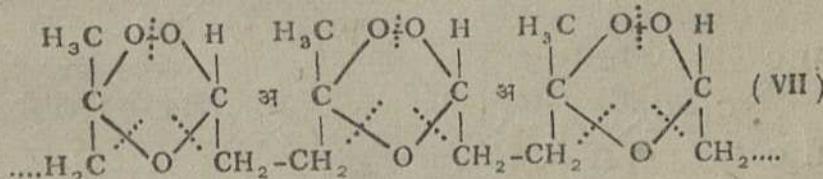
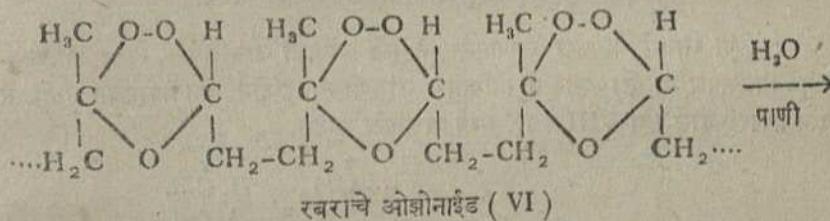
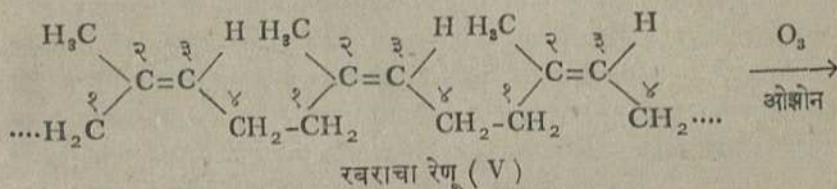
(IV)

रबराचा रेणू अशा प्रकारे आयसोप्रिनातील अणुसमुच्चवांपासून बनला असणे शब्द्य आहे ही कल्पना तर्काला धरून आहे. ही कल्पना प्रत्यक्षात कितपत ठिकते आणि अणु-समुच्चव एकमेकास वर दाखविलेल्या प्रकारापैकी कोणत्या प्रकारे जोडले मेळे आहेत याचा छडा लावण्यासाठी रबरावर अनेक रासायनिक विक्रिया करून पाहण्यात आल्या. त्यापैकी ओझोन वायूची विक्रिया निर्णयिक ठरली. तिची रुपरेषा पुढीलप्रमाणे आहे. ओझोनाची विक्रिया, रेणूमध्ये असणाऱ्या द्विबंधाच्या ठिकाणी घडते.

या विक्रियेत प्रत्येक द्विबंधाची जागा एक एक ओझोन रेणू घेतो व त्या संयुगाचे ओझोनाइड या नावाचे संयुग बनते. ओझोनाइडांवर नंतर पाण्याची विक्रिया करता येते. तिच्यामुळे ओझोनाइड रेणूमध्ये उद्या उद्या ठिकाणी ओझोन रेणू सुमाविष्ट असतो त्या त्या ठिकाणी ओझोनाइड रेणूचे तुकडे पडतात. या विक्रिया रसायनशास्त्रात प्रसिद्ध आहेत. रबराच्या रेणूवर याप्रमाणे प्रथम ओझोनाची आणि त्यानंतर बनलेल्या ओझोनाइडावर पाण्याची विक्रिया घडविली तेज्वा मुख्यतः लेव्हयूलिनिक अलिडहाइड व संवंधित संयुगे बनली. थोड्या प्रमाणात लेव्हयूलिनिक अमल्ही त्यार झाली; पण ते या लेव्हयूलिनिक आलिडहाइडापासून बनलेले होते. या वस्तुस्थितीची संगती लावावयाची झाली तर रबराच्या रेणूमध्ये आयसोप्रिनातील अणुसमुच्चवांची जोडणी एका समुच्चवातील कार्बन क. १,

दुसऱ्या समुच्चयातील कार्बन क्र. ४ ला जोडून झाली असली पाहिजे, असा निष्कर्ष निघतो तो कसा ते पुढील सूक्ष्मवरूप कल्पना येईल. अन्य प्रकारे जोडणी केल्यास संगती लागत नाही.

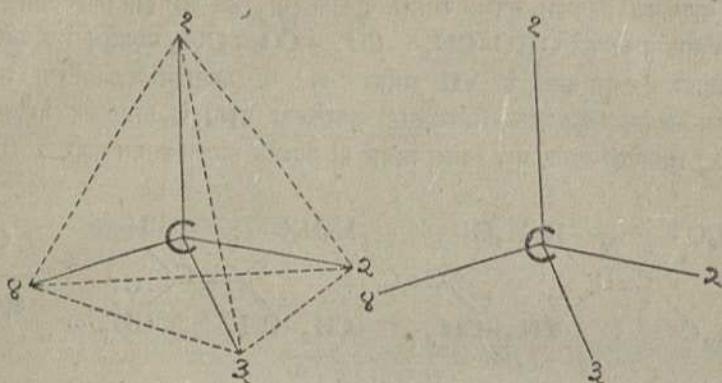
पाण्याच्या विक्रियेने तुटक रेखांनी दाखविलेल्या ठिकाणी ओझोनाइडाच्या रेणूचे तुकडे होतात व त्यामुळे $OHC-CH_2 - CH_2 - CO - CH_3$ म्हणजेच लेव्हयूलिनिक आलिडहाइड हे संयुग बनते, हे VII मधील 'अ' या अक्षराने दाखविलेल्या भागाच्ये निरीक्षण केल्यास कल्पना येईल. विक्रियेसाठी वापरलेल्या पाण्याचे हायट्रोजन पेरॉक्साइड H_2O_2 त्याचवेळी बनते, पण त्याचा विचार या संदर्भात करावा लागत नाही.



लेव्हयूलिनिक आलिडहाइडाचे २ रेणू

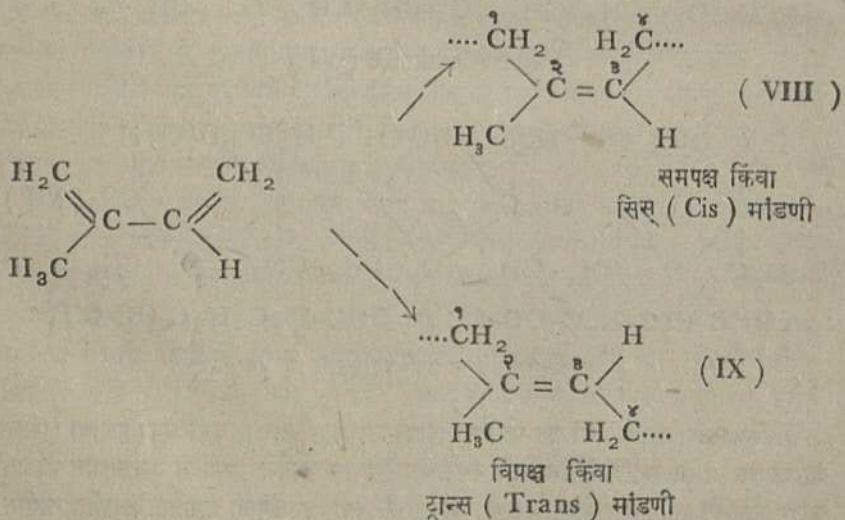
रबराच्या रचनेसंवेदी हा एक महत्त्वाचा उल्गडा झाला, तरी एका प्रश्नाचा खुलासा व्हावयाचा अजून राहतो. तो म्हणजे रबराच्या रेणूतील कार्बन अणूची अवकाशात मांडणी कशी झालेली आहे, हा होय. कारण कार्बन अणूच्या ४ संयुजा एकाच पातळीत नाहीत.

त्या पुढील आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे नियमित चतुरफलकाच्या १, २, ३, ४ या कोप-न्यांच्या दिशेने विखुरलेल्या आहेत, हे सिद्ध जालेले आहे.



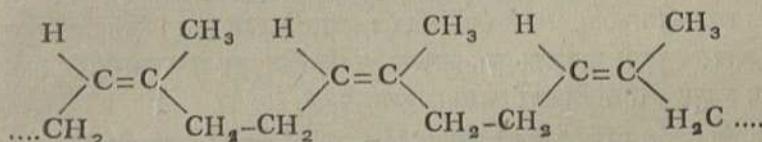
कार्बन अणूच्या संयुजावंधांची अवकाशात मांडणी

म्हणून आयसोप्रिनाच्या रेणूपासून पुनःपुनः जोडला जाऊ शकेल असा जो अनु-समुच्चय आपण मानला आहे तो नियमितीय मांडणीच्या वृष्टीने दोन प्रकारचा होतो. ते दोन प्रकार पुढील सूत्र VIII व IX मध्ये दाखविले काहेत.

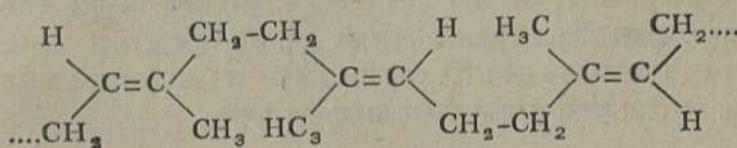


द्विवंधाने जोडलेले कार्बन अणू या छापील पृष्ठाच्या पातळीत आहेत असे मानले तर समपक्ष मांडणीमध्ये कार्बन क्र. २ ला जोडलेला CH_2 गट व कार्बन क्र. ३ ला जोडलेला CH_2 गट हे दोन्ही अवकाशात एकाच वाजूस म्हणजे छापील पृष्ठाच्या वर अथवा खाली येतील. विपक्ष मांडणीमध्ये यापैकी एक गट छापील पृष्ठाच्या वर तर दुसरा पृष्ठाच्या खाली याप्रमाणे येतील.

मांडणीमधील अशा भेदाचाही पदार्थाच्या गुणधर्मावर फार परिणाम होतो. म्हणून रबराच्या रेणूमध्ये यापैकी कोणती मांडणी आहे, हे ठरविणे अत्यंत महत्वाचे आहे. गट्टा-पर्चा नावाच्या एका नैसर्गिक पदार्थाच्या रेणूची संरचना (अवकाशात झालेली मांडणी लक्षात न घेता केलेली अणूंची रचना) रबराच्या रेणुसारखीच आहे; परंतु त्याचा वितल-विंदू व सापेक्ष घनता हे गुणधर्म रबराच्या या गुणधर्मापेक्षा वेगळे आहेत. या भेदाचा विचार कूलन रबर-रेणूची मांडणी समपक्ष स्वरूपाची X व गट्टापर्चाची विपक्ष स्वरूपाची XI असावी, असा निष्कर्ष शास्त्रज्ञांनी काढला व तो क्ष-क्रिंण-विवरतन आणि उपासून वर्णपट-विज्ञान यांपासून मिळालेल्या पुराव्यानेही वरोवर ठरला आहे.



रबराचा रेणू (X)



गट्टापर्चाचा रेणू (XI)

रबराच्या मांडणीचा प्रश्न अशा तर्फे १९३५ च्या सुमारास मुठला, तथापि आयसो-प्रिनापासून रबराची प्रतिकृती साध्य होण्यास त्यानंतर सुमारे २० वर्षांचा कालावधी लागला.

रबराचा रेणू आयसोप्रिनातील अणुसमुच्चयांपासून ज्या प्रकारे बनला आहे, त्याच प्रकारे सेल्युलोज, प्रथिने इत्यादी किंत्येक नैसर्गिक पदार्थांचे रेणू इतर लहान लहान अणु-समुच्चयांची अनेकदा पुनरावृत्ती होऊन बनले आहेत. अशा प्रकारे जोडणी होण्याच्या

क्रियेला बहुवारिकीकरण (इंग्रजीत पॉलिमरायझेशन) म्हणतात. ज्या अणुसमुच्चयांची पुनरावृत्ती झालेली असते, त्यांना एकवारिके (इंग्रजीत मॉनोमर्स) असे नाव आहे. रवर व गट्टापर्चा ही $C_6 H_8$ या एकवारिकापासून बहुवारिकीकरणाने बनलेली नैसर्गिक बहुवारिके होत.

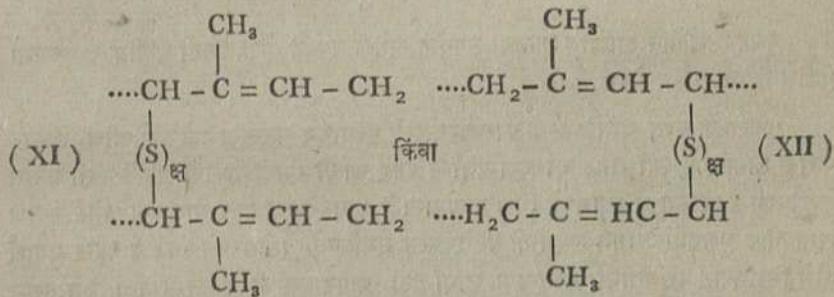
रवर-रेणूची सहजावस्था : दाव किंवा ताण यांसारख्या वाढ्य प्रेरणा कार्य करीत नसतील अशा अवस्थेत रवराच्या रेणुरूपी कार्बन-साखळ्या आपल्या सोबीप्रमाणे अस्ता-व्यस्त पडलेल्या, गुंडाळी झालेल्या, एकमेकीत गुरफटलेल्या, अधून मधून तिढे पडलेल्या व दुमडल्या गेलेल्या असतात. दोन्यांच्या जुडग्यासारखी त्यांची स्थिती असते. अशा स्थितीत कोणतीही नियमित रचना नसल्यामुळे रवर अस्फटिकी असते. रवराला ताण दिला असता रवर-रेणुरूपी साखळीतील कार्बन अणु आपल्या संयुजा-वंधांवर सोईचे पडेल त्याप्रमाणे फिरतात. कारण एका संयुजावंधाने जोडले गेलेले कार्बन अणु संयुजावंधासभोवर वंध न मोडता. फिरु शकतात, हे सर्वमान्य आहे. त्यामुळे ताणल्याने रेणु-साखळ्यांचे तिढे पडलेले व दुमडलेले भाग उलगडतात. रवर ताणले जाते ते त्यामुळे. ताणलेल्या अवस्थेत निरनिराळ्या रेणूंचे काही भाग एकमेकांस समांतरही होतात. त्या भागातील या नियमित रचनेमुळे असे प्रदेश स्फटिकी बनतात. त्यांना स्फटिकके (इंग्रजीत क्रिस्टलाइट्स) म्हणतात. ताण काढल्यावरोवर रेणुरूपी साखळ्या पुनः आपल्या पूर्वस्थितीत जाण्याचा जोरदार प्रयत्न करतात व त्यामुळेच ताणलेले रवर त्वरित आकुंचन पावते.

या साखळ्यांत परस्परांवद्दल फारसे आकर्षण नसते. त्यामुळे उष्णता दिली असता रेणु-साखळ्या एकमेकीवरून घसरू शकतात; त्यांची गुंतागुंतही थोडी शिथिल होते. उष्णतेने रवर मऊ व यावा तो आकार घेईल असे बनते ते त्यामुळे. तिंबण्याच्या क्रियेमुळे साखळ्यांची गुंतागुंत शिथिल होते; इतकेच नव्है तर काही प्रमाणात रेणूंचे तुकडेही होतात. स्वाभाविकच त्यांचे चलन-वलन सुलभ होते. त्यामुळेच तिंबलेले रवर साच्यात घातले असता न तिंबलेल्या रवरापेक्षा जास्त सुलभतेने आकार धारण करू शकते.

व्हल्कनीकरण

ही रवरी वस्तूच्या उत्पादनातील एक अत्यंत महत्वाची प्रक्रिया आहे. व्हल्कनीकरण झालेल्या रवरावर उष्णतेचा व शीततेचा परिणाम होत नाही. त्यामुळेच वस्तूचा आकार टिकतो. व्हल्कनीकरण झालेले रवर कच्चया रवराप्रमाणे वैशीन, हेक्जेन, क्लोरोफॉर्म इत्यादी विद्रोहकांत विरघळत नाही; पण केवळ फुगते. रवराचे अंतिम ताण-बल आणि धर्षण-झीजरोध हे गुण व्हल्कनीकरणाने वाढतात. कच्चे रवर ताणले व नंतर ताण काढला, तर ते तरोतंत पूर्वी होते तितके आस्यूढ होत नाही. त्याच्या लौटीत झालेली

वाढ, ताण नाहीसा झाला तरी काही प्रमाणात कायम राहते हे मागे आलेच आहे. व्हल्कनीकरण केल्याने अशी कायम स्वरूपाची लोबीतील वाढ फारच थोडी होते; ठराविक मर्यादित तर ती होतच नाही. तापमानात वाढ किंवा घट झाली म्हणजे कच्च्या रबराच्या गुणात एकंदरीतच फार फरक पडतो; पण व्हल्कनीकृत रबराचे गुणधर्म मात्र कायम राहतत. व्हल्कनीकरण घडविण्यासाठी सामान्यतः गंधक अथवा उद्याच्या घटनेत गंधक आहे अशी संयुगे रबरात मिसळतात व उष्णता देतात. या प्रक्रियेचे संपूर्ण ज्ञान अजून झालेले नाही; परंतु एवढे सिद्ध झाले आहे की या प्रक्रियेने एकमेकाशेजारच्या रबर-रेणुरूपी साखळथा गंधक अणूच्या द्वारे जोडल्या जातात. त्यासाठी गंधक अणूचा एक संयुजा-बंध एका रेणूतील कार्बन अणूला व दुसरा दुसर्या रेणूतील तशाच कार्बन अणूला जोडला जातो. रबर रेणूमधील उजा दोन कार्बन अणूमध्ये द्विबंध असतो त्याच्या शेजारचे कार्बन अणू अशा प्रकारे गंधकाच्या अणूंद्वारे जोडले जातात. रबर रेणू अशा प्रकारे जोडण्याचे काम नेहमी एकएकटा गंधक अणूकरतो असे नाही. गंधकाच्या दोन अथवा अधिक अणूची मालिकाही हे कार्य घडविते. गंधकाचे काही अणू द्विबंधयुक्त कार्बन अणूनाही जोडले जातात; परंतु अशी विक्रिया फारच थोड्या प्रमाणात घडते. पुढील सूत्रात रेणू एकमेकांस जोडले जाण्याची मुख्य किया दाखविली आहे.



S = गंधक अणू.

क्षची किंमत १ अथवा अधिक.

सामान्यतः व्हल्कनीकरण करावयाच्या रबर-मिश्रणात गंधकाचे प्रमाण मर्यादित (सुमारे १-४ टक्के) असते. त्यामुळे रेणू एकमेकांस जोडले जाण्याचे प्रमाणही अल्प असते. म्हणून ते एकमेकांस घट जखडले जात नाहीत. रबराची प्रत्यास्थता ठिकते ती त्यामुळेच. गंधकाचे प्रमाण वाढविले म्हणजे रेणू जोडले जाण्याचे प्रमाणही वाढते आणि गंधकाचे प्रमाण ३० टक्क्यांपेक्षा जास्त केले म्हणजे रबर-रेणू एकमेकांस अनेक ठिकाणी

जोडले गेल्यामुळे जणू काय स्थानबद्द होतात. त्यामुळे प्रत्यास्थता नसलेले, लाकडासारखे कडक, हार्ड रवर किंवा एवोनाइट बनते. हाही एक उपयुक्त पदार्थ आहे. तो बठकट असून त्यावर रासायनिक पदार्थाचा परिणाम होत नसल्यामुळे रासायनिक विक्रिया-पात्रांना अस्तर म्हणून व काही वस्तू बनविण्यासाठी वापरला जातो.

ओझोन व ऑक्सिजन यांच्या योगाने रवरी वस्तू खराब होतात. याचे कारण या वायूंचा परिणाम रवर-रेणूतील द्विवंधावर होतो. त्या ठिकाणी रेणूंचे तुकडे होतात व वस्तू नाश पावू लागते.

ऑक्सिजन-प्रतिरोधके व ओझोन-प्रतिरोधके वापरल्याने वस्तू जास्त टिकू शकते याचे कारण त्यांच्या उपस्थितीत या वायूंच्या विक्रिया रवराएवजी त्यांच्यावर होतात व रवराचा बचाव होतो.

सर्वप्रकाशातील जंबुपार किरणांमुळे रवर-रेणूतील कार्बन अणंगधील बंध तुटू लागतात त्यामुळेच उन्हात ठेवलेली रवरी वस्तू निकामी होऊ लागते. मोटारीच्या टायरमधील रवर-मिश्रणातील कार्बनबऱ्येक या घटकामुळे हा परिणाम काही प्रमाणात कमी होतो.

रवर-उद्योग व शास्त्रीय ज्ञान

रवर-उद्योगात शास्त्रीय ज्ञानाचा उपयोग अनेक प्रकारे होतो. त्वाची थोडीफार कल्पना पुढील विवेचनावरून येईल.

रवराच्या वस्तू बनविणाऱ्या कारखानदारास उत्पादन करताना अनेक गोटींचा विचार करावा लागतो. कच्चा माल चांगल्या दर्जाचा आहे याची खाढी असावी लागते व ती करून घेण्यासाठी रवराच्या व त्यामध्ये मिश्र करण्यासाठी वापरलेल्या इतर मालाच्या भौतिक व रासायनिक गुणधर्मांचे ज्ञान उपयोगी पडते. वस्तू बनविण्यासाठी कन्चे रवर व इतर पदार्थ याचे मिश्रणपाठ ठरविताना, वस्तू ज्या कामासाठी वापरावयाची असेल त्याला अनुसरून वस्तूत आवश्यक ते गुण यथायोग्य प्रमाणात यावेत या दृष्टीने मिश्रण-घटक निवडावे लागतात. उदा. रवरी धागा सहज व अनेकपट ताणला जाईल आणि पुनः त्वरित आखड होईल असा असावा लागतो, तर मोटारीच्या टथूबला जर भोक पडले, तर ते मोठे होत जाणार नाही हा गुण असलेले मिश्रण लागते. त्याचप्रमाणे वापरावयाची मिश्रणे प्रक्रिया करण्यास सोपी अक्षी असावी लागतात. त्यानंतर वस्तू बनविताना प्रक्रियांचे नियंत्रण करावे लागते आणि अखेरीस तयार झालेली वस्तू येश्य गुणवत्तेची ठरेल याची खाढी करून घ्यावी लागते. या सर्व ठिकाणी रवर-मिश्रणाच्या आणि उत्पादित वस्तूच्या काही भौतिक गुणधर्मांचे मूल्यमापन करणे उपयुक्त असते. कारण या गुणधर्मांची मूल्ये व वस्तूची उप-

युक्तेच्या दृष्टीने गुणवत्ता यांचे परस्पर संवंध अनेक वस्तूच्या बाबतीत प्रस्थापित करण्यात आलेले आहेत.

अशी प्रमाणित मूळे काढण्यासाठी विशेष प्रकारची उपकरणे आणि कार्यपद्धती वापरल्या जातात.^१ त्या तपशिलाची येथे अवश्यकता नाही; परंतु ताण दिला असता वहलकनीकरण केलेल्या रबर-मिश्रणावर जो परिणाम घडतो त्याचे मूल्यमापन या संदर्भात कसे उपयोगी पडते यांचे स्थूलमानाने दिग्दर्शन करता येईल. उदाहरणादखल हाच गुणधर्म निवडण्याचे कारण, हा गुणधर्म रबर-मिश्रणाच्या गुणवत्तेचे सर्वसाधारण गमक म्हणून उपयोगी पडतो, हे होय.

वापरण्यासाठी बनविलेल्या एखाद्या रबर-मिश्रणाची पट्टी बनविली व ती उभी टांगून तिच्या खालच्या टोकाळा क्रमाक्रमाने आपण जास्त जास्त वजने लावू लागली, तर जस-जशी वजने वाढत जातील तसेतशी त्या रबरपट्टीची लांबीही वाढत जाईल आणि अखेर अशी एक वेळ येईल की, पट्टी सर्वांत जास्त लांब होऊन तुटेल. पट्टी जेव्हा तुटली त्यावेळी लावलेले वजन किती किलोग्रॅमचे (किंवा पौंडांचे) होते आणि ताण लावण्यापूर्वी पट्टीच्या आडव्या छेदाचे क्षेत्रफळ किती चौरस सेंटीमीटर (किंवा चौरस इंच) होते ते पाहिले म्हणजे पट्टीच्या रबर-मिश्रणाचे अंतिम ताण-बल पृष्ठ ५९ वर दिलेल्या सूत्रावरून निश्चित करता येते.

अंतिम ताणबल हे रबरात मिश्र केलेले पदार्थ व मिश्रण-किंयेची आणि वहलकनी-करणाची पूर्णता यावर अवलंबन असते. प्रमाणित आकाराची पट्टी वापरून प्रमाणित पद्धतीने काढलेली वेगवेगळथ्या रबर-मिश्रणाची अंतिम ताणबलांची मूळे निश्चित^२ करण्यात आलेली आहेत, आणि विविध उपयोगांसाठी योग्य मूळे काय असावीत, हेही माहीत आलेले आहे. त्यामुळे एखादे रबर-मिश्रण विद्युष्ट कामासाठी कितपत समाधानकारक ठरेल, याची कल्पना त्याच्या प्रत्यक्ष मूळ्यांची या मूळ्यांशी तुलना केल्यास येते.

वरील प्रयोगात पट्टीची मूळची लांबी मोजली व पट्टी तुटली त्यावेळी ती किती होती ते मोजले तर लांबीत आलेली वाढ कळते व त्यावरून पट्टी तुटताना लांबीमध्ये अंतिम प्रतिशत वाढ किती झाली, हे पुढील सूत्रावरून ठरविता येते.

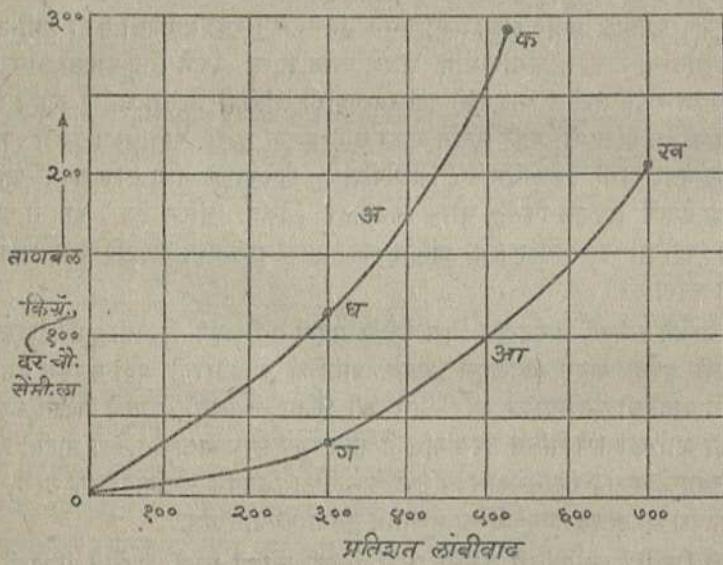
$$\text{अंतिम प्रतिशत लांबीवाढ} = \frac{\text{अंतिम लांबी} - \text{मूळची लांबी}}{\text{मूळची लांबी}} \times 100$$

उदा. प्रथम १ सेंमी. लांब असलेली पट्टी तुटली त्यावेळी ६ सेंमी. लांब झाली असल्यास तिची अंतिम प्रतिशत लांबी वाढ ५०० टरते.

या मूळ्यावरून रबर-मिश्रणाचा ताठरपणा कळून येतो.

जमिनीवर अंथरावयाच्या रबरी लांबीसाठी हे मूल्य ६० असणे योग्य ठरते. पण मोठारीची टथूब बनवावयाची असेल, तर हे मूल्य ७०० इतके उच्च असावे लागते असे दिसून आले आहे.

अंतिम ताणबल मोजण्याच्या वरील प्रयोगात जर क्रमाक्रमाने वरने वाढवीत नेली आणि त्या त्या वेळचे ताणबल काढले, व त्याचप्रमाणे त्या वेळी झालेल्या लांबीतील वाढीवरून त्या त्या वेळची प्रतिशत लांबीवाढ काढली आणि त्यानंतर आढऱ्या अक्षावर प्रतिशत लांबीवाढ आणि उम्हा अक्षावर ताणबले यांची नोंद केली तर एक आलेख काढता येतो. असे आलेखही फार उपयोगी पडतात. उदाहरणादाखल एक आलेख खाली दिला

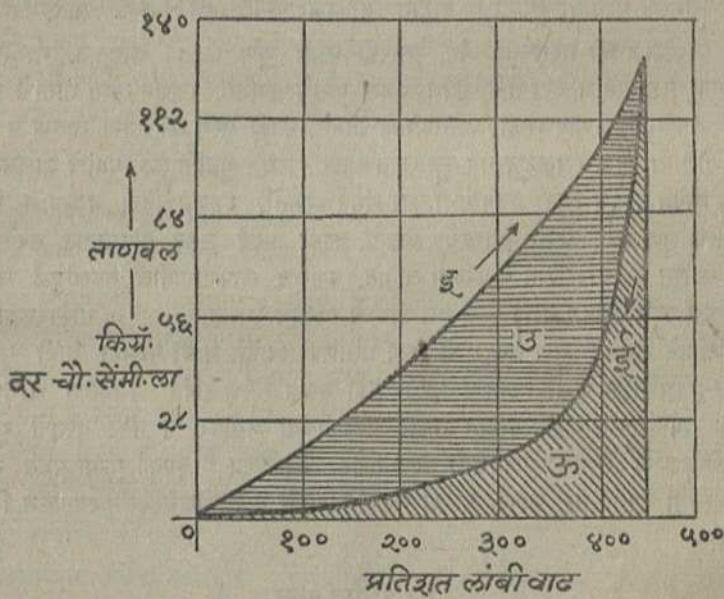


आहे. त्यातील 'अ' हा वक्त टायरच्या खवलयांसाठी योग्य अशा एका रबर-मिश्रणाचा आहे. त्यावरून कल्पन येईल की, अशा मिश्रणाचे अंतिम ताणबल २९७.५ किंव. / चौ. सेमी. (क विंदू) आणि अंतिम प्रतिशत लांबीवाढ सुमारे ५२५ असणे योग्य ठरते. 'आ' हा वक्त मोठारीच्या टथूबसाठी वापरावयाच्या रबर मिश्रणाचा असून त्याची ही मूल्ये अनुक्रमे २१० किंव. / चौ. सेमी. व सुमारे ७०० योग्य ठरतात. (ख विंदू)

एखाद्या रबर-मिश्रणाची प्रतिशत लांबीवाढ एखाद्या विवक्षित मूल्याइतकी होण्या करिता जे ताणबल लागते, त्याला त्या रबर-मिश्रणाचा त्या लांबीवाढीचा मापांक (इंग्रीत मॉड्यूलस) असे म्हणतात. वरील आलेखावरून हे दिसून येईल की, प्रतिशत ३०० लांबी-

वाढीसाठी टथूबच्या रबराचा मापांक सुमारे २८ किंव. / चौ. सेंमी. (ग. बिंदू) आणि टायरच्या रबराचा सुमारे ११३.७५ किंव. / चौ. सेंमी. (घ. बिंदू) येतो.

रबर-पट्टीला ताण देण्याच्या प्रयोगात क्रमाक्रमाने वजने वाढविताना वेगवेगळ्या वजनास झालेली प्रतिशत लांबीवाढ काढून ताणबले व लांबीवाढ यांचा आलेख काढता येतो हे आपण पाहिले. याच प्रयोगात क्रमाक्रमाने वजने वाढविणे संपल्यावर ती क्रमाक्रमाने कमी करत जाऊन पुनः वेगवेगळ्या वजनांच्यामुळे आढळणारी लांबीवाढ काढून वरीलप्रमाणेच आलेख काढला तर वजने वाढविताना भालेला वक्र व कमी करताना येणारा वक्र हे एकरूप होत नाहीत- कारण ताणलेली रबर-पट्टी ताण काढल्यावर लगेच व अगदी तंतोतंत पूर्वी होती तितकी आखूड होत नाही. तिच्या लांबीत झालेली वाढ काही प्रमाणात मागे रेगाळत राहिली आहे असे आढळते. असे वक्र पुढील आलेखात दाखविले आहेत



‘इ’ हा वक्र वजने वाढविल्याने रबर ताणले जात असताना येणारी प्रतिशत लांबीवाढ दाखवितो.

‘ई’ हा वक्र रबरपट्टी वजने कमी केल्यामुळे आकुंचन पावत असताना होणारी प्रतिशत लांबीवाढ दाखवितो.

येथे वक ह व त्याखालील क्षेत्र (क्षेत्र उ + ऊ) हे रबर ताणले जात असताना त्यावर घडलेल्या कार्याच्या सम प्रमाणात असते. रबर आकुंचन पावते तेव्हा ई या वकाखाली असलेल्या क्षेत्राच्या (क्षेत्र ऊ) सम प्रमाणात कार्य परत दिले जाते. रबरावर केले गेलेले आणि त्याने परत फेंड केलेले कार्य यांमध्ये ह व ई या वकांच्यामधील क्षेत्राच्या (क्षेत्र ऊ) सम प्रमाणात तृट येते. ती उष्णतेच्या रुपाने बाहेर पडते व त्यामुळे रबराचे प्रसरण-आकुंचन होते तेव्हा तापमान वाढते.

जी रबरी वस्तू वापरताना प्रसरण-आकुंचन यांची वारंवार अवर्तने होतात, अशा ठिकाणी या वावीचा विचार करावा लागतो. उदाहरणार्थ, मोठारीच्या टायरच्या बाजू व खवले आणि यंत्राचे चालक पडे. कारण जास्त उष्णता निर्माण झाली, तर तापमान फार वाढून वस्तू लवकर निकापी होण्याची शक्यता असते. म्हणून उ हे क्षेत्र जितके लहान असेल तितके चांगले. अशा वस्तूंसाठी या छटीने रबर-मिश्रण निवडणे श्रेयस्कर असते.

किंवेक रबरी वस्तूच्या अंगी दुसरेही काही गुण असावे लागतात. मोठारीच्या टायरच्या पृष्ठभागाला रस्त्याचे धर्वण सहन करावे लागते. म्हणून अशा भागाचे रबर-मिश्रण लवकर क्रिजार नाही, असे असावे लागते. काही वस्तू वापरताना वाकणे व परत सरळ होणे या क्रिया आलढून पालढून सतत होतात. उदा; बुटाचे तळ, यंत्राचे चालक पडे ह. या क्रियेने वस्तूस चिरा पडण्याचा फार संभव असतो. म्हणून चिरा पडण्यास विरोध करण्याचा गुण अशा वस्तूत आवश्यक असतो. काही वस्तू उच्च तापमानात तर काही हिमाच्छादित थंड परिसरात वापरल्या जातात. म्हणून तापमानातील बदलांमुळे वस्तूची उपयुक्ता कमी होणार नाही असे गुण तीमध्ये असावे लागतात. या व यासारख्या इतर ठिकाणी हवे असलेले गुण वस्तूमध्ये किंती प्रमाणात आहेत याची कल्पना याची यासाठी ती वस्तू वापरताना जशी क्रिया होते, तिच्याशी साम्य किंवा संवंध असलेल्या चाचण्याही वस्तूवर प्रयोगशाळेत करून पाहता येतात. चाचण्याच्या अगोदर व नंतर वस्तूचे गुणधर्म तपासले म्हणजे वस्तूच्या गुणवत्तेची कल्पना येते. जेथे अशा चाचण्या पुन्या पडत नाहीत तेथे वस्तूचा प्रायोगिक वापर प्रत्यक्ष करून पाहतात व निरीक्षणे करून त्यावरून निष्कर्ष काढतात.

पुनःप्रापित रबर

मोठारगाड्या, ड्रॅक्टर, मोठारसायकली इत्यादीचे जुने टाकाऊ टायर आणि वापरून निरुपयोगी झालेला इतर रबरी माल यांपासून एक रबर-प्रकार मिळविता येतो. त्याला पुनःप्रापित रबर (रीक्लेम्ड रबर किंवा रीक्लेम) म्हणतात. याला कच्चे रबर न म्हणता एक ' रबर-प्रकार ' म्हणण्याचे कारण असे की, हा पदार्थ म्हणजे मूळचे कच्चे

रवर नसते. व्हल्कनीकरणमुळे कच्च्या रवरात जो रासायनिक फेरफार आलेला असतो तो नाहीसा होऊन हे पूर्ववत बनलेले नसते. परंतु दाव आणि उष्णता यांच्या योगाने ते कच्च्या रवराप्रमाणे दिलेला आकार धारण करू शकते. म्हणून वस्तु बनविण्यासाठी नैसर्गिक व संश्लेषित रवरांवरोबर मिश्र करून मुख्यतः तेंवा प्रत्यक्ष येते. हे मिश्र केळे असता काही फायदेही होतात. त्यामुळे रवरमिश्रणात वापरण्याचा एक बहुमोल पदार्थ आणि टाकाऊ रवरी वस्तूचा उपयोग करून वेण्याचा एक मार्ग या दोन्ही दृष्टीनी त्वाला महत्त्व आहे.

व्हल्कनीकरणाच्या शोधानंतर लवकरच जुन्या रवरी वस्तूमधील रवराचा उपयोग पुनः करून घेता यावा यासाठी प्रयत्नांस चालना मिळाली; परंतु पुनःप्रापणाच्या धंद्याला खरी सुरुवात १८६५ मध्ये झाली.

पुनःप्रापणासाठी आज विविध प्रक्रिया ज्ञात आहेत. त्यामध्ये उष्णतेचा आणि रासायनिक द्रव्यांचा उपयोग करून रवरी वस्तूमधील कापूस, नायलॉन इत्यादींचे घागे नाहीसे करणे आणि व्हल्कनीकरण आलेल्या रवररेणूवर हृष्ट परिणाम घडवून ते साच्याने दिलेला आकार धारण करू शकतील असे बनविणे हे प्रमुख हेतू असतात.

सुमारे ८५ टक्के पुनःप्रापित रवर जुन्या टायरपासून मिळविले जाते.

पुनःप्रापणाच्या कूटीसाठी जुने टायर त्यातील तारा काढून टाकून व आवश्यक असेल तर तुकडे करून एका चक्कीमध्ये टाकतात व भरडून-दलून काढतात.

या चक्कीमध्ये, पृष्ठभागावर सन्या पाढलेले दोन जड रुळ समांतर बसविलेले असतात. त्यांच्या फिरण्याच्या दिशा एकमेकांविशद्द आणि गती भिन्न असतात. त्यामुळे चक्कीत टाकलेले टायर चांगले रगडून-भरडून चूर्ण होऊन निघतात. चक्कीतून वाहेर पडणारे पीठ चाळन घेतात व त्यातील भरडा पुन्हा चक्कीत टाकतात. पिठात लोखंडी तारांचे तुकडे किंवा लोखंडाचा कीस आला असेल, तर तो दूर ब्हावा म्हणून हे पीठ चुंबकीय पृथक्कारी यंत्रामधून वाळवितात. लोखंडी वसू लोहचुंबकाला चिकटून राहतात व निवळ पीठ वाहेर पडते.

या पिठात हवेचा जोरदार झोत सोडतात. त्यामुळे पीठ हवेत उढते व त्यातील वारीक कण हळू हळू खाली पडू लागतात. ते पिंपात गोळा करतात. अशा तन्हेने प्रक्रिये-साठी लागणारे अव्यंत वारीक पीठ तयार होते. ते दाव वेण्याची योजना असलेल्या एका पात्रात (प्रेशर कुकर सारख्या) भरतात व त्यामध्ये घागे नष्ट करणारी (उदा., झिंक बळोराइड), पिठातील कण कुगविणारी व त्यामध्ये आकार्यता (आकार वेण्याचा गुण) आणणारी आणि पुनःप्रापण सुकर करणारी रसायने (नेप्या, कोळशाचे किंवा पाइनचे

डांबर इत्यादी) आणि पाणी मिसळून पात्राचे तापमान सु. २०५° से. इतके चढवून भिशण ३ ते ५ तास ढबळीत ठेवतात. त्यानंतर पात्र थंड करून त्यातील पदार्थ पाण्याच्या टाक्यात सोडतात. तेथून तो एका अखंड व पुढे सरकत जाणाऱ्या जाळीदार पट्टथावर घेतात. त्यामुळे पाणी जाळीतून खाली पडते व पुनःप्राप्ति रबर पट्टथावर राहते. ते धुजून नंतर गरम हवेच्या झोताने कोरडे करतात, त्याचे पातळ तके बनवितात व त्यांचा चुरा करून त्यात राहिलेले मऊ न झालेले कण इत्यादी अनिष्ट पदार्थ काढून टाकण्याच्या प्रक्रिया करून शुद्ध माल तयार करतात.

व्हलकनीकरणाने रबरी वस्तुमध्ये असलेले रबराचे रेणू एकमेकाकास पार्श्ववैधानी जोडले गेलेले असतात. पुनःप्राप्ति-किंयेने हे वंध नाहीसे होत नाहीत; परंतु रबर-रेणुस्पी कार्बन साखळथांचे थंड पडतात. त्यामुळे मूळ रेणूपेक्षा कमी लांबीच्या कार्बन-साखळथा असलेले रेणू बनतात. त्यांच्या अंगी आकार्यता असते. त्यामुळेच पुनःप्राप्ति रबर उपयुक्त ठरते.

पुनःप्राप्ति रबर स्वस्त पडते, वस्तू बनविण्याच्या प्रक्रिया त्यावर कजळ्या रबरापेक्षा जास्त सुकरतेने व निर्धास्तपणे करता येतात व त्याचे व्हलकनीकरणही लवकर होते. या गुणांमुळे अनेक रबरी वस्तू बनविताना भिशणात त्याचा अंतर्भूत करणे फायदेशीर असते. बुटांच्या टाचा, बाबा गाडवांच्या चाकांच्या धावा, बिछायली, स्वस्त नलथा त्याचा उपयोग करून बनवितात.

संश्लेषित रबरी वस्तूपासूनही पुनःप्राप्ति रबर बनविता येते;

भारतीय उद्योग : भारतात मुख्यतः नैसर्गिक रबराच्या वस्तूपासून पुनःप्राप्ति रबर बनविले जाते. इ. स. १९६३ पर्यंत हा धंदा भारतात नव्हता. त्यापूर्वी डॅनलॉप रबर कंपनी, बाटा शू कंपनी इ. कारखाने स्वतःपुरते उत्पादन करून वापरीत. इतरांना लागणारे पुनःप्राप्ति रबर आयात केले जाई.

सध्या भारतात पुनःप्राप्ति रबर बनविणारे ४ कारखाने चालू असून १९६९-७० साली त्यांचे एकांदर उत्पादन १३,४८० टन झाले. इ. स. १९८१ मध्ये ते २३,१०० टन व १९८२ मध्ये २६,३०० टन झाले. आजची उत्पादन-क्षमता ४०,००० टन आहे.

प्रकरण ६

संश्लेषित रबरे

आजकाल आपण ज्या रबरी वस्तु वापरतो त्या सर्वांमध्ये नैसर्गिक रबराच वापरलेले असते असे नाही. किंत्योकांमध्ये नैसर्गिक रबराएवजी किंवा नैसर्गिक रबरावरोबर संश्लेषित रबरे उपयोगात आणलेली असतात. त्याना 'कृत्रिम रबरे' असेही म्हणतात; पण कृत्रिम म्हणजे हलक्या दर्जाची असा अर्थ मात्र नाही.

साध्या कच्च्या मालापासून मानवाने रासायनिक विक्रियांनी बनविलेले नैसर्गिक रबरासारखे गुणधर्म असणारे पदार्थ म्हणजे संश्लेषित रबरे होत. त्याच्या रेणूच्या रचनेमध्ये आणि नैसर्गिक रबराच्या रेणूच्या रचनेत सारखेपणा असतो पण एकरूपता नसते. म्हणूनच नैसर्गिक रबराच्या रेणूच्या, मानवाने बनविलेल्या हुवेहूच प्रतिकृतीचा उल्लेख 'संश्लेषित नैसर्गिक रबर' असा केला जातो हे मार्गे आलेच आहे.

नैसर्गिक रबराचे रेणू आणि संश्लेषित रबरांचे रेणू यांमध्ये पुढील भेद आढळतात.

नैसर्गिक रबराचे रेणू C_5H_8 या एकवारिकापासून बनलेले आहेत. पण संश्लेषित रबरांचे रेणू केवळ C_5H_8 च नव्हे तर त्याच्याशी साम्य असलेल्या इतर एकवारिकापासून, उदा. C_4H_8 , C_8H_8 इत्यादीपासून, बहुवारिकीकारणाने बनले आहेत; त्यामध्ये कार्बनशिवाय इतर मूलद्रव्यांच्या अणुंचाही समावेश असतो. काही संश्लेषित रबरांचे रेणू एकापेक्षा अधिक प्रकारच्या एकवारिकांपासूनही बनलेले असतात; उदा. एसबीआर हे रबर व्युटाडीन C_4H_6 व स्टायरीन C_8H_6 या भिन्न एकवारिकापासून तयार होते.

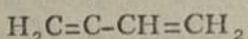
रेणूच्या या भिन्नतेमुळे सर्व संश्लेषित रबरांच्या अंगी नैसर्गिक रबराचे सर्व गुण असतातच असे नाही. त्यामुळे उपयोगाच्या फृटीने संश्लेषित रबरांचे दोन वर्ग पडतात. टायरसारख्या सर्वसामान्य वस्तू बनविण्यासाठी उपयोगी पडणाऱ्या रबरांचा 'सामान्यो-पयोगी रबरे' हा एक आणि खनिज तेलांच्या सानिध्यात, किंवा उच्च तापमानात वापरताना टिकू शकतील अशा विशेष प्रकारच्या वस्तू बनविण्यासाठी योग्य अशांचा 'विशेषोपयोगी रबरे' हा दुसरा होय. नैसर्गिक रबरामध्ये कमी प्रमाणात असलेले किंत्येक गुण (उदा.

खनिज तेले, ओझोन वांयु, उच्च तापमान यांच्या अनिष्ट परिणामास विरोध करणे हे व तत्सम इतर) विशेषोपयोगी रबरांच्या अंगी मोठथा प्रमाणात असतात.

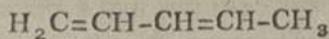
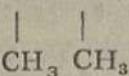
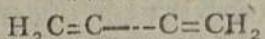
उगम व विकास

नैसर्गिक रबराचे भंजक ऊर्ध्वपातन केले असता आयसोप्रीन हे संयुग मुख्यतः मिळते हे मागे वालेच धाहे (पृ. ६२) हे ऊर्ध्वपातन निर्धात स्थितीत केलेले असते. आयसोप्रीन हवेच्या संपर्कात ठेवले व तापविले तर घट बनते आणि आणि काळाने त्याचे स्पंजासारखे लवचीक व पांढरे गडे बनतात असे जी. विल्यम्स यांना १८६० मध्ये दिसून आले. असेच गडे त्यावर हायड्रोक्लोरिक अम्लाची विक्रिया केली असता किंवा नलीमध्ये ते वंद करून प्रकाशात ठेवले तर त्यार होतात असे त्यानंतर दुसऱ्याही काही संशोधकांना दिसून आले. परंतु या निरीक्षणांचा उपयोग नैसर्गिक रबर बनविण्यासाठी करावा या हाटीने प्रयत्नास त्याकाळी चालना मिळाली नाही.

इ. स. १८८१ च्या सुमारास फॉन होफमान यांना दिसून आले की १, ३-पेंटाडीन या संयुगापासूनही रबर-सहश गडे अशाच विक्रियानी मिळतात. त्यानंतर १८८२ मध्ये कौटूरियर यांना २, ३-डायमिथिल-१, ३-व्युटाडिनाच्या अंगीही असाच गुण असल्याचे आढळले. परंतु या शोधाकडे कोणी फारसे लक्ष दिले नाही. आयसोप्रिनाच्या रेण्ट्रप्रमाणेच या पदार्थाच्या रेण्ट्रमध्येही एका आड एक असे दोन द्विवंश आहेत हे या रेण्ट्रच्या संरचनांतील साम्य लक्षात घेण्यासारखे आहे.



आयसोप्रीन



१, ३-पेंटाडीन

२, ३-डायमिथिल-१, ३-व्युटाडीन

विसाव्या शतकाच्या प्रारंभी मोठार्हाचा प्रसार सुरु झाला व टायरसाठी रबर लागू लागले. त्यामुळे रबराची मागणी वाढली व पुरवठा कमी पढू लागला. कारण रबराच्या लागवडी जरी स्थापन झाल्या होत्या तरी त्यापासून उत्पादनास नुकतीच मुरवात होत होती. या परिस्थितीमुळे रबराच्या किंमती भडकू लागल्या. रासायनिक विक्रियांनी कारखान्यात रबर बनविता आले तर ही आपत्ती दूर करता वेईल या अपेक्षेने जर्मनी व इंग्लंड या देशांत रबर-संश्लेषणविषयक संशोधनास प्रथम चालना मिळाली. या प्रयत्नातून १९१० च्या

सुमारास असे निष्पत्र झाले की सोडियम धातूच्या संपर्कात आयसोग्रीन ठेवले तर काही काळावधीनंतर रबरासारखा पदार्थ निर्माण होतो. हा शोध दोन्ही देशात स्वतंत्रपणे लागला पण योगायोग मात्र असा विचित्र की याच सुमारास लागवडीचे रबर-उत्पादन मबलक होऊ लागले आणि त्यामुळे रबराच्या किंमती उतरल्या. रबर-संक्षेपणाचे प्रयत्न त्यामुळे थंडावले !

पहिले महायुद्ध

त्यानंतर लवकरच पहिले महायुद्ध सुरु झाले. युद्ध फार काळ चालणार नाही अशी जर्मनीची कल्पना होती. त्यामुळे युद्धासाठी रबराचा फारसा साठा जर्मनीने केला नव्हतो. युद्ध सुरु झाल्यावर लवकरच तो संपुष्टात आला. नवीन पुरवठा शत्रुंनी नाकेबंदी करून तोडला होता त्यामुळे रबराचा तुटवडा पडण्याचे संकट जर्मनीपुढे उभे राहिले. संक्षेपणाने रबर बनविण्याचे प्रयत्न आणि तेही युद्ध पातळीवर करण्याखेरीज गत्यंतर उरले नाही. आयसोग्रीनासून रबर बनविण्याची खटपट प्रथम करून पाहण्यात आली पण अपयश आले. आयसोग्रीन दुर्भिल होते आणि त्यापासून बनणारे रबरही समाधानकारक नव्हते. पर्याय म्हणून वर उल्लेख केलेला २, ३-डायमिथिल-१, ३-ब्युटाडीन हा पदार्थ कच्चा माळ म्हणून वापरण्याचे जर्मनीने ठरविले. हा पदार्थ अॅसिटोन नावाच्या संयुगापासून म्हणजेच अप्रत्यक्षपणे चुनखडी आणि कोळसा यापासून बनविता येत असल्यामुळे फार सोरीचा होता. या तन्हेने मिळाल्या रबराला मिथिल रबर म्हणतात. याचे दोन प्रकार तयार करण्यात आले. एक प्रकार टायरसाठी व दुसरा मोटारीतील व पाणवृद्धा बोटीतील बैटरीच्यांच्या पेटथांकरिता वापरण्यात आला. जर्मनीने युद्धकाळी या रबराचे उत्पादन सुमारे २३५० टन इतक्या प्रवंड प्रमाणावर केले व संभाव्य रबर-ठंचाईला तोंड दिले.

युद्ध संपल्यावर मात्र त्याचे उत्पादन वंद पडले, कारण नैसर्जिक रबराशी तुलना करता ते निकृष्ट व महाग होते. युद्धाच्या आपत्काळी जर्मनीस त्याने हात दिला हेच त्याचे महत्त्व. रबर-सदृश पदार्थाची मोठ्या प्रमाणावर निर्मिती करून त्याचा प्रत्यक्ष उपयोग करून पाहिल्याचे हे पहिलेच उदाहरण होय.

यानंतर काही वर्षे रबर-संक्षेपणाकडे जगाचे लक्ष गेले नाही कारण नैसर्जिक रबर मुबलक व स्वस्त मिळू लागले.

इ. स. १९२९ च्या सुमारास रबराची किंमत पौंडास १४ सेंट इतकी घसरली. पूर्वी ती ५० सेंटच्या खाली कधीच गेली नव्हतो. रबरमळथांचे त्यामुळे नुकसान होऊ लागले. त्याकाढी रबर-मळथांचा सु. ७५ टक्के भाग ब्रिटिशीचा होता. मळथांचे नुकसान थांबविण्यासाठी ब्रिटनने स्टीव्हन्सन स्कीम नावाची एक योजना आखली व निर्यातीवर जकात

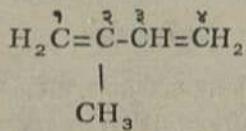
बसविली. त्यामुले १९२३ पासून रवराच्या किंमती पुनः चढू लागल्या आणि १९२५ मध्ये त्यांनी उच्चांक गाठला. कच्च्या माळाच्या किंमतीत वारंवार होणारा चढउतार उद्योगधंद्याला मारक असतो. संश्लेषणाने रवर बनविता आले तर किंमती आटोकयात ठेवता येतील हे उद्योजकांनी जाणले, कारण नैसर्गिक उत्पादनापेक्षा कारखान्यातील उत्पादनावर नियंत्रण ठेवणे जास्त सोपे असते. रवर-संश्लेषणाचे प्रकल्प हाती घेण्यात जर्मनीने पुढाकार घेतला. कारण रवराच्या बाबतीत स्वयंपूर्ण व्हावे अशी जर्मनीची आकांक्षा होती. अमेरिकेसही संश्लेषित रवरात स्वारस्य होते. कारण अमेरिका रवर-उत्पादनाचा फार मोठा भाग वापरीत असे, तिने आपल्या हितरक्षणासाठी आफ्रिकेमध्ये स्वतःच्या रवर-लागवडीस मुरुवात केली आणि त्याच्वरोवर रवर-संश्लेषणाच्या प्रयत्नानाही चालना दिली.

रवर-संश्लेषणास उपयोगी पडू शकेल असा ब्युटाडीन हा पदार्थ याच सुमारास स्वस्त व जास्त शुद्ध रूपात उपलब्ध झाला होता.

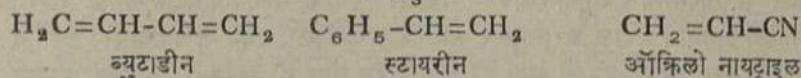
ब्युना रवरे

आयसोप्रिनाच्या रेणूप्रमाणेच ब्युटाडिनाच्या रेणूमध्येही चार कार्बन अणूची साखळी असून द्विंदांची स्थानेही सारखीच आहेत हे पुढे दिलेल्या त्यांच्या सूत्रांवरून कठून वैदील. आयसोप्रिनाच्या रेणूत कार्बन क्र. २ ला एक मिथिल गट जोडलेला आहे तसा ब्युटाडीनात नाही. याचेही बहुवारिकीकरण सोडियमने घडते असे प्रयोग केल्यावर दिसून आले. त्यावरून ब्युटाडिनातील 'ब्यु' व सोडियम याचे जर्मन नाव नाट्रियुम यातील 'ना' ही आद्याक्षरे घेऊन या रवर-प्रकाराला 'ब्युना' हे नाव देण्यात आले. बहुवारिकीकरणास उत्प्रेरक म्हणून उपयोगी पडेल असा बैंशॉइल पेरोक्साइड हा आणखी एक पदार्थ याच सुमारास माहीत झाला. त्याचप्रमाणे बहुवारिकीकरण घडविण्यासाठी एकवारिके पाण्यात मिसळून पायस-रूपात वापरणे फायद्याचे असते असाही अनुभव आला. संशोधनास नवी दिशा मिळेल अशो आणखीही एक गोष्ट याच काळांत नजरेस आली. ती म्हणजे बहुवारिकीकरणासाठी एकाच प्रकारचे एकवारिक वापरण्याएवजी दोन भिन्न एकवारिके एकत्र करून त्यांचे सहबहुवारिकीकरण केले तर मिळणाऱ्या बहुवारिकाच्या अंगी उपयुक्त गुणधर्म जास्त प्रमाणात आढळतात ही होय. या पार्श्वभूमीवर ब्युटाडीन व स्टायरीन यांचे बहुवारिकीकरण पायसरूपात आणि बैंशॉइल पेरोक्साइडाच्या उपस्थितीत घडविले तेव्हा जो पदार्थ मिळाला त्यांचे गुणधर्म पूर्वीच्या रवरपेक्षा नैसर्गिक रवराच्या गुणधर्माशी जास्त मिळतेजुळते आहेत असे १९२९ मध्ये दिसून आले. या रवराला ब्युना एस्- हे नाव देण्यात आले. याच्या पाठोपाठ १९३० मध्ये ब्युटाडीन व ऑक्सिलोनायट्राइल यांचे सहबहुवारिकीकरण करण्यात आले. त्यापासून ब्युना एन् हा आणखी एक रवर-प्रकार मिळाला. त्याच्या अंगी खनिज

तेलीच्या संपर्कात टिकण्याचा आणि पेट न घेण्याचा गुण-आहे असे दिसून आले, यंत्रांमध्ये रबर वापरताना या गुणांना फार महत्त्व असल्यामुळे या रबराच्या रूपाने नैसर्गिक रबरापेक्षा सरस असे एक विशेषोपयोगी रबर मनुष्यास उपलब्ध झाले. रबर-संशोधनातील ही प्रगती मरुवत: जर्मनीमध्येच होऊ शकली. त्याचे कारण स्वयंपूर्णतेवर भर असल्यामुळे जर्मनीस आर्थिक प्रश्न गौण होता.



आयसोप्रिन

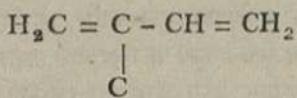


याच कालात अमेरिकेतील स्टॅटर्ड ऑइल कंपनी आणि जर्मनीतील आयजी फार्मेन कंपनी यांनी संशोधनविषयक माहितीची देवघेव करण्याचा एक करार केला होता. अमेरिकन शास्त्रज्ञांनी रबर-संक्षेपणाचे प्रयत्न स्वतंत्रपणेही चालविले होते. त्यापासून काही विशेषोपयोगी रबरे निष्पत्र झाली. पण सामान्योपयोगी रवरासंबंधी संशोधन अमेरिकेत त्यावेळी फारसे झाले नाही. असे रबर जर्मनीहून आयात केले जाई.

इ. स. १९२४ च्या सुमारास एथिलीन डायक्लोरोइड व तत्सम संयुगे आणि सोडियम टेट्रासल्फाइड यांच्यामधील रासायनिक विकियांचा अभ्यास अमेरिकेत करण्यात आला होता. तेव्हा त्यापासून एक रबर-प्रकार मिळतो असे आढळले. त्याला 'थायोप्लास्ट' किंवा 'पॉलिसल्फाइड रबरे' ही संज्ञा देण्यात आली. ही रबरे पेट्रोल व तत्सम खनिज तेलजन्य पदार्थांनी कुगत नाहीत. त्यामुळे पेट्रोलवाहक नळ वर्गे रेसाठी ती फार अप्रतिम ठरली. त्याचे उत्पादन १९३० मध्ये सुरु झाले व अजूनही त्याचे सुधारित प्रकार वापरले जातात.

संघनन बहुवारिकीकरण

ही रबरे वनविण्याची रासायनिक विकिया आतापर्यंत वर्णन केलेल्या बहुवारिकी-करणासारखी, म्हणजे लहान एकवारिके एकमंकात सामावून घेण्याची, नाही. त्या ऐवजी येथे एथिलीन डायक्लोरोइड आणि सोडियम टेट्रासल्फाइड रेणू यांमध्ये संघनन-विकिया होऊन सोडियम क्लोरोइड निर्माण होऊन बाहेर पडते व रेणू एकमेकांस जोडले जाऊन ठांब साखळथा वनतात. या विकियांचे तपशील इतरत्र दिले आहेत. अमेरिकेने विकसित केलेले असेच आणखी एक विशेषोपयोगी रबर म्हणजे 'पॉलिक्लोरोप्रीन' हे होय. त्यालाच नंतर नियोप्रीन हे नाव मिळाले. याच्या निर्मितीसाठी २-फ्लोरोब्युटाडीन हे संयुग वनवून त्याचे बहुवारिकीकरण करतात.



२-क्लोरो ब्युटाडीन.

खनिज तेले, ओझोन वायू इत्यादीच्या विनाशक परिणामास हे दाद देत नाही.

ब्युटिल रबर

याच सुमारास आयसोब्युटायलीन या संयुगाचे, बोरॉन ट्रायफ्ल्युओरोइडाच्या सान्निध्यात व -७५° से. तापमानास बहुवारिकीकरण घडविले तर एक बहुवारिक पदार्थ मिळू शकतो ही माहिती जर्मनीने वरील करारानुसार अमेरिकेस पुरविली. प्रथम या पदार्थाचा उपयोग इंधनात मिसल्यासाठी करावा असा हेतू होता. परंतु नंतर तो बदलला व रबर म्हणून उपयोग करण्याच्या दृष्टीने काही संशोधन करण्यात आले. त्यातून असे निष्पत्र झाले की थोड्या प्रमाणात आयसोप्रीन अथवा ब्युटाडीन मिश्र वरून आयसोब्युटायलिनाचे सहबहुवारिकीकरण घडविले तर एक विशेषोपयोगी रबर-प्रकार मिळतो. त्याला 'ब्युटिल रबर' हे नाव देण्यात आले. या रबरांवरही ओझोन व उष्णता यांचे अनिष्ट परिणाम होत नाहीत. तथापि या रबराचे आणखी एक वैशिष्ट्य म्हणजे यापासून बनविलेल्या पातळ तक्त्यातून हवा आरपार जात नाही. नैसर्गिक रबराच्या अंगीही असा गुण आहे हे खेरे पण तो ब्युटिल रबराची तुलना करता फार कमी ठरतो; उदा. एका चाचणी-प्रयोगामध्ये एक नैसर्गिक रबराची व एक ब्युटिल रबराची अद्या सारख्या आकाराच्या मोटारीच्या ट्यूब्ज बनवून त्यात २८ पौंड / चौ. इंच, इतका दाव होईपूर्यंत हवा भरली होती. दोन अठवड्यानंतर पुनः दाव मोजला तेव्हा नैसर्गिक रबराच्या ट्यूबमधील हवा निघन मेल्यासुले दाव ८ पौंड / चौ. इंच कमी झाला तर ब्युटिल रबराच्या ट्यूबमधील फक्त १ पौंड / चौ. इंच इतकाच उतरला. या वैशिष्ट्यासुले मोटारीच्या ट्यूब्जसाठी हे नैसर्गिक रबरापेक्षा जास्त समाधानकारक ठरते. कारण हवा वारंवार भरावी लागत नाही. याचे उत्पादन १९४० पादून सुरु झाले.

दुसऱ्या महायुद्धात रबर

दुसऱ्या महायुद्धापूर्वी सामान्योपयोगी रबर म्हणून नैसर्गिक रबराएवजी वापरता येईल असे ब्युना एस् हेच रबर उपलब्ध होते व त्याचा पुरवठा अमेरिकेस मुख्यतः जर्मनी-कडून केला जाई. युद्ध सुरु होण्याच्या सुमारास अमेरिकेने याच्या उत्पादनाचे तंत्र आत्मसात केले आणि प्रायोगिक प्रमाणात त्याचे उत्पादनही सुरु केले. लढाई सुरु झाल्यावर आणि विशेषतः १९४१ च्या अखेरीस जपानने जेव्हा आग्नेय आशियातील नैसर्गिक रबर-उत्पादक प्रदेश काबीज केला तेव्हा रबराचा तुटवडा पदण्याची भीती निर्माण झाली. या प्रसंगाला

तोंड देण्यासाठी अमेरिकेने प्रयत्नांची पराकाळ्या केली. युनायटेड स्टेट्स् व कॅनडा यांनी मिहून १९४२ ते १९४४ च्या दरम्यान या रबराच्या उत्पादनाचे ८७ कारखाने काढले व दरसाल १० लक्ष टन रबर बनविण्याची क्षमता निर्माण करून प्रचंड उत्पादनही केले. या रबराला त्यावेळी जीआर एस् म्हणत असत.

युद्धसमाप्तीनंतर मात्र त्याचे उत्पादन बंद पडले. कारण नैसर्गिक रबरापेक्षा ते निकृष्टच होते.

त्यानंतर काही विशेष प्रकारच्या उत्प्रेरकांचा शोध लागला. त्याचा उपयोग केल्याने ब्युटाडीन व स्टाथरीन यांचे बहुवारिकीकरण पायस-रूपातच पण ५० से. इतक्या कमी तापमानास घडवून आणणे साध्य आले. मूळच्या कृतीत ५०० से. तापमान वापरावै लागे. या नव्या कृतीने बनविलेल्या रबराचा उंडेख त्यामुळे 'थंड एस्बीआर' असा केला जातो व पूर्वीच्या रबरप्रकाराला 'उष्ण एस्बीआर' म्हणतात. 'थंड एस्बीआर'च्या अंगी घर्षण-जन्य झीज होण्यास विरोध करण्याचा गुण मोठ्या प्रमाणात असल्यामुळे ते एक महत्वाचे आधुनिक सामान्योपयोगी रबर ठरले आहे.

संश्लेषित नैसर्गिक रबर

युद्धोत्तर कालात आलेली एक महत्वाची घटना म्हणजे संश्लेषणाने नैसर्गिक रबराची हुबेहुब प्रतिकृती बनविण्यात शाळकांना आलेले यश ही होय. आतापर्यंत हे साधत नव्हते याचे कारण आयसोप्रिनापासून बनणाऱ्या एककांच्या त्रिमितीय मांडणीचे नियंत्रण बहुवारिकीकरण घडविताना करता येत नव्हते हे होय. रबराच्या रेणूतील सर्व एकके समपक्ष रूपाची आहेत हे मागे आलेच आहे. इ. स. १९५३ पर्यंत बहुवारिकीकरणासाठी जी उत्प्रेरके वापरली जात त्याच्या योगाने एकाच मांडणीची एकके एकमेकास जोडली जातील असा भरवसा नसे. काळं त्सीगलर व जी. नाटा यांनी या सुमारास जी उत्प्रेरके शोधून काढली होती ती वापरल्याने एकवारिकांच्या त्रिमितीय मांडणीवर नियंत्रण ठेवणे शक्य आले. या उत्प्रेरकांचा उपयोग करून १९५५ च्या सुमारास आयसोप्रिनापासून नैसर्गिक रबराचे संश्लेषण साध्य आले.

त्सीगलर-नाटा उत्प्रेरके ही जटिल संयुगे असून ती एखादे अलिकल ॲल्युमिनियम (उदा. ट्राय एथिल ॲल्युमिनियम) आणि संक्रमणी धातूचे हलाइड (उदा. टिटॅनियम क्लोराइड) यापासून बनलेली असतात.

प्रत्यक्षात आयसोप्रिनापासून दोन रबर-प्रकार मिळविता येतात. एका प्रकारात समपक्ष मांडणी सु. ९८ टक्के असते. (नैसर्गिक रबरात अशी मांडणी १०० टक्के असते.) या प्रकाराचे गुणधर्म, काही किरकोळ भेद वगळता, नैसर्गिक रबरासारखेच असतात.

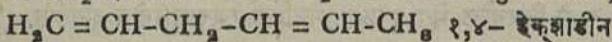
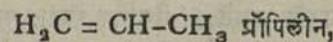
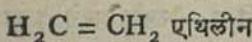
लिथियम धातू किंवा अल्किल लिथियम उत्प्रेरक वापरुनही एक प्रकार मिळतो; पण त्यात समपक्ष मांडणीचे प्रमाण कमी असते.

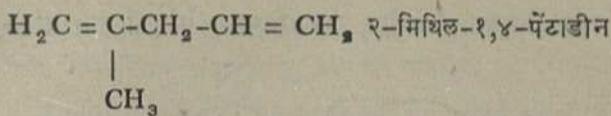
दोन्ही प्रकार नैसर्गिक रबरांपेक्षा महाग पडतात.

दिवसेंदिवस प्रचारात येत असलेली प्रगत उत्पादन-तंत्रे, अवकाश-संचार, अग्निवाण, क्षेपणाखे इत्यादीच्या योजनांमध्ये रबरसदृश पदार्थाचा संपर्क खनिज तेले, ओझोन वायू, क्षरणकारी रसायने यांच्याशी येणे अपरिहार्य झाले आहे. त्याचप्रमाणे उच्च व नीच तापमान सहन करतील व त्यात वारंवार होणाऱ्या चढूतारास तोङ देतील असे रबर-प्रकार आवश्यक झाले आहेत. या संदर्भात कार्बनेतर मूलद्रव्यांचा उदा. फ्लुओरिन, सिलिकॉन इत्यादीचा समावेश असलेले कित्येक रबर-प्रकार बनविण्यात आले आहेत व ते अशा ठिकाणी उपयोगी पडतात असे दिसून आले आहे.

एथिलीन-प्रॉपिलीन रबरे

नैसर्गिक रबर त्याचप्रमाणे आतापर्यंत वर्णन केलेली, दोन द्विबंध असलेल्या एक-वारिकांपासून बनविलेली संश्लेषित रबरे यांच्या रेणूमध्ये अनेक द्विबंध शिळ्क असतात. या द्विबंधामुळे गंधक व प्रवेगके यांनी व्हल्कनीकरण घडविता येते हे खरे पण त्याचबरोबर ऑक्सिजन, ओझोन व इतर विकियाशील पदार्थ यांचा विनाशक परिणाम या रबरांवर लवकर घडतो. हा धोका शक्य तितका कमी व्हावा पण व्हल्कनीकरण मात्र घडविता यावे या उद्देश्याने अलीकडे कमीत कमी द्विबंध असतील अशी रबरे बनविण्याचे प्रयत्न केले जात आहेत; ब्युटिल रबर हे अशाच प्रकारचे एक रबर आहे. याचा उल्लेख अगोदर झालाच आहे. एथिलीन व प्रॉपिलीन यांपासून बनणारे एथिलीन-प्रॉपिलीन रबर हे या प्रकारांपैकी आणखी एक रबर होय. एथिलीन व प्रॉपिलीन यांच्या संरचनेत प्रत्येकी एक द्विबंध असलेल्यामुळे त्यांचे सहवाहिकीकरण केले तर मिळणाऱ्या रबररेणूमध्ये द्विबंध राहणार नाही हे उघड आहे. पण व्हल्कनीकरणासाठी काही द्विबंध असणे तर आवश्यक आहे. म्हणून एथिलीन व प्रॉपिलीन यांच्याबरोबरच १, ४-हेक्साडीन अथवा २-मिथिल १, ४-पेटाडीन किंवा तत्सम दोन द्विबंध असलेली योग्य संयुगे अल्प प्रमाणात मिसळून व योग्य प्रारम्भकारक उत्प्रेरक वापरुन बहुवाहिकीकरण घडवितात. अशा पद्धतीने बनविलेल्या बहुवाहिकात या तृतीय एकवारिकाचा भाग मुख्य रबर-रेणूरूपी साखळीला जोडलेल्या पार्श्वशाखेसारखा राहतो व त्यात शिळ्क राहिलेल्या द्विबंधामुळे (बहुवाहिकीकरणात एकच द्विबंध वापरला गेल्यामुळे) व्हल्कनीकरण सुलभ होते.





ओझोन, ऑक्सजन व क्षरणकारी रसायने यांच्या विनाशक परिणामास विरोध करण्याचा गुण या रबरांच्या अंगी असतो.

उष्मामुद्र रवरे

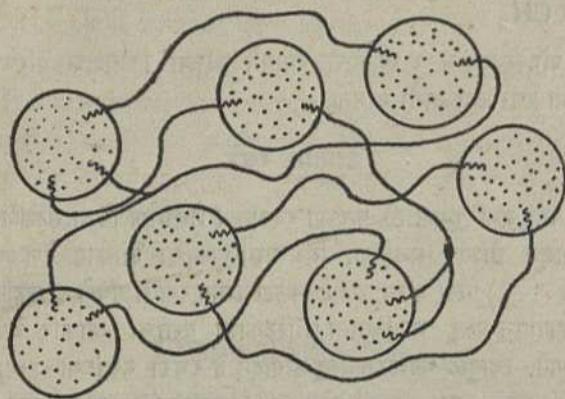
रबराची वस्तू बनविण्यासाठी कच्च्या रबरात (नैसर्जिक किंवा संक्षेपित) आवश्यक पदार्थांची भर घालन मिश्रण बनविणे, मिश्रणाला वस्तूचा आकार देणे आणि विशिष्ट तापमानात (140° से.) वस्तू योग्य वेळ ठेवून व्हल्कनीकरण घडविणे हा खटाटोप आवश्यक असतो. प्लॅस्टिकापासून वस्तू बनविताना प्लॅस्टिकाला वस्तूचा आकार देणे हीच क्रिया फक्त करावी लागते. त्यामुळे प्लॅस्टिकवस्तू-उत्पादन हे रबरी वस्तूंच्या उत्पादनापेक्षा सोपे असते व स्वस्तही पडते. या कारणामुळेच पूर्वी रबरांच्या बनवीत अशा कित्येक वस्तू आता प्लॅस्टिकांच्या बनू लागल्या आहेत, उदा. पादशांग, कित्येक प्रकारचे वाहक पट्टे, विद्युत्वाहक तारावरील निरोधी आवरण, नळ इत्यादी.

प्लॅस्टिकासारखी प्रक्रिया-सुलभ रवरे बनविण्याचे प्रयत्न १९६० पासून सुरु झाले असून त्यांना काही प्रमाणात यशाही आले आहे.

या रबरांच्या अंगी नेहमीच्या तापमानात रबरी गुणधर्म असतात; परंतु तापविल्याने ती वितळतात अथवा मऊ होतात व त्यांना इष्ट तो आकार देता येतो. ही क्रिया उलटसुलट व पुनःपुनः करता येते. या रबरांचे व्हल्कनीकरण करावे लागत नाही हा एक मोठा फायदा आहे.

या प्रकारच्या रबरांच्या अंगी असलेले गुण त्यातील घटकांच्या विशिष्ट रचनेमुळे आलेले असतात. उदा. स्टायरीन व ब्युटाडीन यापासून बनणाऱ्या अशा रबरांच्या संरचनेत दोन प्रावस्था असतात असे इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकांच्या सहाय्याने दिसून आले आहे. त्यापैकी एक पॉलिब्युटाडीन या घटकाची असून ती सलग असते. तिच्यामध्ये पॉलिस्टायरीन या घटकाचे प्रमाण उच्च असलेल्या गोलाकार क्षेत्रांची प्रावस्था असून ती अलग-अलग अशा रूपात असते (आकृती पहा). पॉलिब्युटाडीन रेणूल्पी साखळथांची टोके नेहमीच्या तापमानात या गोलाकार क्षेत्रात बद्द झालेली असतात; रबराचे तापमान ठराविक अंशांच्यावर गेले म्हणजे गोलाकार क्षेत्रे वितळतात व साखळथांची टोके मोकळी होतात. त्यामुळे रबर प्रवाही बनते व साचाने दिलेला आकार धारण करू शकते. तापमान नेहमीच्या तापमानाहातके साळी आणले की गोलाकार क्षेत्रे पुनः निर्माण होतात व त्यामध्ये साखळथांची

टोके पूर्वक बद्द होतात. वस्तूच्या गुणधर्माना, व्हलकनीकरण केलेल्या रवरासारखे स्थैर्य येते ते त्यामुळे.



(.)

पॉलिस्टायरीन.

—

पॉलिव्युटाडीन.

आकृती : स्टायरीन-व्युटाडीन-स्टायरीन बहुवारिकातील प्रावस्था.

वरील रवराची संरचना, स्टायरीनची अनेक एकवारिके एकत्र होऊन बनलेल्या पॉलिस्टायरीनच्या गटाला, व्युटाडीनापासून बनलेल्या पॉलिव्युटाडीनाचा गट व त्याला पुनः पॉलिस्टायरिनचा गट याप्रमाणे तीन गटांच्या एकत्रीकरणाने झालेली असते म्हणून अशा रवराना त्रिगट-सहबहुवारिके असेही म्हणतात. ही १९६५ मध्ये प्रथम प्रचारात आली.

या रवराचे गुणधर्म पॉलिव्युटाडीन व पॉलिस्टायरीन यांचे स्वतःचे गटभार आणि त्यांचे एकमेकाशी गुणोन्तर यावर अवलंबन असतात.

याचा उपयोग आसंजके तसेच गालिचे बनविण्याच्या कृतीतही केला जातो.

संश्लेषित रवरांचा हा धावता आढावा झाला. आता या नंतरच्या भागात त्यापैकी काहींची थोडी जास्त तपशीलवार माहिती दिली आहे.

संश्लेषित रवरनिर्मिती

संश्लेषित रवर-निर्मितीचे दोन टप्पे पडतात. कनचा माल म्हणून उपयोगी पडणारी द्रव्ये मिळविणे हा एक आणि योग्य तंत्र वापरून त्यांचे बहुवारिकीकरण घडविणे हा दुसरा.

खनिज तेलांच्या शुद्धीकरण-प्रक्रियांपासून मिळणाऱ्या अनेक रासायनिक पदार्थांचा

उपयोग कच्चा माल म्हणून करता येतो. काही द्रव्ये रासायनिक विक्रियांनी वेंझीन, अल्कोहॉल, ॲसिटिलीन इत्यादींपासून बनवावी लागतात;

बहुवारिकीकरण किंथेचे दोन प्रकार आहेत. एका प्रकारातील एकवारिके द्विबंधयुक्त असून ती एकमेकात सामावली जाऊन बहुवारिक वनते (समावेशन बहुवारिकीकरण).

दुसऱ्या प्रकारात विक्रियाशील रासायनिक पदार्थांमध्ये संघनन-विक्रिया घडते व निर्माण झालेले पाणी, अमोनिया, मीट इ. सारखे द्रव्य बाहेर पडते आणि बहुवारिक रेणू तयार होतो (संघनन बहुवारिकीकरण).

बहुवारिकीकरण घडविण्याची तीन तंत्रे उपलब्ध आहेत.

(१) पुंज बहुवारिकीकरण. या तंत्रामध्ये एकवारिक ड्यापासून निर्माण होते तो पदार्थ आणि बहुवारिकीकरणास प्रेरणा देणारे उत्प्रेरक यांचे मिश्रण करून व आवश्यक असेल तर दाव आणि उष्णता यांचा पुरवठा करीत ते इष्ट काल ठेऊन देतात आणि योग्य कालावधीनंतर निर्माण झालेले रबर वेगळे करतात. विक्रिया होताना जी उष्णता बाहेर पडते तिचे विसर्जन या तंत्रात नीट तन्हेने होत नाही व त्यामुळे विक्रिया-नियंत्रण करता येत नाही. मिथिल रबर बनविण्यासाठी पहिल्या महायुद्धाच्या वेळी जर्मनीने हेच तंत्र वापरले होते.

(२) पायस-बहुवारिकीकरण. हे तंत्र १९३० च्या सुमारास प्रचारात आले. या तंत्रामध्ये एकवारिक आणि पाणी यांचे मिश्रण करून पायसीकारकाच्या योगाने एकवारिक पायण्यात सूक्ष्म विंदूंच्या रूपांत तरंगत राहील म्हणजेच त्याचे पायस बनेल, अशी योजना करतात व अशा रूपात त्याचे बहुवारिकीकरण घडवून आणतात. या तंत्रामध्ये विक्रिया-माध्यम पाणी असल्यामुळे उत्पन्न झालेल्या उष्णतेचे विसर्जन सुलभतेने होते. या प्रक्रियेने मिळणारे रबर चिकाच्या रूपात मिळते व नंतर त्यापासून धन रूपात रबर वेगळे करता येते. या कारणामुळे शक्य असेल तेथे हे तंत्र पसंत केले जाते.

(३) विद्राव-बहुवारिकीकरण. या तंत्रामध्ये इष्ट ते एकवारिक योग्य कार्बनी विद्रावकात विरवलवून त्याचे द्रावण बनवितात व त्यात उत्प्रेरके इत्यादी पदार्थ मिसळून बहुवारिकीकरण घडवून आणतात. अखेरीस विद्रावक काढून टाकून धनरूपात रबर मिळवितात. चिकाच्या रूपात रबर हवे असेल तर विद्रावक काढून टाकण्यापूर्वी त्यात पायसीकारक आणि पाणी मिसळतात व विद्रावक काढून टाकतात.

कोणतेही तंत्र वापरले तरी संश्लेषण-क्रिया योग्य प्रकारे घटन यावी यासाठी अनेक तन्हेची दक्षता द्यावी लागते.

ज्या माध्यमात विक्रिया घडवावयाची असेल ते विक्रिया-तापमानास गोठण्याची शक्यता असेल तर त्यात गोठण-प्रतिबंधक द्रव्य मिसळून ते द्रवरूप राहील अशी योजना

करावी लागते. योग्य त्या प्रमाणात एकवारिके, पायसीकारक पदार्थ, विकियेला आरंभ घ्यावा यासाठी प्रारंभकारक (उत्प्रेरक) आणि विकिया-नियमनकारक द्रव्य यांचे मिश्रण करून घ्यावे लागते. नियमनकारक द्रव्यामुळे योग्य त्या लांबीचे व पार्श्वशाखारहित रेणू बहुवारिकी-करणाने बनण्यास सहाय्य होते. असे रेणूच रवरी गुणधर्मासाठी आवश्यक असतात. विकियानियमनकारकाने विकिया-गतीही वाढू शकते.

विकिया सुरु झाल्यानंतर काही कालाने तिची गती मंद होत जाते. विकिया संपूर्ण होऊ यावयाची म्हटले तर प्रदीर्घ कालावधी लागतो. शिवाय विकिया फार वेळ चालू दिली तर रेणूच्या संरचनेत शाखा निर्माण होण्याची शक्यताही वाढते. शाखायुक्त रेणू, रवर या दृष्टीने अनिष्ट असतात. म्हणून सामान्यतः सु. ७० टक्के विकिया पूर्ण झाली म्हणजे विकियांतक द्रव्य समाविष्ट करून विकिया थांवितात.

त्यानंतर विकिया न झाल्यामुळे उरलेली एकवारिके मिश्रणातून परत मिळविण्याच्या योजना करून शिळ्डक राहिलेल्या मिश्रणात ऑक्सिजन-प्रतिरोधक मिसळतात व आवश्यकतेप्रमाणे रवर-चीक किंवा धन रवर मिळवितात.

तैलभरण

खनिज तेलांच्या संपर्काने सामान्योपयोगी रवरे कुगतात, मऊ पडतात व त्याची बळकटी (ताणवल) कमी होते. म्हणून रवरी वस्तू बनविण्याच्या प्रक्रियात अवश्य तेथेच व योड्या प्रमाणात रवरात तेल मिसळले जाते. भरपूर प्रमाणात तेल मिसळले तर रवर स्वस्त पडेल हे मात्र खरे. कारण रवरांच्या मानाने तेलांची किंमत फार कमी असते. त्यामुळे रवर स्वस्त करावयाचे असेल तरच त्यात तेल भरपूर प्रमाणात मिसळावे असा समज पूर्वी होता. परंतु थंड एसबीआर रवरात तेल मिसळून केलेल्या प्रयोगावरून असे सिद्ध झाले की योग्य खनिज तेलाची त्यात भरपूर प्रमाणात (१०० भाग रवरात २५ ते ५० भाग तेल) भर घातली तर जे रवर मिळते ते प्रक्रिया करण्यास जास्त सुलभ असते. इतकेच नव्हे तर त्यापासून बनविलेला मोठारीचा टायर जास्त ठिकतो आणि ओल्या रस्त्याची पकड जास्त चांगली घेतो. त्यामुळे भिजलेल्या रस्त्यावर चाक घसरण्याची भीती कमी होते. विशेष प्रकारचे कार्बन व्हॅक त्यात मिश्र केले म्हणजे ताणवलात आलेली कमतरताही भरून काढता येते. असे रवर स्वस्त पडते हाही एक मोठा फायदा आहे.

या कारणामुळेच पाश्चिमात्य देशात प्रवासी मोठारगाड्यांच्या टायरचा खवल्यांचा भाग बनविण्यासाठी तैलभरित थंड एसबीआर जास्त पसंत केले जाते. काही इतर संश्लेषित रवरांचेही तैलभरित प्रकार बनविले जातात. तैलभरण हा संश्लेषित रवरे स्वस्त करण्याचा एक महत्वाचा मार्ग आहे.

संश्लेषित रबर-कारखाना

संश्लेषित रबर बनविण्याच्या कारखान्याची रचना आणि कार्यपदती याची थोडी-फार कल्पना एसबीआर निर्मितीच्या कारखान्याच्या पुढील वर्णनावरून येईल.

या रबरासाठी ब्युटाडीन व स्टायरीन ही एकवारिके लागतात. स्टायरीन हे द्रव असून ते दंडगोलाकार टाक्यात साठवितात. ब्युटाडीन हे वायुरूप आहे. ते दाब घातलेल्या स्थितीत गोलाकार टाक्यामध्ये भरून ठेवतात. दोन्ही पदार्थ ज्वालाग्राही आहेत. ब्युटाडीन व हवा यांची मिश्रण स्फोटकही असतात. त्यामुळे साठा करण्याची व्यवस्था कारखान्यापासून थोड्या अंतरावर स्वतंत्र केलेली असून प्रत्येक टाक्याच्या सभोवार टेंगणी भिंत असते. त्याचप्रमाणे वायु-अभिज्ञातकाची योजनाही केलेली असते. त्यामुळे गळती होऊन पदार्थ सभोवारच्या वातावरणात मिसळले तर घोक्याची सूचना आपोआप दिली जाते. साठवणीच्या काळात या पदार्थमध्ये विक्रिया होऊन ते विघडू नयेत म्हणून त्यात प्रतिबंधक द्रव्ये मिसळलेली असतात.

कारखान्यातील विक्रिया घडविण्याची पात्रे सामान्यतः दंडगोलाकार व पोलादाची असून त्याची धारणा सु. १८००० लिटर (४००० गॉलन) असून ती सु. ९. किंव्र. / चौ. सेमी. (१२० पौंड / चौ. इंच) इतका दाब सहन वरु शक्तील अशी असतात. पात्रातील द्रव पदार्थ ढवळता यावे यासाठी यांत्रिक प्रक्षेपक बसविलेले असतात. पात्राच्या भोवती आवरण असून त्यातून थंड अथवा गरम पाणी खेळविण्याची व्यवस्था असते. त्यामुळे बहुवारिकीकरण होताना बाहेर पडणारी उष्णता शोषून घेता येते किंवा आवश्यक असेल तर पात्रे तापविता येतात व इष्ट तापमान राखता येते. पात्राच्या आतील बाजूनीही शीतक द्रव्य खेळवितील अशी नल्थांची वलये बसविलेली असतात. विक्रिया कमी तापमानास घडवावयाची असेल तर त्यातून प्रशीतन केलेले द्रव खेळविले जाते.

स्टायरीन-ब्युटाडीन रबर बनविण्याचा एक पाठ पुढील प्रमाणे आहे. (वजनी प्रमाणे) स्टायरीन २५ भाग, ब्युटाडीन ७५ भाग, पाणी १८० भाग, साबण (पायसी-कारक) ५ भाग, डोडेसिल मर्कोट्टन (नियमनकारक) ०.५ भाग, पोटेशियम परसल्फेट (प्रारंभकारक; उत्प्रेरक) ०.३ भाग व विक्रिया थोवविण्यासाठी हायड्रोकिंवनोन, अल्प प्रमाणात.

मुरुवात करताना पाणी, साबण, व प्रारंभकारक यांचे मिश्रण पात्रात सोडतात व पात्रातील इवा नायट्रोजन वायूचा प्रवाह आत सोडून बाहेर घालवितात. त्यानंतर एकवारिके आणि नियमन-कारक त्यात समाविष्ट करतात व तापमान ५०° से. इतके अणतात व मिश्रण ढवळतात. विक्रिया मुरु होते व पात्रातील दाब सु ४५-६० पौंड/चौ. इंच इतका वाढतो. सुमारे १० तास तापमान ५०° से. कायम ठेवतात. त्यामुळे सु. ७० टक्के विक्रिया पुरी होते. नंतर हायट्रो-किंवनोन-द्रावण समाविष्ट करून ती यांबवितात. यावेळी विक्रिया मिश्रणात तयार करालेले रबर

पायस-रूपात असून चिकिया न झालेले स्टायरीन, ब्युटाडीन, पाणी व सावण हेही त्यात असतात. चिकिया-पात्रातील मिश्रण दुसऱ्या पात्रात घेऊन त्यामधील दाढ नाहीसा करतात. त्यामुळे ब्युटाडीन वायुरूप होऊन बाहेर पडते. ते थंड करून व दाढ धालून परत द्रवरूप बनवितात आणि पुनः वापरण्यासाठी साठवितात. त्यानंतर शिळ्डक राहिलेले मिश्रण एका उंच व पोकळ मनोऽयाच्या माथ्यावर चढवितात व तेथून मनोऽयातून खाली सोडतात. याच-वेळी मनोऽयातून पाण्याची वाफ खालून वर जाईल अशी योजना केलेली असते. मनोऽयात जागजागी अडथळे निर्माण केलेले असतात. त्यामुळे मिश्रण घटक एकमेकांत चांगले मिसळले जातात आणि त्यात असलेले स्टायरीन वेगळे होते व वाफेबरोवर मनोऽयाच्या माथ्यातून बाहेर पडते. ते एका पात्रात जमा करतात. थंड केल्यावर येथे वाफेचे पाणी होऊन द्रवरूप स्टायरीन त्याच्या पृष्ठभागावर तरंगते. ते वेगळे करून साठवितात व पुनः वापरतात.

उरलेले मिश्रण एका लाकडी किंवा सीमेंटच्या टाकीत घेऊन त्यात योग्य ते ऑकिस-जन-प्रतिरोधक उदा. फिनिल बीटा-नॅफथिल अमाइन व नंतर भीठ मिसळतात. पायसरूप मिश्रण साखळते व रबर लोण्यासारखे पृष्ठभागावर तरंगते. त्यानंतर अमल समाविष्ट करतात. त्यामुळे साखळण्याची क्रिया पूर्ण होते आणि सावणाचेही विघटन होते. रबराचे गोळे बनतात. ते धुवून स्वच्छ करून घेतात व फोडून व पुनः धुजून वाळवितात. नंतर गडे करण्याच्या यंत्राने गडे बनवितात व पोत्यात भरतात. रबर-निर्मितीच्या प्रक्रिया वरील प्रमाणे खंडित पद्धतीने किंवा अखंड पद्धतीनेही केल्या जातात. अखंड पद्धतीमध्ये विक्रिया-पात्रे एकमेकांना जोडलेली असून चिकिया पूर्ण झालेले मिश्रण काढून घेणे व रिकाम्या पात्रात पुनः चिकिया-मिश्रण भरणे इत्यादी क्रिया एका मागोमाग सतत चालू राहतात.

इ. स. १९५० पूर्वी वरीलप्रमाणेच हा रबर-प्रकार बनवित असत. त्यानंतर 'रेडॉक्स' नावाची उत्प्रेरके उपलब्ध झाली. त्यामध्ये दोन मुख्य घटक असतात उदा. पैरामेथेन हायड्रोपेरॉक्साइड व फेरस सल्फेट इत्यादी. या उत्प्रेरकांमुळे बहुवारिकीकरणाची क्रिया ५° से. तापमानास घडून येते. या प्रक्रियेने निर्माण झालेल्या रबराच्या रेणूमध्ये शाखा फार कमी असतात. त्यामुळे वरील रबरापेक्षा ('उष्ण रबर') हे 'थंड रबर' गुणधर्मात श्रेष्ठ ठरते.

तैलभरित थंड एसबीआर बनविण्यासाठी रबर, चिकाच्या रूपात असताना त्यामध्ये योग्य त्या खनिज तेलापासून बनविलेले पायस मिसळतात व नंतर रबर साखळवितात.

खनिज तेलापैकी नॅफ्थीनिक व ऑरोमेटिक या प्रकारची तेले याकरिता उपयोगी पडतात.

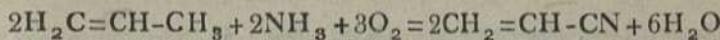
निर्मिति-विशिष्ट रबर-प्रकार बनविण्यासाठी त्सीगलर व नाष्टा यांची उत्प्रेरके

लागतात. ती वापरण्यासाठी विद्राव-तंत्र लागते. कार्बनी विद्रावके त्याकरिता उपयोगी पडतात.

विद्राव-पद्धतीने बहुवारिकीकरण घडविल्यावर विद्रावक काढून टाकले म्हणजे घनरूप रवर मिळू शकते. मात्र त्यापूर्वी ऑक्सिजन-प्रतिरोधक त्यात मिसळणे आवश्यक असते.

रवर, चिकाच्या रूपात हवे असेल तर विद्रावात पायसीकारक व पाणी मिसळून विद्रावक काढून टाकतात. येथेही ऑक्सिजन-प्रतिरोधक प्रथम मिसळावे लागते. नैसर्गिक रवर-चिकात ते अस्तित्वात असते.

ब्युटाडीन - ऑक्लिलो नायट्राइल रवर : (एन्डीआर, ब्यूना एन; जीआर-आय) यासाठी ब्युटाडीन व ऑक्लिलोनायट्राइल ही एकवारिके लागतात. एका आधुनिक पद्धतीप्रमाणे प्रॉपिलीन, अमोनिया आणि हवेतील ऑक्सिजन यामध्ये विस्मय फॉर्सफॉलिभेट या उत्प्रेरकाच्या योगाने विकिया घडवून ऑक्लिलोनायट्राइल बनविता येते.



प्रॉपिलीन अमोनिया ऑक्सिजन ऑक्लिलोनायट्राइल पाणी.

त्याचे ब्युटाडीनावरोवर पायसरूपात बहुवारिकीकरण घडविले म्हणजे हे रवर मिळते. ऑक्लिलोनायट्राइलाचे प्रमाण २५-५०% या मर्यादित असलेले या रवराचे वेगवेगळे प्रकार आहेत. सामान्य प्रकारात हे प्रमाण ३५% असते.

खनिज व इतर तेलाचा अनिष्ट परिणाम या रवरावर होत नाही. म्हणून तेलवाहक नळ, तेलाचा साठा करावयाच्या टाक्यांची अस्तरे, गास्केटे इत्यादीसाठी हे फार उपयुक्त ठरले आहे. हे पेटही घेत नाही.

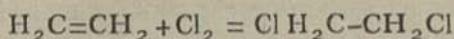
पॉलिब्युटाडीन रवर : हे विद्राव-पद्धतीने बनवितात. याचे ८० टक्के समपक्ष मांडणीचे व ४५ टक्के समपक्ष मांडणीचे असे दोन प्रकार उपलब्ध आहेत.

आकुंचन-प्रसरण वारंवार झाल्यामुळे रवरी वस्तूच्या, उदा. टायरच्या, तापमानात होणारी वाढ हे रवर वापरले असता नैसर्गिक रवरापेक्षाही कमी होते. तथापि हे एकटे वापरण्याएवजी नैसर्गिक रवर व एसवीआर यांच्यावरोवर मिश्र करून, मध्यम आकाराच्या मोटारीच्या टायरसाठी वापरणे फायद्याचे असते असे दिसून आले आहे.

वाहक पट्टधांकरिताही हे मिश्रणात वापरतात.

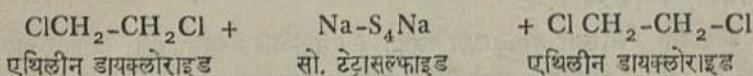
पॉलिसलफाइड रवरे - ही रवरे आतापर्यंत वर्णन केलेल्या रवरासारखी लहान एक-वारिकांच्या बहुवारिकीकरणाने बनवीत नाहीत. ती रासायनिक संघननाने सोडियम टेट्रासलफाइड या संयुगावर एथिलीन डायक्लोरोइडाची, (तसेच १, ३ प्रॉपिलीन डायक्लोरोइड, पेटामिथिलीन क्लोरोइड व तत्सम संयुगांची) विकिया घडवून बनविली जातात.

एथिलिनाच्या क्लोरिनीकरणाने एथिलीन डायक्लोराइड बनते.

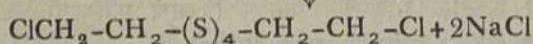


एथिलीन क्लोरीन एथिलीन डायक्लोराइड

एथिलीन डायक्लोराइड तरंगत असलेले द्रवरूप मिश्रण सोडियम टेट्रासल्फाइडच्या विद्रावात समाविष्ट केले म्हणजे पुढीलप्रमाणे रासायनिक विक्रिया होऊन 'यायोकोल ए' हे नाव असलेले पॉलिसल्फाइड रबर बनते.



एथिलीन डायक्लोराइड सो. टेट्रासल्फाइड एथिलीन डायक्लोराइड

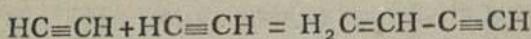


मीठ

अशीच विक्रिया पुनः पुनः होऊन लांब साखळीचे बहुवारिक बनते. त्यालाच यायोकोल एम्हणतात.

या रबरावर विद्रावकांचा परिणाम होत नाही. यांचा उपयोग मुख्यतः खनिज तेलांच्या नळासाठी आणि तेलांच्या सान्धिध्यात येणाऱ्या गास्केटांसाठी केला जातो. याचे विलेपन केलेल्या कापडापासून हवा भरून कुगविण्याच्या घडीच्या नाबा, तराफे इत्यादी वस्तू बनवितात. आपल्यान्यातील रुळ आणि बळकेटे बनविण्यासाठीही ती उपयोगी पडतात.

पॉलिक्लोरोप्रीन - यासाठी क्लोरोप्रीन हे एकवारिक लागते. ब्युटाडिनाच्या क्लोरिनीकरणाने ते मुलभतेने मिळते. पूर्वी त्यासाठी प्रथम अॅसिटिलिनाचे ब्हिनिल अॅसिटिलीन बनवीत व नंतर त्यावर हायड्रोक्लोरिक अम्लाची विक्रिया घडवीत.

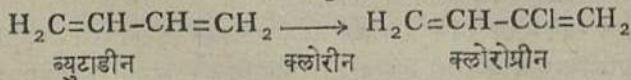


अॅसिटिलीन

ब्हिनिल अॅसिटिलीन



हायड्रोक्लोरिक
अम्ल



ब्युटाडीन

क्लोरीन

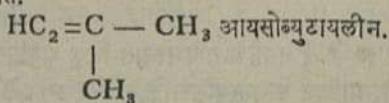
क्लोरोप्रीन

पाण्यात क्लोरोप्रिनाचे पायस बनवून त्यात पोटेशियम परसल्फेट हे उत्प्रेरक व गंधक हे नियमनकारक मिसळले म्हणजे 40°से. तापमानास बहुवारिकीकरण घडते. ते पुरेशा

प्रमाणात आल्यावर टेट्राएथिल थाययूराम डायसलफाइड हे विक्रियातक वापरून विक्रिया थोंबवितात. त्यानंतर अम्लाचया योगाने पॉलीक्लोरोप्रीन सांचिद्यतात. ते वेगळे करून व घुबून आणि कोरडे करून कारखान्यांना पुरवितात. हे बळकट असून ऑक्सिजन-रोधी आहे, पेटत नाही, आणि खनिज तेलांच्या सांचिद्यत नैसर्गिक रबरापेक्षा जास्त काळ ठिकते. उज्ज्ञता व वर्षण यांचाही त्यावर अनिष्ट परिणाम होत नाही. या गुणधर्मांमुळे खनिज तेलांची संपर्क येणारे यंत्रांचे भाग, गास्केटे, इत्यादींसाठी आणि खाणींमधील मालाची वाहतूक करण्याच्या वाहक पट्ट्यांसाठी याचा उपयोग केला जातो. हे नियोप्रीन या व्यापारी नावाने ओढऱ्याले जाते. याचे अनेक प्रकारही आहेत.

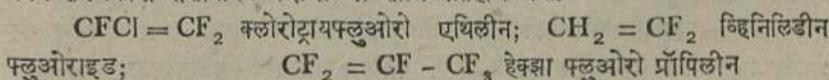
ब्युटिल रबरे :- ही रबरे बनविण्यासाठी विद्राव-बहुवारिकीकरण तंत्र वापरावे लागते. मिथिल क्लोराइड या विद्रावकात आयसोब्युट्यायलीन आणि अल्प प्रमाणात ब्युटाडीन किंवा आयसोप्रिन (३ ठक्के) विरघळवून घेतात व ऑल्युभिनियम क्लोरोइड किंवा बोरोन ट्रायफ्ल्युओराइड हे प्रारंभकारक (उत्प्रेरक) वापरून विक्रिया -50° से. पेक्षा कमी तापमानास घडवून आणतात. तयार झालेले रबर अविद्राव्य असल्यामुळे वेगळे होते. त्यावर विविध संस्कार करून रबर मिळवितात.

आयसोब्युट्यायलीन व ब्युटाडिनाची प्रमाणे बदलून वेगवेगळ्या प्रकारची ब्युटिल रबरे मिळविता येतात.

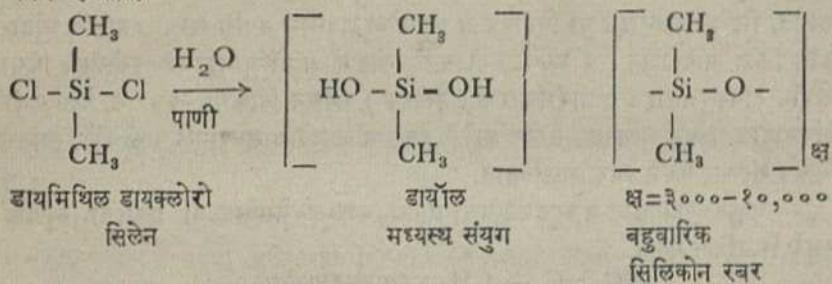


ही रबरे उच्च व नीच तापमान सहन करू शकतात. तसेच त्यांच्यावर रासायनिक पदार्थांचा परिणामही होत नाही. बाफ, अम्ले इत्यादींसाठी नलथा, वाहक पट्टे आणि मोठारींच्या टथूबज यासाठी हे फार सोयीचे पडते.

फ्लुओरो रबरे : यांच्या घटनेत फ्लुओरिन (F) आहे अशा हायड्रोकार्बनी संयुगावर उष्णतेचा व ऑक्सिस्डीकारकांचा परिणाम होत नाही हे प्रसिद्ध आहे. अशा संयुगांपासून बनलेली सहबहुवारिकेही अशीच स्थिर असतात व या गुणवैशिष्ट्यामुळे वहुमोल ठरली आहेत. उदाहरणार्थ क्लोरोट्रायफ्ल्युओरो एथिलीन आणि विहनिलिडीन फ्लुओराइड यांच्या सहबहुवारिकीकरणाने बनणारे 'कैईएल एफ' हे रबर याफाळणाऱ्या नायट्रिक अम्लाच्या सांचिद्यतही ठिकते. तसेच हेकझाफ्लुओरो प्रॉपिलीन आणि विहनिलिडीन फ्लुओराइड यांच्या सहबहुवारिकीकरणाने मिळणारे 'विहटॉन' या व्यापारी नावाने ओढऱ्याले जाणारे रबर क्षरणकारी रासायनिक पदार्थांच्या सांचिद्यतही ठिकते.



सिलिकोन रबरे : सिलिकॉन (Si) या मूलद्रव्याच्या अणुला ४ संयुजावंध आहेत. त्यापैकी २ संयुजावंधांना क्लोरिनचे अणु व उरलेल्या २ वंधांना अल्किल गट (CH₃; C₂H₅ इत्यादी) किंवा अरिल गट (C₆H₅ इत्यादी) जोडलेले आहेत अशी संयुगे बनविता येतात. अशा संयुगांची अमल्युक प्रमाणाशी विशिष्ट परिस्थितीत विकिया घडविली असता त्यापासून डायॉल (दोन OH गट असलेली) वर्गाची संयुगे बनतात. या मध्यस्थ संयुगाचे योग्य उत्प्रेरकाच्या उपस्थितीत संघनन-बहुवारिकीकरण होऊ शकते. त्यावेळी पाण्याचे रेणू वाहेर पडतात व बहुवारिके तयार होतात. त्यांच्या संरचनेमध्ये सिलिकॉन व ऑक्सिजन यांचे अणु एकाभाड एक याप्रमाणे असलेल्या साखळाचा असतात. यांना सिलिकोन रबरे म्हणतात.



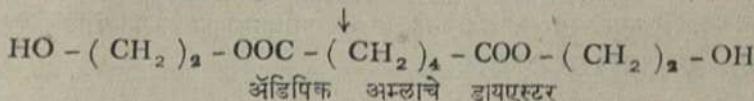
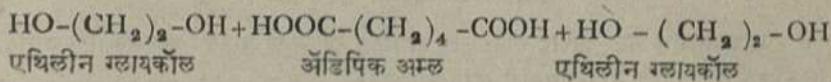
ही रबरे उच्च (३२५° से.) व नीच तापमानात ठिकू शकतात. त्याचप्रमाणे सूर्य-प्रकाश, ओज्जोन, खारे पाणी, प्राणिज व वनस्पतिज तेले, विरल अम्ले, व अल्कली यांचा त्यांवर अनिष्ट परिणाम होत नाही. यांचे व्हलकनीकरण वॅर्झॉइल पेरॉक्साइडाने होते. ही महाग असतात पण कित्येक ठिकाणी त्याचा उपयोग करणे अपरिहार्य असते.

उष्मामृदू एसबीआर रबर

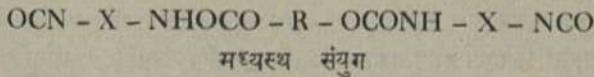
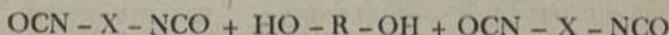
हे बनविण्याच्या एका कृतीत ठराविक प्रमाणात स्टायरीन, सायक्लोहेक्जेन या विद्रावकात विरघळवून घेतात व द्वितीयक ब्युटिल लिथियमाच्या योगाने त्याचे बहुवारिकीकरण सुरु करतात. स्टायरिनाचे रेणू जोडले जाऊन पॉलिस्टायरीन बनते. त्यावेळी मिश्रणात, पॅटेन-साथवलोहेक्जेनात विरघळविलेले ब्युटाडीन योग्य प्रमाणात समाविष्ट करतात. त्यामुळे पॉलिस्टायरीन गटाला ब्युटाडीनाचे रेणू जोडले जाऊन अखेरीस पॉलिस्टायरीन गट व त्याला जोडलेला पॉलिब्युटाडीन गट अशी संरचना असलेले बहुवारिक मिळते. त्यानंतर पुनः योग्य प्रमाणात स्टायरीनचे द्रावण त्यात घालतात. त्यामुळे विकिया पूर्ण झाली म्हणजे पॉलिस्टायरीन-पॉलिब्युटाडीन-पॉलिस्टायरीन अशा तीन गट असलेल्या संरचनेचे बहुवारिक तयार होते. पॉलिस्टायरीनाचा गटभार सु. २०,०००

व पॉलिब्युटाइनाचा ३५,००० ते १५०,००० या मर्यादित ठेवला तर एक उष्मामुदु रबर-प्रकार मिळतो. त्यापासून वस्तु बनवावयाची असल्यास इतर पदार्थांची त्यात भर घालाची लागत नाही किंवा बहलकनीकरणाही घडवावे लागत नाही.

पॉलियुरेथेन रबरे : ही रबरे संघनन-बहुवारिकीकरणाने बनवितात. ज्या कार्बनी संयुगांच्या दोन्ही टोकांना विक्रियाशील गट आहेत उदा. हायड्रोक्सी गट OH, अशा संयुगांचा ऑरोमेटिक डायआयसोसायनेट वर्गाच्या (दोन्ही टोकांना आयसोसायनेट NCO गट असलेल्या) योग्य संयुगांची संयोग घडविल्याने ही मिळतात, उदा. ऑडिपिक अम्ल व एथिलीन ग्लायकॉल यापासून बनलेल्या डायएस्टरच्या दोन्ही टोकांना OH गट असतात.



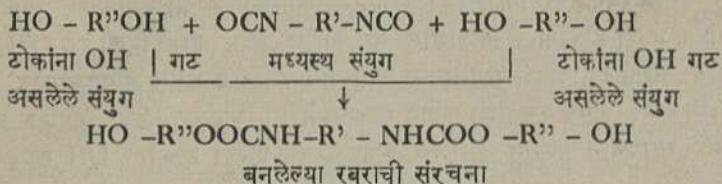
लेखनाच्या सोयीसाठी टोकाचे दोन OH गट वगळून ऑडिपिक अम्लाच्या डायएस्टरचा रेणुभाग R या अक्षराने दाखविला व ४, ४' डायआयसोसायनेटो डायफिनिल मीथेन, OCN - C₆H₄ - CH₂ - C₆H₄ - NCO हे संयुग OCN - X - NCO असे मांडले तर त्या दोहोमध्ये होणारी विक्रिया पुढे दिल्याप्रमाणे होईल.



या मध्यस्थ संयुगाच्या सूचावरून हे लक्षात येईल की त्याच्याही दोन्ही टोकांना NCO हे विक्रियाशील गट आहेत. स्वाभाविकच या संयुगात दोन OH गट असलेले संयुग मिसळले तर पुनः वरील प्रमाणेच विक्रिया घडून येतील. (पृ. ९८ पहा) अशा विक्रियानी मिळणाऱ्या संयुगाच्या अंगी रबराचे गुणधर्म असतात असे दिसून आले आहे.

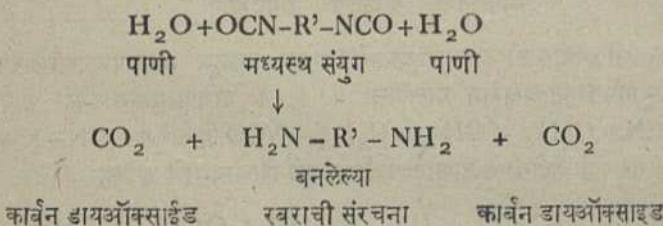
या विक्रियाचे एक वैशिष्ट्य म्हणजे त्याच्या उपयोगाने ओतकामाने वस्तु बनविता येतात हे होय. त्यासाठी वर दिलेले मध्यस्थ संयुग (किंवा तशा प्रकारचे संयुग) आणि योग्य रेणुभाराचे व दोन OH गट असलेले संयुग योग्य प्रमाणात मिसळून उष्ण केलेल्या साच्यात

मिश्रण ओतले व ते पुरेसा वेळ राहू दिले म्हणजे साचानुरूप रबरी वस्तु बनते. मध्यस्थ संयुगाचे सूत्र OCN-R'-NCO असे आणि दोन OH गट असलेल्या संयुगाचे सूत्र HO-R''-OH असे दर्शविले तर घडणारी विक्रिया पुढे दिल्याप्रमाणे मांडता येईल—



छापखान्याचे रुळ, भरीव टायर इत्यादी वस्तु याप्रमाणे बनविणे फार सोयीचे असते. या रबराचे गुणधर्मही या कामासाठी योग्य असे आहेत.

वरील मध्यस्थ संयुगाची पाण्याबरोबरही विक्रिया होते व कार्बन डायऑक्साईड वायू वाहेर पडतो. त्यामुळे रबर सचिद्र बनते. या गुणधर्माचा फायदा घेऊन 'पॉलियुरेथेन फोम' हा सचिद्र रबरप्रकार बनवितात.



हे सचिद्र रबर नैसर्जिक सचिद्र रबरापेक्षा हवे तसे हल्के अथवा जड बनविता येते. ते मजबूत व टिकाऊ असते. योग्य त्या संरचनेची डायबायसोसायनेटे वापरून कभी-जास्त मृदू किंवा कडक पण सचिद्र रबर-प्रकारही या विक्रियांनी बनविता येतात.

एक अत्यंत टिकाऊ रबर प्रकार:- ओझोन आणि नायट्रिक, सल्फ्युरिक, हायड्रोफलु-ओरिक, क्रोमिक, अम्ले व इतर क्षरणकारी पदार्थांनाही दाद देणार नाही असा एक रबर-प्रकार संश्लेषणाने साध्य आला आहे. तो 'हायपॉलॉन' या व्यापारी नावाने ओळखला जातो. याच्या निर्मितीत वहुवारिकीकरण वापरीत नाहीत. पॉलिएथिलीन हे तयार वहुवारिक घेऊन त्यावर क्लोरीन व सल्फर डायऑक्साईड यांच्या विक्रिया विशिष्ट परिस्थितीत घडवितात. त्यामुळे पॉलिएथिलिनाच्या रेणूच्या कार्बन-शृंखलेला अधूनमधून क्लोरीन Cl व सल्फोक्लोराईड SO₂Cl हे गट जोडले जातात. याचे अनेक प्रकारही आहेत.

रबर- संश्लेषण विषयक संशोधन सतत चालू असून मागणीप्रमाणे बढकट, जास्त

जास्त तापमानातही टिकतील, नीच तापमानातही कडक होणार नाहीत, ऑक्सिजनच्या वातावरणातही पेट घेणार नाहीत असे आणि मनुष्याच्या शरीरांतर्गत भागांच्या प्रतिरोपणाकरिता वापरता येतील असे विविध रबर-प्रकार विकसित केले जात आहेत.

संक्षेपित रवर-चीक : पायस-तंत्राने बनविलेले रबर, चिकाच्या रूपातच प्रथम मिळते. विद्राव-तंत्र वापरले तर प्रक्रियेअखेर मिळणाऱ्या द्रावणापासून रबरचीक बनविता येतो हे मार्गे वालेच आहे. हे चीक नैसर्गिक रवरचिकासारखे संहतही करता येतात. एसबी-आर, पॉलिक्लोरोप्रीन, नायट्रोइल व ब्युटिल रवरे इत्यादीचे चीक उपलब्ध आहेत.

त्यांचा उपयोग सचिद्र रवर, हातमोजे इत्यादी वस्त्र, बनविण्यासाठी करता येतो. आसंजके आणि विलेपन-रंग यासाठीही ते वापरले जातात.

भारतीय उत्पादन-योजना: स्टायरीन-ब्युटाडीन (एसबीआर), ब्युटाडीन ऑक्लोनाय-ट्राइल (एनबीआर) व पॉलिब्युटाडीन ही रवरे तयार करण्याचे कारखाने भारतात आहेत.

साखर उद्योगापासून अल्कोहॉल व पोलाद उद्योगातून बॅक्शीन हे पदार्थ कच्चा माल म्हणून उपलब्ध असल्यामुळे १९५७ मध्ये उत्तर प्रदेश-राज्य, भारत सरकार व किलाचंद उद्योगसमूह यांनी खातनाम अमेरिकन कंपन्यांचा सळा व सहकार्य मिळवून एसबीआर रवर बनविण्याचा कारखाना सुरु केला. त्याची उत्पादनक्षमता दरसाळ ३०,००० टनांची आहे. इ. स. १९६३ मध्ये सिंथेटिक्स व केमिकल्स लि. या कारखान्याने कॅनडातील पॉलिसार कंपनीच्या सहकार्याने एसबीआर व एनबीआर यांच्या उत्पादनास सुरुवात केली. बडोदा येथील इंडियन पेट्रोकेमिकल्स कॉर्पोरेशन लि. हा कारखाना दरसाळ २०,०० टन-पॉलिब्युटाडीन निर्माण करण्याच्या क्षमतेचा आहे. (पृष्ठ २० पदा)

भारताची संक्षेपित रवरांची वहूतांश मागणी आयात करून भागविली जाते.

प्रकरण ७

भावितव्य

पंधराब्या शतकात रबर माहीत आल्यापासून त्याला अाजचे जागतिक महत्त्व प्राप्त होईपर्यंत कसकशा घडामोळी होत गेल्या, याची कल्पना आतापर्यंतच्या विवेचनावरून वाचकास आली असेल. या घडामोळीचा आढावा घेतला, तर नजीकच्या भविष्यकाळात या क्षेत्रात कोणते फेरबदल होण्याची शक्यता आहे, याची थोळीफार कल्पना करता येईल.

दुसऱ्या महायुद्धानंतर नैसर्गिक रबर-उत्पादक देशांनी उत्पादनात वाढ व्हावी या छटीने चांगल्या जातीची झाडे लावणे, कलमे करणे, चिकाचे प्रमाण वाढावे म्हणून काही उत्तेजक पदार्थाचा वापर करणे इत्यादी योजना केल्या. त्यामुळे उत्पादन वाढले आहे व ते तसेच वाढत राहील; परंतु रबरांचा खपही दिवसेंदिवस जास्त वेगाने वाढत आहे. त्यामुळे नैसर्गिक रबराचे उत्पादन मागणी पुरी करण्यावृत्तके होण्याची शक्यता वाटत नाही. मागणी व उत्पादन यांमध्ये जी तफावत पडेल ती सामान्योपयोगी संश्लेषित रबरांनी भरून काढली जाईल, अशी चिन्हे दिसतात.

आतापर्यंत माहीत आलेल्या रबरांपेक्षा विलक्षण गुण असलेले एखादे रबर संरचनेत बदल करून संश्लेषणाने बनविले जाईल, असे वाटत नाही; परंतु रबरी वस्तु बनविण्याच्या प्रक्रियांच्या छटीनें मात्र उल्लेखनीय सुधारणा घडून येतील, असा अंदाज करता येईल.

रबरी वस्तूच्या निर्मितीमध्ये जी रसायने सध्या वापरली जातात त्यापैकी कित्येका-पासून आरोग्यास अपाय होण्याचा संभव असतो असे दिसून येत आहे. त्यामुळे भविष्य-काळात अशा रसायनांच्या उपयोगावर नियंत्रणे येतील. म्हणून त्यांच्याएवजी वापरता येतील अशी एण विनधोक रसायने अथवा पर्यायी प्रक्रिया शोधून काढाव्या लागतील.

रबरी वस्तू बनविण्याच्या प्रक्रियांची तुलना प्लॅस्टिकच्या वस्तू बनविण्याच्या प्रक्रियांशी केली, तर हे स्पष्ट दिसून येते की, रबरी वस्तू बनविण्याच्या प्रक्रिया, प्लॅस्टिकवस्तू बनविण्याच्या प्रक्रियांपेक्षा जास्त कष्टाच्या आणि गैरसोयीच्या आहेत. रबर-उद्योगात वस्तूसाठी मिश्रण बनविणे, मिश्रणाला वस्तूचा आकार देणे आणि व्हल्कनीकरण घडविणे या कृती कारखान-

दारासच कराव्या लागतात. त्यामुळे त्याला कच्चे रबर व मिश्रण कराव्याचे नानाविध पदार्थ यांचा साठा करावा लागतो आणि मिश्रण—यंशोचा घापर करावा लागतो. प्लॉस्टिक-वस्तूच्या कारखान्यांचे तसे नाही. त्योना वस्तू बनविण्याची मिश्रणे तयार मिळतात आणि व्हलकनी-करणाची गरजच नसते. भावी काळात रबर-धंश्यात या हड्टीने सुधारणा होण्याचा संभव आहे. आवश्यक ते पदार्थ मिसललेली तयार मिश्रणे मिळू लागतील. अर्थात त्यासाठी अगोदरच व्हलकनीकरण न होता वापरण्याच्या कालापर्यंत मिश्रणे ठिकावी यासाठी उपाय शोधून काढावे लागतील. अशी काही मिश्रणे प्रयोगावस्थेत आहेत, त्यावरून या हड्टीने प्रगतीची शक्यता वाढते.

व्हलकनीकरण करावे लागणार नाही, अशी काही संश्लेषित रबरे आता ज्ञात झाली आहेत, त्यांना उभ्यामृदू रबरे (थर्मोप्लॉस्टिक रबर) म्हणतात. व्हलकनीकरणात गंधकाच्या योगाने रबररेण्यमध्ये परस्परांत पार्श्ववंधन होते, या नवीन रबर-प्रकारात असलेल्या घटकाच्या संरचनेमुळे पार्श्ववंधनाचे कार्य घडून येते. त्यासाठी गंधकाची गरज लागत नाही. मारील प्रकरणात यांचा उल्लेख झालाच आहे. अजून ही रबरे महाग असल्यामुळे टायर किंवा सर्व-सामान्य वस्तूसाठी वापरता येत नाहीत; पण पुढेमागे ही स्वस्त होणे शक्य आहे.

नैसर्गिक रबराच्या रेणूत काही फेरफार करूनही अशी रबरे बनविणे साध्य होणे, अशाक्य नाही.

टायरसारख्या वस्तू बनविण्यासाठी सध्या जो खटाटोप करावा लागतो, तो वाचविण्याचा एक मार्ग म्हणजे ओतकामाने टायर बनविता येणे हा होय. यामध्ये तंतंचा अंतर्भाव करता येणार नाही. त्यामुळे बळकटी कशी आणावी, हा मात्र एक प्रश्न आहे. योग्य संरचनेची रबरे बनविल्याने हा प्रश्न कदाचित सुटू शकेल.

भावी काळातील राहणीच्या हड्टीने रवराचे काही नवीन उपयोग अस्तित्वात येण्या-चाही फार संभव आहे.

जेथे भुयारी रेल्वेगाडधा आहेत तेथे भुयारांच्यावर वांधलेल्या इमारतींना हादरे बसतात. ते नाहीसे करण्यासाठी रवराचा उपयोग केला जाईल. त्याचप्रमाणे काही ठिकाणी मोठारीच्या वाहतुकीसाठी घरांच्या माझ्यावरून रस्ते वांधावेत, अशा योजना केल्या जात आहेत. येथेही घरांना हादरे वसू नवेत म्हणून घराचा माथा आणि रस्ता यांमध्ये रवराच्या लाद्यांचा समावेश केला जाण्याची शक्यता आहे. घरांची छप्परे जलाभेद व्हावीत यासाठी सध्या अस्फाल्टासारख्या पदार्थांचा उपयोग केला जातो. त्या ऐवजी व्युटिल रबरे वापरली जातील. कारण ती जास्त कार्यक्षम आहेत.

भूकंपांच्या धक्कव्यांनी मानवी जीवित आणि मालमत्ता यांचे जे नुकसान होते ते टाळण्यासाठी, निदान कमी करण्यासाठी तरी, रवराचा उपयोग भविष्यकाढात होईल अशी

चिन्हे दिसतात. जमिनीला बसणाऱ्या हादन्यांचे शोषण व्हावे व इमारतीपर्यंत ते पोचू नयेत या हेतूने नैसर्गिक रवराचे मोठमोठे ठोकळे इमारतीच्या पायामध्ये समाविष्ट करण्याचे काही प्रयोग अमेरिकेमध्ये करून पाहण्यात आल्याचे वृत्त आहे. इमारतीच्या पायाभरणीत अशा सुधारणा करून एक इमारत प्रत्यक्ष बांधून पाहण्याचा प्रकल्पही आखण्यात आला आहे. हा प्रयोग यशस्वी होईल असा शास्त्रज्ञाना विश्वास वाटतो.

संश्लेषित रवरांसाठी लागणारी बहुसंख्य एकवारिके खनिज तेलापासून हंधने बनविण्याच्या उद्योगातून मिळतात. दिवसेंदिवस खनिज तेलांचे साठे कमी होत आहेत आणि नवीन साठे सापडले नाहीत, तर खनिज तेल संपण्याचा धोका आहे. त्यामुळे संश्लेषित रवरांना कठीण परिस्थितीला तोंड यावे लागणार आहे. खनिज तेलांपासून एकवारिके मिळणे अशक्य झाले, तर जैवप्रक्रियांचा अवलंब करावा लागेल. त्यासाठी रवराच्या बनस्पतीच्या पेशीमध्ये फेरफार घडवून आपणास आवश्यक त्या संरचनांची एकवारिके कशी मिळवावी, यासंवंधी संशोधन केले जाईल. अशा तंहेच्या प्रयोगांची पूर्वतयारी सध्या चालूही झाली आहे.

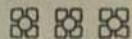
कृषि-उद्योगातून मिळणाऱ्या उत्पादनाचा उपयोग करून अल्कोहॉल, ॲसिटोन इत्यादि रसायने मिळविणे व त्यापासून संश्लेषित रवरांसाठी आवश्यक ती एकवारिके तयार करणे हा मार्ग जास्त वापरला जाण्याची शक्यता आहे.

नैसर्गिक रवराच्या उत्पादनात विघ्न येतील, असे वाटत नाही. रवर-लागवडीसाठी जमीन वापरण्याएवजी ती अन्नधान्यासाठी वापरणे फायदेशीर वाटले, तरी रवर-उत्पादनाने जितक्या लोकांना कामधंदा मिळतो, तितका दुसऱ्या पिकांमुळे मिळणे शक्य नाही. त्यामुळे रवर-क्षेत्राच्या वाढीस अडथळा येईल. असे वाटत नाही.



काही संदर्भ ग्रंथ

- (1) History of the Rubber Industry
P. Schidrowitz and T. R. Dawson,
W. Heffer and sons; Cambridge, 1952.
- (2) Polymer Chemistry of Synthetic Elastomers. Part I.
(Ed.) Joseph P. Kennedy and Eric G. M. Tornquist.
Interscience; London, 1968.
- (3) Natural rubber and the synthetics,
P. W. Allen.
Crosby Lockwood; London 1972.
- (4) Rubber Technology,
Morris Morten, 2nd Edn.,
Van Nostrand; 1973.
- (5) Rubber Chemistry
J. A. Brydson.,
Applied Science Publishers; London 1978.
- (6) Rubber Technology and Manufacture. 2nd Edn.
C. M. Blow and C. Hepburn (Ed.),,
Butterworth; 1982.
- (7) Synthetic rubbers, their chemistry and technology
D. C. Blackley.
Applied Science Publishers; London 1983.
- (8) रबराची लगवड, डी. एच. भाटे, आर. जी. केतकर व जी. एम्. दिवेकर.
- (9) Rubber Industry – Potentialities for growth of small scale
Industry, by W.G.Desai., 'Laghu Udyog' Annual 1969/1971.



परिशिष्ट : १

रसायनशास्त्राचा थोडक्यात परिचय

आपल्या सभोवारच्या परिसरात आपण अनेक पदार्थ पाहतो व त्यापैकी किंत्येक नित्याच्या व्यवहारात वापरतो. त्यामध्ये, गुणधर्माच्या दृष्टीने कमालीची विविधता आढळते. काही पदार्थ घनरूप असतात तर काही द्रवरूप व वायुरूप; काही सुरंगी तर काही उग्र वासाचे, काही रंगीत तर काही बिनरंगी, काही विषारी तर काही औषधी !

तथापि गुणधर्मात इतका भेद असला तरी ते कसे बनले आहेत, म्हणजेच त्यांची घडण कशी आहे याचा विचार केला तर त्यांचे दोनच वर्ग पडतात. ते म्हणजे मूलद्रव्ये व संयुगे हे होत. किंत्येक पदार्थ या दोहोंची मिश्रणे असतात.

मूलद्रव्ये म्हणजे संयुगे बनण्याचा कर्त्त्वा माल म्हणता येईल. एकंदर मूलद्रव्ये सुमारे १०० आहेत. त्यापैकी बहुतेक सर्व स्वयंभू आहेत. काही मूलद्रव्ये मानवाने बनविली आहेत हे खरे पण ती अपवादात्मकच होत. मूलद्रव्यापैकी सुमारे ३० महस्त्वाची असून त्यापासून आपल्या वापरण्यातील बहुसंख्य पदार्थाचा भरणा होतो. सोने, ऑल्युमिनियम, तांबे इत्यादी धातू, हवेमध्ये असलेले ऑक्सिसजन व नायट्रोजन हे वायू ही मूलद्रव्याची काही उदाहरणे होत. पाणी, मीठ, व हवेतील कार्बन डाय ऑक्साइड वायू ही सामान्य संयुगे होत.

शास्त्रीय व्यवहारामध्ये मूलद्रव्यांचा उल्लेख करणे सोयीचे व्हावे याकरिता शास्त्रज्ञानी त्यांसाठी संक्षिप्त चिन्हे योजिली आहेत. उढील कोष्टकात काही सामान्य मूलद्रव्ये, त्यांची संकेत चिन्हे आणि सामान्य गुणधर्म दिले आहेत.

मूलद्रव्यांच्या सर्वांत सूक्ष्म कणाला अणू ही संशा लावतात. बहुतेक सर्व मूलद्रव्ये, दोन अणू एकत्र असलेल्या कणांच्या रूपात अस्तित्वात असतात. (काही थोडी मूलद्रव्ये मात्र एकएकट्या अणूंच्या रूपात राहतात पण ती अपवाद होत.) अशा कणाला रेणू म्हणतात. वरील कोष्टकात दाखविलेली चिन्हे त्या त्या मूलद्रव्याचा एक एक अणू दर्शवितात. या चिन्हापुढे व थोडा खाली आकडा लिहून अणूंची संख्या दाखविण्याचा प्रब्रात आहे. उदा. H_2 याचा अर्थ हायट्रोजनचे दोन अणू, हायट्रोजन दोन अणू एकत्र असलेल्या कणांच्या (रेणूंच्या) रूपात अस्तित्वात राहतो, म्हणून H_2 या चिन्हाचा अर्थ हायट्रोजनचा एक रेणू असाही होतो. याच ग्रमाणे O_2 म्हणजे ऑक्सिसजनाचे दोन अणू तसेच ऑक्सिसजनचा

कोष्टक :

मूल्यद्रव्याचे नाव	चिन्ह	सामान्य गुणधर्म
ऑल्युमिनियम	Al	हल्का, रुपेरी धातु
ऑक्सिजन	O	वर्णहीन वायू
कार्बन	C	काळा धन पदार्थ; हिन्याच्या रूपात स्वच्छ स्फटिक.
क्लोरीन	Cl	हिरवट पिवळा वायू
गंधक	S	पिवळसर ठिसूळ स्फटिक
जस्त	Zn	ठिसूळ व निळसर पांढरा धातु
टिटेनियम	Ti	चकाकणारा शुभ्र धातु
नायट्रोजन	N	वर्णहीन वायू
पोटेशियम	K	हल्का, मऊ रुपेरी धातु
फ्लुओरीन	F	पिवळसर वायू
ब्रोमीन	Br	जड, तांबडा द्रव पदार्थ
सिलिकॉन	Si	ठिसूळ राखी स्फटिक
सौडियम	Na	हल्का, मऊ रुपेरी धातु
हायड्रोजन	H	हल्का वर्णहीन वायू.

एक रेणू N_2 , नायट्रोजनाचे दोन अणू व नायट्रोजनाचा एक रेणू होय. रेणूची संख्या दाखवावयाची असेल तर संख्यादर्शक आकडा चिन्हाच्या प्रारंभी लिहितात. $3H_2$ याचा अर्थ हायड्रोजनाचे तीन रेणू. प्रत्येक रेणूत २ अणू असतात हे चिन्हानंतर लिहिलेल्या २ या आकड्याने व्यक्त होते. रेणू अथवा अणू जर एकच असेल तर प्रारंभी अथवा शेवटी आकडा घालावा लागत नाही. उदा. H म्हणजे हायड्रोजनाचा एक अणू. O_2 म्हणजे ऑक्सिजनाचा एक रेणू, ज्यामध्ये दोन अणू असतात असा.

संयुगे कशी बनतात ?

काही मूलद्रव्यांमध्ये परस्परांबहल रासायनिक आकर्षण असते. अशा मूलद्रव्यांचे अणू योग्य परिस्थिती मिळाली की रासायनिक संयोग करतात व त्यामुळे संयुगे निर्माण होतात. उष्णता, दाब, निकट संपर्क यांनी रासायनिक संयोगास अनुकूल परिस्थिती मिळते. त्याचप्रमाणे काही पदार्थ, आपल्या उपस्थितीने संयोग घडविण्याचे कार्य सुलभ करतात

त्यांना उत्प्रेरके ही संज्ञा लावतात. उत्प्रेरक पदार्थ रासायनिक विक्रिया घडून आल्यानंतर रासायनिक दृष्टीने प्रथम जसे होते तसेच राहतात, हे त्यांचे वैशिष्ट्य आहे. एखादी रासायनिक विक्रिया घडून येण्यास वास्तविक जेवढे तापमान लागले असते त्यापेक्षा कमी तापमान, योग्य उत्प्रेरक वापरले तर लागते. मंदपणे होणारी विक्रिया उत्प्रेरकामुळे त्वरेने घडून येते. रबर-संश्लेषणात सोडियम धातू, वैश्वाइल पेरोक्साइड इत्यादी पदार्थ उत्प्रेरकांचे कार्य करतात. अनेक पदार्थांच्या निर्मितीत उत्प्रेरके महत्वाची ठरली आहेत.

रासायनिक संयोग म्हणजे मूलद्रव्यांचे अणू एकमेकांत मिसळणे नव्हे. संयोग होतो तेव्हा संयोग पावलेल्या अणूमध्ये एक प्रकारचे बंधन निर्माण होते व त्यांचे स्वतंत्र व्यक्तित्व लोप पावते. रासायनिक संयोगाने निर्माण झालेल्या पदार्थांचे गुणधर्म घटक मूलद्रव्यांच्य गुणधर्मपेक्षा वेगाले असतात. उदाहरणार्थ मीठ हा पदार्थ सोडियम व क्लोरिन या मूलद्रव्यां-पासून बनला आहे. सोडियम हा एक रुपेरी हलका धातू आहे; क्लोरिन हा हिरवट पिवळा वायू विषारी आहे. पण ह्या मूलद्रव्यापासून बनलेले मीठ एक जीवनोपयोगी द्रव्य आहे !

रासायनिक संयोग होतो तेव्हा एका मूलद्रव्याचे किती अणू दुसऱ्या मूलद्रव्यांच्या किती अणूंशी संयोग पावतील हे त्या प्रत्येकाच्या संयोग पावण्याच्या शक्तीवर अवलंबून असते. हायड्रोजन अणूची ही शक्ती सर्वांत कमी म्हणून ती एक आहे असे मानतात. ऑक्सिजन अणूची त्याच्या दुपट आहे. नायट्रोजन अणूची तिपट व कार्बन अणूची चौपट आहे. संयोग पावण्याची ही शक्ती व्यक्त करणे सोपे पडावे यासाठी अणूंना त्याच्य संयोगशक्तीनुसार कमीअधिक संयुजाबंध आहेत असे मानले जाते व ते मूलद्रव्यांच्या संकेत चिन्हाला जोडून आखूद रेखेने दाखविण्याचा प्रघात आहे. उदा. हायड्रोजन अणूला एक संयुजाबंध आहे हे H- या खुणेने व्यक्त होते. ऑक्सिजन अणूला दोन संयुजाबंध आहेत ते -O- किंवा O= असे दाखवितात. संयुजाबंधदर्शक आखूद रेखा आढऱ्या, उभ्या, तिरकया कशाही काढल्या तरी अर्थ बदलत नाही.

अणूंचा संयोग होतो तेव्हा एक अथवा अधिक संयुजाबंध एकमेकांस जोडले जाऊन त्यांचा दोघांचा मिळून एक बंध बनतो. हायड्रोजनचे २ अणू ऑक्सिजनच्या एका अणूंशी संयोग पावून पाणी बनते. ही रासायनिक क्रिया झाल्याने बनलेले पाणी H-O-H या सूत्राने दाखवित येते. जेव्हे प्रत्यक्ष बंध दाखविण्याची गरज नसते अशा ठिकाणी या सूत्राचेच संक्षिप्त रूप H_2O असे करतात. अशी संक्षिप्त रूपे सुटसुटीत व जास्त सोयीची असल्या-मुळे नेहमी वापरली जातात, अवश्य असेल तेथे मात्र प्रत्यक्ष संयुजाबंधयुक्त रचना दाखवितात.

कार्बनचे रसायनशास्त्र

हायड्रोजन, ऑक्सिजन इत्यादी मूलद्रव्याप्रमाणे च कार्बन हेही एक मूलद्रव्य आहे.

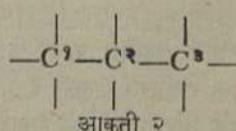
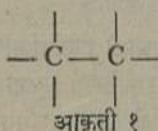
परंतु त्याच्या अंगी काही विशेष गुणधर्म असल्यामुळे 'कार्बनचे रसायनशास्त्र' हा एक स्वतंत्र विभाग समजला जातो. तथापि हे केवळ सोयीसाठी आहे. याच विभागाला पूर्वी 'सेंट्रीय रसायनशास्त्र' (ऑर्गेनिक केमिस्ट्री) म्हणत, कारण त्यावेळी अशी समजूत होती की प्राणी व वनस्पती या इंद्रिये असलेल्या कोटीतील पदार्थांचे रसायनशास्त्रापेक्षा वेगळे आहे. परंतु हा समज चुकीचा आहे असे नंतर दिसून आल्यावरून सेंट्रीय रसायनशास्त्र याएवजी आता कार्बनचे रसायनशास्त्र हा शब्दप्रयोग वापरण्यात येतो.

कार्बन या मूलद्रव्याचा एक वैशिष्ट्यपूर्ण गुणधर्म म्हणजे त्याचे अनेक अणू एकमेकाशी संयोग पावून लांबच लाव कार्बन-साखळ्या वनवू शकतात हा होय. हा गुणधर्म इतर मूल-द्रव्यांच्या अंगी फारसा आढळत नाही.

कार्बन-अणूंच्या साखळ्या

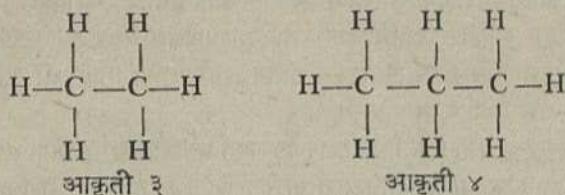
कार्बन-अणूंच्या साखळ्या बनतात तेव्हा प्रत्येक कार्बन अणू आपला एक संयुजावंध शेजारच्या प्रत्येक कार्बन अणूला जोडण्यासाठी वापरतो. उरलेले संयुजावंध त्याला इतर मूलद्रव्यांच्या अणूंशी संयोग पावण्यास वापरता येतात.

कार्बन-अणूंच्या काही साखळ्यांचा आता विचार करू. दोन कार्बन अणूंची साखळी पुढीलप्रमाणे दाखविता येईल. (आकृती १) दोन्ही कार्बन-अणूंचा प्रत्येकी एक संयुजावंध परस्परांस जोडण्यासाठी वापरला जाईल व त्यामुळे प्रत्येकाजवळ ३ संयुजावंध इतर अणूंशी संयोग पावण्यास उरतील. तीन कार्बन अणूंची साखळी झाली तर पुढीलप्रमाणे संरचना होईल. या साखळीतील कार्बन क. १ व कार्बन क. ३ यांचा प्रत्येकी एक वंध कार्बन क. २ ला जोडण्यासाठी वापरला जाईल व त्या प्रत्येकाचे ३ वंध शिळ्डक राहतील. कार्बन क. २ चा एक वंध कार्बन क. १ ला जोडण्यासाठी व एक वंध कार्बन क. ३ ला जोडण्यासाठी असे एकंदर २ वंध साखळी बनविण्यासाठी वापरले जातील व त्यामुळे त्याचे २३वंधच इतर अणूंशी संयोग पावण्यास शिळ्डक राहतील हे उघड आहे. (आकृती २)



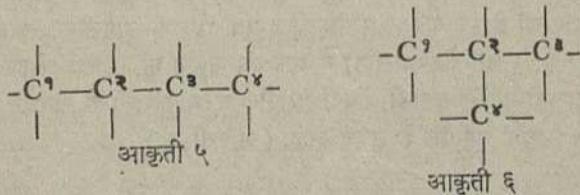
हे शिळ्डक राहिलेले वंध हायड्रोजनच्या अणूंशी संयोग पावण्यास वापरले जातात असे समजले तर दोन कार्बन अणूंच्या साखळीपासून व तीन कार्बन अणूंच्या साखळीपासून

(आकृति ३ व ४) या संरचनांची संयुगे बनतील. संक्षेपरूपाने याच संरचना अनुक्रमे $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$ व $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ या सूत्रांनी मुट्टसुटीतपणे दाखविता येतील. याच संयुगांची सूत्रे आणखी संक्षेप केला तर C_2H_6 व C_3H_8 अशी होतील. चार कार्बन



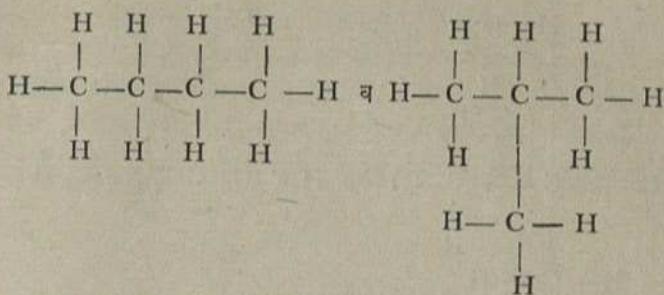
अणूच्या साखळीत संयुजावंधांची विभागणी कसकशी होते याचा आता विचार करू. यथे चारही कार्बन अणू एका पुढे एक अशी रचना करता येईल. तीमधील पहिल्या व चौथ्या कार्बन अणंचा प्रत्येकी एक वंध व कार्बन क्र. २ व ३ यांचे प्रत्येकी २ वंध, साखळी बनविण्यासाठी वापरले जातील व त्यामुळे कार्बन क्र. १ व ४ यांचे प्रत्येकी ३ संयुजावंध व कार्बन क्र. २ व ३ यांचे प्रत्येकी २ वंध इतर अणूंशी संयोग पावण्यास शिळ्डक राहतील. (आकृति ५)

थोडा विचार केला तर असे विसून येईल की ४ कार्बन अणूंची साखळी आणखी एका प्रकारेसुद्धा होऊ शकेल. तीमध्ये कार्बन क्र. २ पासून, झाडाला जशी एखादी फांदी कुटावी, त्याप्रमाणे कार्बन क्र. ४ जोडून पुढीलप्रमाणे रचना करता येईल. अशा ठिकाणी कार्बन क्र. १, ३ व ४ यांचा प्रत्येकी एक वंध साखळी बनविण्यासाठी वापरला जाईल व त्यामुळे



प्रत्येकाचे ३ वंध शिळ्डक राहतील. कार्बन क्र. २ चे ३ वंध साखळी होताना वापरले जातील व एकच वंध शिळ्डक राहील (आकृती ६). सर्व शिळ्डक राहिलेल्या संयुजावंधांना हाय-ड्रोजनचे अणू जोडले गेले आहेत असे मानले तर पुढीलप्रमाणे संरचना निर्माण होतील. (आकृती ७ व ८)

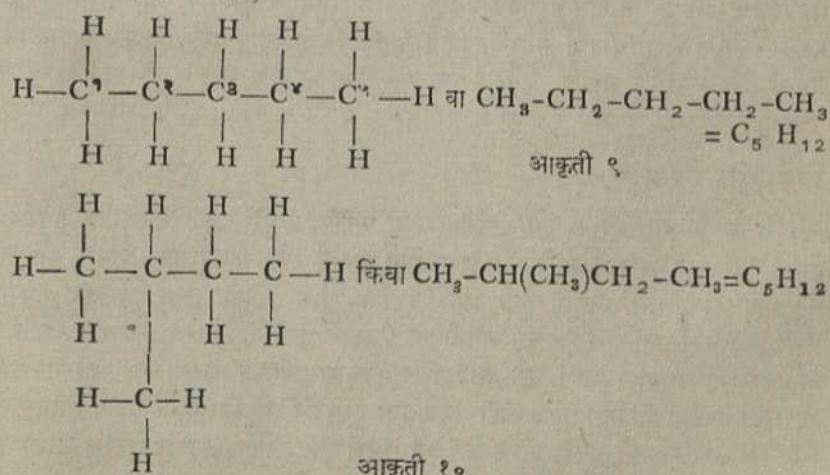
याचा अर्थ ४ कार्बन व १० हायड्रोजन अणू यापासून २ मिन संरचना होतात. यापेक्षा जास्त प्रकारे संरचना करता येणार नाहीत.

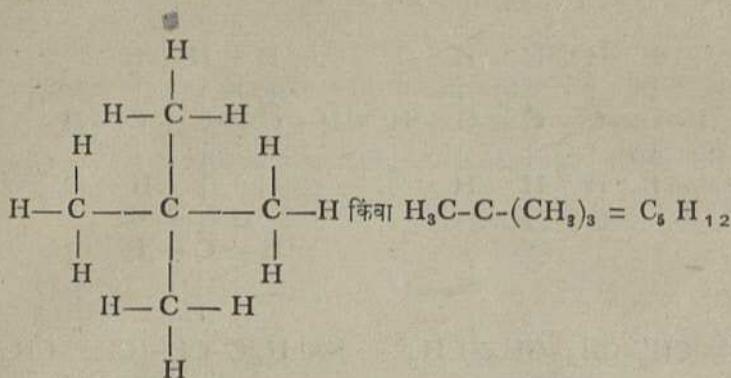


किंवा $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
 $= \text{C}_4\text{H}_{10}$
 आकृति ७

किंवा $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}-(\text{CH}_3)-\text{CH}_3$
 $= \text{C}_4\text{H}_{10}$
 आकृति <

पदार्थाचे गुणधर्म त्यांच्या रेणूमध्ये कोणती मूलद्रव्ये आहेत व त्याचे किंती अणु आहेत यावरच केवळ अबलंबून नसतात. अणु एकमेकांस कसे जोडले गेले आहेत (संरचना) यावरही ते अबलंबून असतात. त्यासुले रेणूमध्ये ४ कार्बन व १० हायड्रोजन अणु असलेली भिन्न गुणधर्मांची २ संयुगे असावीत असा निष्कर्ष निघतो. प्रत्यक्ष प्रयोगाने तो खरा ठरला आहे. पाच कार्बन अणु व १२ हायड्रोजन अणु यांपासून भिन्न गुणधर्माची किंती संयुगे होऊ शकतील हे आता पाहू. वरील प्रमाणेच कार्बन अणूंच्या भिन्न साखळ्या पुढे दिल्या प्रमाणे करता येतील व त्यासुले C_5H_{12} या घटनेची ३ संयुगे होतील असा निष्कर्ष निघतो. (आकृती ९, १० व ११)





आकृती ११

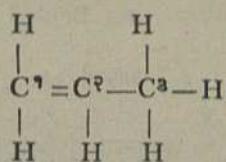
पाच कार्बन अणु व १२ हायड्रोजन अणु यांची भिन्न गुणधर्माची ३च संयुगे आढळतात; किंतीही प्रयत्न केला तरी या घटनेची जास्त संयुगे बनविता येत नाहीत असा अनुभव आला आहे. अशाच प्रकारे सहा कार्बन अणु व १४ हायड्रोजन अणु यांच्या रेण्युमध्ये आहेत अशी ५, ७ कार्बन व १६ हायड्रोजन अणु असलेली ९, ८ कार्बन व १८ हायड्रोजन अणु असलेली १८, ९ कार्बन व २० हायड्रोजन अणु असलेली ३५ भिन्न संयुगे बनविता येतात !

प्राणी व वनस्पतीसृष्टीपासून हजारे वेगवेगळे पदार्थ मिळतात पण ते कार्बन हायड्रोजन, ऑक्सिजन, नायट्रोजन व कधी कधी गंधक व फॉस्फरस अशा थोड्या मोजक्या मूलद्रव्यांचे बनलेले असतात हे प्रथम दिसून आले तेच्छा शाक्खांना आश्रयाचा धक्काच बसला. कारण अशा थोड्या मूलद्रव्यापासून इतके भिन्न पदार्थ बनणे त्याचेलच्या कल्पने-प्रमाणे शक्य नव्हते. तथापि कार्बनचे अणु साखळ्या बनवू शकतात व त्यांच्या वेगवेगळ्या रचनामुळे वेगवेगळे गुणधर्म येऊ शकतात हे कळून आले व सर्व गोष्टींचा उलगडा झाला.

द्विवंश्युक्त रचना

वरील संयुगांमध्ये, कार्बन-अणूंशी संयोग पावण्यास पुरेसे हायड्रोजन अणु उपलब्ध आहेत व त्यामुळे साखळी बनविण्यास लागणाऱ्या कार्बन अणूंच्या संयुजावंधाशिवाय बाकीचे संयुजावंध हायड्रोजन अणूंनी तृप्त झाले आहेत. अशी संयुगे स्थिर असतात; परंतु काही वेळेस संयुगातील सर्व कार्बन अणूना पुरे पडतील इतके हायड्रोजन (अथवा तत्सम) अणु उपलब्ध नसतात. अशा वेळी जे हायड्रोजन अणु उपलब्ध असतील ते कार्बन-अणु आपापसांत वाटून वेतात. अर्थात् काही संयुजावंधांना पुरेसे अणु मिळत नाहीत व त्यामुळे ते रिकामे राहतात. अशा वेळी शिळक राहिलेले संयुजावंध, कार्बन-अणु परस्परांस जोडण्या-

साठी वापरतात व वेळ निभावून नेतात. उदाहरणार्थ ३ कार्बन-अणुंच्या साखळीला जोड-पण्यास ६ हायड्रोजन अणुंच उपलब्ध असले तर काही कार्बन-अणु परस्परास जोडण्यास एकापेक्षा जास्त संयुजावंध वापरून वेळ निभावून नेतात, अशा वेळी पुढे दाखविल्याप्रमाणे रचना होते (आकृती १२), या रचनेत कार्बन क. १ व २ हे द्विवंधाने एकमेकांस जोडले गेले आहेत व त्यामुळे कार्बन अणुंचे सर्व संयुजावंध वापरले गेले आहेत.



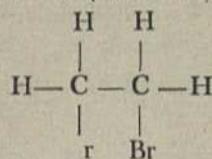
आकृती १२

येथे हे मात्र लक्षात ठेवले पाहिजे की द्विवंधाने झालेली जोडणी ही एकवंधाने झालेल्या जोडणीपेक्षा जास्त बढकट असते असे प्रात्र नाही, खरी परिस्थिती त्याच्या उलट आहे. परस्परास जोडण्यासाठी एक वंध वापरणे कार्बन-अणु जास्त पसंत करतात, कारण त्यामुळे संयुजावंधावर ताण पडत नाही. तथापि जेव्हा पुरेसे इतर अणु (येथे हायड्रोजन) उपलब्ध नसतात तेव्हा परस्परास जोडण्यासाठी कार्बन-अणु एकापेक्षा जास्त संयुजावंध वापरतात; परंतु ते केवळ वेळ निभावून नेण्यासाठी, हा जादा वंध मोकळा करावा व तो वापरून इतर अणुंशी संयोग पावावे यासाठी! अशी संयुगे वाट पाहत असतात व त्यामुळे अस्थिर असतात. संरचनेत एकापेक्षा जास्त द्विवंध असलेली संयुगेही जात आहेत; ती एक द्विवंध असलेल्या संयुगापेक्षा अर्थातच जास्त अस्थिर असतात. विशेषत: असे द्विवंध जेव्हा एकाओआड एक असे असतात तेव्हा ते संयुग द्विवंध नाहीसा करण्यास अतिशय उत्सुक असते व त्यामुळे इतर अणुंशी किंवा संयुगाशी संयोग पावण्याची संधी शोधीत असते. या गुणधर्माचे उदाहरण म्हणजे $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ या सूत्रांचे व्युटाडीन हे संयुग, संश्लेषणाने रवरे बनविण्यासाठी व्युटाडीन व आयसोप्रीन ही संयुगे उपयोगी पडतात ती त्यामुळेच.

संयुजावंधांची त्रिमितीय मांडणी

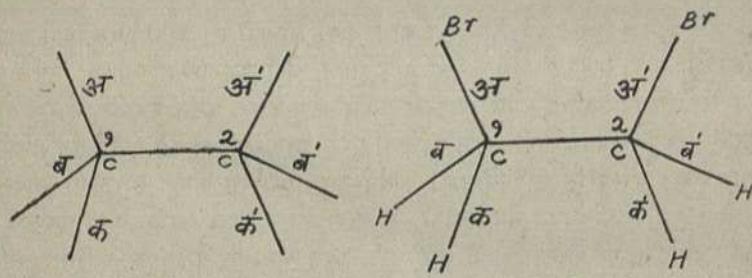
कार्बन अणुंचे संयुजावंध एकाच पातळीत नाहीत, ते अवकाशात नियमित चतुरफ्लकाच्या चार कोपन्यांच्या दिशेने विलुरलेले आहेत असे सिद्ध झाले आहे. (पृ. ६८ पहा). या वस्तुस्थितीमुळे सुद्धा कार्बनी संयुगांच्या संरचनामध्ये फरक पडू शकतो.

प्रथम आपण २ कार्बन अणु; ४ हाय्ड्रोजन अणु व २ ब्रोमीन अणु यापासून बनलेल्या पुढील संयुगाचा विचार करू. (आकृती १३) कार्बनच्या संयुजाबंधाची श्रिमितीय

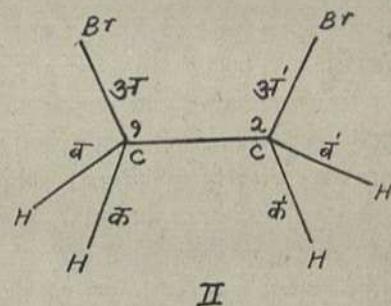


आकृती १३

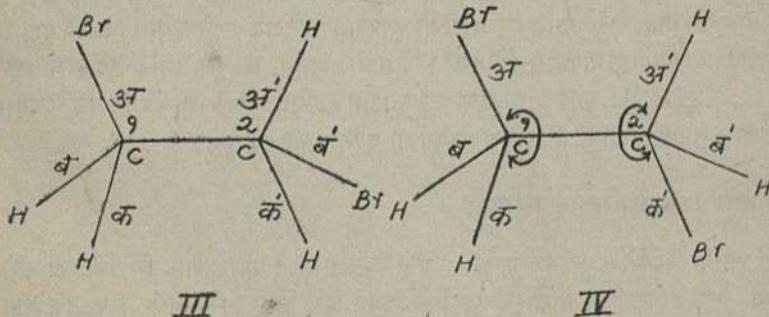
मांडणी लक्षात घेतली तर या संयुगाच्या ३ भिन्न मांडण्या संभवतील. आकृती १४ मधील I मध्ये, जोडलेल्या २ कार्बन अणुंच्या संयुजाबंधांच्या अवकाशातील मांडण्या अ, ब, क व अ', ब', क' यांनी दाखविल्या आहेत. या संयुजाबंधांनी हाय्ड्रोजन अणु व ब्रोमीन



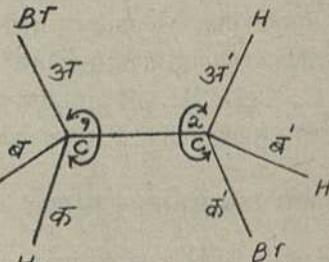
I



II



III

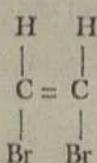


IV

आकृती १४

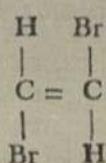
अणू Br जोडले म्हणजे II, III व IV यामध्ये दाखविल्याप्रमाणे ३ त्रिमितीय हृष्टीने भिन्न संयुगे संभवतात; पण प्रत्यक्षात मात्र असे एकच संयुग किंतीही प्रयत्न केला तरी मिळते. याचे कारण एक-वंधाने जोडलेले कार्बन-अणू आकृती IV मध्ये (दाखविलेल्या बाणाच्या दिशेने (तारेत ओवलेल्या गोट्या जशा तारेमोबती फिरु शकतात तसे) फिरु शकतात. त्यामुळे II, III व IV या मांडण्याचे एकमेकांत रूपांतर होऊ शकते, याचा परिणाम असा होतो की शा संयुगाची एकच माडणी संभवते. प्रत्यक्ष प्रयोगाने असेच सिद्ध झाले आहे.

तथापि कार्बन-अणू जर द्विवंधाने जोडलेले असतील तर कार्बन अणूना वरील प्रमाणे फिरता येत नाही व त्यामुळे $C_2H_2Br_2$ या घटनेच्या संयुगाची पुढीलप्रमाणे २ त्रिमितीय रूपे त्रोमिनचे अणू भिन्न कार्बन अणूना जोडलेले असतील तर होऊ शकतात व तशी प्रत्यक्षात मिळतातही.



समपक्ष मांडणी

आकृती १५



विपक्ष मांडणी

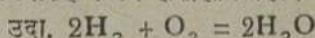
आकृती १६

आयसोप्रिन व तत्सम संयुगाचीही अशीच २ रूपे होतात. (पृष्ठ ६८ पहा)

कार्बन अणू लांब लांब साखळाचा बनवू शकतात त्याचप्रमाणे साखळीची ठोके एकमेकास जोडली जाऊन वलयी रचनाही किंत्येकदा बनतात.

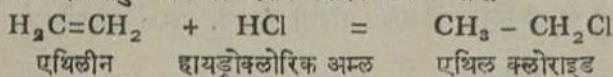
रासायनिक समीकरणे

रासायनिक विक्रियाची कल्पना स्पष्ट व चटकन यावी यासाठी रासायनिक समीकरणे लिहिण्याची एक सौधिकर पद्धत आहे. अशा समीकरणात रासायनिक क्रियेत भाग वेणारी मूलद्रव्ये अथवा संयुगे याचे प्रत्येकी किंती रेणू भाग वेतात ते लिहून प्रत्येकानंतर + चिन्ह घालून त्यापुढे = हे चिन्ह लिहितात व उजव्या बाजूस विक्रियेने निर्माण होणारी संयुगे अथवा मूलद्रव्ये त्यांच्या रेणूस्या संख्यांसह + चिन्हासहित लिहिली जातात.



र....८

हायड्रोजनचे २ रेणू (ज्यामध्ये प्रत्येकी २ अणू असतात असे) ऑक्सिजनच्या एका रेणूबरोबर संयोग पावतात व त्यामुळे पाण्याचे २ रेणू तथार होतात. समीकरणाच्या डाव्या बाजूस विक्रियेत भाग वेणारे म्हणून ४ हायड्रोजन अणू व २ ऑक्सिजन अणू आहेत व त्यापासून आलेल्या पाण्याच्या २ रेणूतील हायड्रोजन व ऑक्सिजन अणूची संख्याही तितकीच आहे. त्यामुळे सर्वांचा हिशेब बरोबर लागला आहे.



हे समीकरण द्विवंध्युक्त संयुगावर होणारी हायड्रोक्लोरिक अम्लाची विक्रिया दर्शविते. किंत्येकदा पूर्ण समीकरणे न लिहिता, ज्यावर विक्रिया होते त्या संयुगाचे सूत्र लिहून त्यापुढे बाण → काढतात, व ज्याची विक्रिया होते ते संयुग या बाणावर दाखवून निर्माण होणारे इष्ट संयुग तेवढेच बाणाच्यानंतर लिहितात. विक्रिया दाखविण्याचा हा एक संक्षिप्त मार्ग आहे व जेथे सर्व तपशिलाची जरुरी नसते तेथे अशी पद्धत वापरली जाते.

॥ ॥ ॥

परिशिष्ट : २

पारिभाषिक शब्दसूची

मराठी-इंग्रजी

अखंडित - Continous. न थांबता
वालणारी.

अडथळा-Baffle. प्रवाहास आडविण्या-
साठी केलेली योजना.

अणु-Atom. मूलद्रव्याचा सर्वांत सूक्ष्म
कण.

अनुकूलक-Conditioner. विक्रिया
घटण्यास योग्य परिस्थिती निर्माण
करणारे.

अम्ल-Acid. सामान्यतः आंबट चव
असलेले व निळा लिटमस तोबडा
करणारे द्रव्य. विद्रवाच्या रूपात
असताना यातील हायड्रोजन धन-
चियुतभारित असते (H^+)

ऑसिटोन-Acetone.

$CH_3-CO-CH_3$. कीटोन वर्गाचे
एक संयुग.

असंतृप्त (संयुग) - Unsaturated
(compound). ज्या संयुगाच्या
संरचनेत दोन कार्बन अणु एकमेकास
द्विवंधाने किंवा त्रिवंधाने जोडलेले
असतात असे संयुग.

अस्फटिकी - Non-crystalline.
Amorphous. स्फटिकी रचना
नसलेले.

अलिकल गट - Alkyl group. एक
अथवा अधिक कार्बन अणुची एक
संयुगा वगळून बाकीच्या सर्वांना
हायड्रोजन अणु अथवा कार्बन अणु
जोडले आहेत, असा अणुगढ, उद.
 $-CH_3$; CH_3-CH_2-

आकार्यता-Plasticity. दाब दिल्याने
आकार घेण्याचा व तो टिकविण्याचा
गुण.

आलिडहाइड - Aldehyde. कार्बनी
संयुगांचा एक वर्ग. यामध्ये CO हा
गट एक अलिकल गट व एक हायड्रो-
जन अणु यांना जोडलेला असतो.
उदा., CH_3-CHO

आसंजक - Adhesive. चिकटविणारा
पदार्थ, उदा. डिक, सरस.

ऑक्सिसजन-प्रतिरोधक- Antioxidant
ऑक्सिसजनच्या परिणामास विरोधक.
ईथर-Ether. कार्बनी संयुगांचा एक वर्ग,
दोन अलिकल गट ऑक्सिसजन अणुंनी
जोडले जाऊन हे बनलेले असते.
उदा., CH_3-O-CH_3

उत्खनन – Excavation. अवशेषाचे निरीक्षण करण्यासाठी जमीन खणणे.
उत्प्रेरक–Catalyst. रासायनिक विक्रिया त्वरेने किंवा कमी तापमानास घडून येण्यास मदत करणारा पदार्थ. विक्रियेच्या शेवटी तो रासायनिक दृष्टीने प्रथम होता तसाच राहतो.

उदासिनीकरण – Neutralisation. अम्लता नाही व अल्कताही नाही अशी स्थिती निर्माण करणे.

उपारण–Infra-red. सूर्य प्रकाशाच्या वर्णपटातील तांबड्या पट्ट्याच्या नंतरचे.

ऊष्मामृदू–Thermoplastic. उष्णतेने मऊ बनारे व थंड केस्याने कडक होणारे.

ऋणायन–Cation. विद्युत-विच्छेदनात ऋण विद्युत अग्राकडे जाणारे आयन.

ऋणविद्युतभार–Negative charge. पदार्थवर असलेला ऋण चिन्हांकित विजेचा सूक्ष्म अंश.

एकक–Unit. प्रमाणित माप.

एकवारिक–Monomer. ज्याची पुनरावृत्ती होऊन बहुवारिक बनते तो अणुसमुच्चय.

एकस्व–Patent. शोधाचा मालकी हक्क. मालकाच्या अनुमतीशिवाय त्याचा उपयोग इतरांस करता येत नाही.

एकातरित द्विवंध – Conjugated double bond. कार्बनी संयुगातील कार्बन अणुमध्ये द्विवंधाची एकाआड एक अशी रचना.

ओजोन–Ozone. एक विक्रियादील वायू.

ओजोन-प्रतिरोधक – Antiozonant. ओजोनाच्या परिणामास विरोध करणारे.

ओतकाम-Casting. वितळविलेला किंवा द्रवरूप पदार्थ सांच्यात ओतून वस्तू बनविणे.

अंतःक्षेपण – सांचेकाम – Injection moulding. पिचकारीतून द्रवपदार्थ जसा बाहेर फेकला जातो, स्थाप्रमाणे उष्ण व प्रवाही पदार्थ पिचकारी-सारख्या योजनेने सांच्यात भरून त्यास वस्तूचा आकार देण्याची प्रक्रिया.

कलृप्ती–Contrivance. ठोठी यांत्रिक योजना.

कॅलेंडर–Calander. लाढण्याची किंवा पसरविण्याची क्रिया करणारे, अनेक रुळ असलेले यंत्र.

कॅलेंडर – प्रक्रिया – Calandering. कार्बनडाय सलफाइड – कार्बन व गंधक-युक्त एक संयुग; CS_2

कार्बनी परसल्फेट – Organic per-sulphate. कार्बन, गंधक व ऑक्सिजनयुक्त संयुग.

कीटोन – Ketone. कार्बनी संयुगांचा एक वर्ग. यामध्ये दोन अलिकल गट CO न जोडलेले असतात; उदा. $CH_3-CO-CH_3$

कोलटार नेप्था–Coaltar naphtha. दगडी कोळशाच्या भंजक ऊर्ध्वपातनाने मिळणाऱ्या डोबरातील एक पदार्थ; विद्रावक म्हणून उपयोगी.

क्लोरिनीकरण - Chlorination.

संयुगमध्ये क्लोरिनचा अंतर्भव करू याची प्रक्रिंया.

क्लोरिनीकृत-Chlorinated. क्लोरिन युक्त.

खंडित (प्रक्रिया)-Batch (process).

अखंडित नसलेली. हप्त्याहप्त्याने वडणारी (प्रक्रिया).

खनिज-Inorganic. खाणीतून काढलेल्या पदार्थाच्या जातीचे. अकार्बनी. खवले- Treads. उठावदार नक्ती असलेला, टायरच्या पृष्ठाचा, रस्त्याशी संपर्क होणारा भाग.

गास्केट-Gasket. दोन पृष्ठभागांचा संपर्क करताना मध्ये भेग राहू नये म्हणून वापरलेला पदार्थाचा तुकडा.

घटना-Composition, घटक अणु व त्याच्या संख्या.

घनता-Density. एक मिलिलिटर पदार्थाचे ग्रॅममध्ये वजन.

घर्षण-रोध-Abrasive resistance. घर्षणाने शिजून जाण्यास होणारा विरोध.

चालक पट्टा-Transmission belt. एका चाकाची गती दुसऱ्या चाकाला देण्यासाठी चाकावर चढविण्याचा पट्टा.

चुंबकीय पृथक्कारी - Magnetic separator. लोहचुंबकाच्या योगाने लोखंड वेगळे करणारे.

जटिल-Complex. गुंतागुंतीची रचना असलेले.

जलरोधक, जलरोधी, जलामेश - Waterproof. पाणी शोषण न करणारे.

पाणी आरपार न जाऊ देणारे.

ज्वृपार-Ultra-violet. सूर्यग्रकाशाच्या वर्णपटातील जांभळशा पट्ट्यानंतरचा भाग.

झिक क्लोराइड-Zinc Chloride. जस्ताचा एक क्षार.

२ : ३-डायमिथील व्युटाडीन-२, ३,-dimethyl butadiene एक कार्बनी संयुग.

तळी-Platen. दाब-यंत्रात साचे उयावर ठेवतात किंवा उयाला अडकवितात, तो भाग.

ताडपत्री-Tarpauline, पाणी पलीकडे जाणार नाही असे रबर विलेपित जाड कापड.

ताणबल-Tensile strength. पदार्थ ताण लागल्यास, ताणण्यास होणारा विरोध.

तिबणे-Mastication. मिश्रण मळून व रगडून एकजीव करण्याची क्रिया.

तेलभरण-Oil extension-तेलाचा अंतर्भव करणे; (रवरात).

तेलभरित-Oil extended. तेलाचा अंतर्भव केलेले (रवर).

त्रिमिति-Nimittit - Stereoregular. द्या संगुणातील अणुंची अवकाशातील मांडणी काही नियमांस धरून आहे, अशी.

त्रिमिति-विशिष्ट-Stereospecific - इष्ट ती त्रिमितीय संरचना असलेले.

त्रिमितीय मांडणी Three dimensional arrangement. संयुगातील अणूंची अवकाशात (वेगवेगळया प्रतलांत) आली असलेली रचना. दंडगोलाकार-Cylindrical. दंडगोल आकाराचे.

दाब-यंत्र—Press; Hydraulic press. साच्यांवर दाब देण्याची योजना असलेलें यंत्र, याचे कार्य द्रवांच्या गुणधर्मावर आधारलेले असते.

द्रावण, विद्राव-Solution. विद्रावकात पदार्थ विरघळविला म्हणजे मिळाणारे मिश्रण.

द्विबंध—Double bond. दोन अणू एकमेकास दोन संयुजावंधांनी जोडले गेले म्हणजे त्यामध्ये द्विबंध आहे, असे म्हणतात.

धनायन-Anion. विद्युत-विच्छेदनात धन विद्युत अग्राकडे जाणारे आयन.

निमज्जन-Dipping. रबर-चिकात वस्तूचा आकार बुडवून काढून वस्तू बनविण्याची पद्धत.

नयमनकारक-Modifier. वहुवारिक इष्ट तऱ्हेचे व्हावे या इष्टीने नियंत्रण करणारे.

प्रक्रिया-Process. ठरावीक क्रमाने करावयाच्या क्रियांचा समुदाय.

पटल-बाणीकारक Film evaporator. पातळ थराच्या रूपात द्रवाची वाफ करण्याचे उपकरण.

प्रतल-Plane. द्या पृष्ठावरील कोणतेही दोन बिंदू जोडणारी सरल रेषा

सर्वस्वी त्या पृष्ठावरच राहते असे पृष्ठ.

प्रत्यास्थता, पहा स्थितिस्थापकता. प्रवेगक-Accelerator. घहलकनीकरण त्वरेने घडविणारे.

प्रक्षेपक-Agitator. दबळणारे. पायस-Emulsion. एका द्रवात दुसऱ्या द्रवाचे सूक्ष्म बिंदू तरंगत आहेत असे मिश्रण.

पायसीकारक-Emulsifying agent— पायस वनण्यास सहाय्य करणार पदार्थ.

पायस-रंग-Emulsion paint. पायस रूपात असलेला, वस्तूस लावण्याचा रंग.

पार्श्वबंध-Cross link. एकमेकाशेजारचया रेणूना जोडणारा दुवा.

पार्श्वबंधन-Cross linking. पार्श्वबंधाने जोडले जाणे.

पार्श्वशाखा-Side chain. रेणूच्या मोठ्या भागाला जोडून असलेली कार्बन-साखळी.

प्रारंभकारक-Initiator. सुरुवात करणारे.

pH मान, पीएच मान, pH value. अम्लता किंवा अल्कली दर्शक अंक. ७ पेक्षा कमी अंक अम्लता व ७ पेक्षा जास्त अंक अल्कली दर्शवितो.

पुंज-बहुवारिकीकरण-Bulk polymerisation. मोठ्या प्रमाणात पदार्थ एकत्र करून बहुवारिकीकरण घडविण्याची प्रक्रिया.

पुनः प्रापण-Reclaiming. पुनः परत मिळविणे.

पुनः प्रापित Reclaimed. पुनः प्रापणाने मिळविलेले.

पुनर्रचना-Rearrangement. रचनेत बदल घडणे.

पेट्रोलियम ईथर-Petroleum ether. खनिज तेलाच्या ऊर्ध्वपातनात मिळारा एक विद्रोहक द्रव पदार्थ.

बहिःसारण-Extrusion. दाब देऊन इट आकाराच्या काठछेदामधून पदार्थ घालवून त्याठा काठछेदाच्या आकाराच्या वस्तूचे रूप देण्याची प्रक्रिया.

बहुवारिकीकरण - Polymerisation. त्याच त्याच अणुसमुच्चयाची पुनरावृत्ती करून मोठा रेणू असलेले संयुग बनविण्याची प्रक्रिया.

वाष्प-प्रक्रिया-Vapour cure. स्लफर मॉनोक्लोरोइडच्या वाफेत रवरी वस्तू ठेवून व्हल्कनीकरण घडविण्याची पद्धत.

ब्युटाडीन-Butadiene. दोन एकांतरित द्विबंध असलेले चार कार्बनी संयुग.

$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$
बेंझीन-Benzene. ऑरोमेटिक वर्गाचे एक कार्बनी संयुग; C_6H_6 .

ब्रोमीन-Bromine. Br. एक विक्रियाशील मल्द्रव्य.

भंजक ऊर्ध्वपातन Destructive distillation. पदार्थाचे विघटन होईल हतके उच्च तापमान वापरून बंद

पाशात घालून तापविणे व निर्माण झालेले पदार्थ वेगळे करणे.

मिथेनॉल - Methanol. CH_3OH अल्कोहॉल वर्गाचे एक संयुग.

मिथिल गट Methyl group. CH_3 हा अणुसमुच्चय.

मुखाग्र-Month piece, die. उपकरणाच्या टोकाशी असलेला भाग. मूलद्रव्य Element. स्वयंभू व सर्वात साधी घटना असलेले द्रव्य.

मोठ्या खपाची Large tonnage विपुल मागाणी असलेली.

यटच्या-Random. योगायोगाने; कोणत्याही नियमानुसार न झालेले.

रासायनिक संरचना-Chemical constitution. संयुगातील अणु एकमेकांस ज्या तप्हेने ज्ओडले मेले आहेत, ती तप्हा व ती दाखविणारे सूत्र.

रेडॉक्स उत्प्रेरक-Redox catalyst. हे उत्प्रेरकाचे मिश्रण असून त्यातील एक ऑक्सिडीभवन होणारे व दुसरे क्षपण होणारे असते, त्यावरून हे नाव.

रेणू-Molecule. पदार्थाचा स्वतंत्र अस्तित्व असलेला सर्वात सूक्ष्म कण.

रेणूभार-Molecular weight. संयुगाचा रेणू हायड्रोजन अणुच्या कितीपट जड आहे ते दाखविणारा अंक.

रेणूसूत्र-Molecular formula. रेणूमध्ये कोणते व किती अणू आहेत हे दर्शविणारे सूत्र.

लवण-पहा धार.

लाइफ जॉकेट—Life jacket, पाण्यात पडल्यास संकटकाळी तरंगत राहता याचे यासाठी वापरावयाचा हवा भरून हलका केलेला कोट.

बलयी—Cyclic, cyclo. कार्बन अणुंच्या साथवळ्यांची टोके जोडली गेल्याने होणारी रचना.

बायु-अभिशातक — Gas detector. विशिष्ट बायूची उपस्थिती ओळखणारे व सूचना देणारे उपकरण.

बाहक पट्टा—Conveyer belt. सामान-सुमान, कच्चा माल, इत्यादीची बाह-त्रूक करण्यासाठी वापरण्याचा गति-मान पट्टा.

वॉशर — Washer पहा गारकेट.

बहलकनीकरण Vulcanization. गंधक (किंवा अन्य पदार्थ) वापरून रबर टिकाऊ करण्याची प्रक्रिया.

विक्रिया — Chemical reaction. रासायनिक परिणाम.

वितल—विंदू — Melting point. घन-पदार्थ तापविला असता ज्या ताप-मानाला द्रवरूप घनतो ते तापमान.

विक्रियाशील — Reactive. विक्रिया घडण्यास किंवा घडविण्यास उत्सुक असलेले.

विक्रियांतक—Short stopper. विक्रिया थांबविणारे.

विद्रावक — Solvent. पदार्थ विरघळ-विण्यासाठी वापरलेले द्रव.

विपक्ष—Trans. द्विवंधयुक्त कार्बनी संयु-गत एकाच प्रकारचे अणु किंवा

अणुगट द्विवंधाच्या प्रतलाच्या वेग-वेगळ्या बाजूला असतात तेव्हा त्या मांडणीला विपक्ष म्हणतात.

विश्लेषण—Analysis. पदार्थाची घटक द्रव्ये वेगळी करणे.

विपारी बायूसंरक्षण — मुखवटा—Gas mask.

विशेषोपयोगी—Special purpose. विशेष कामासाठी उपयोगी पडणारे.

विसर्जन—Dissipation, काढून ठाकणे. व्ही वेलट—V belt. चालक पट्ट्याचा एक प्रकार. याचा छेद V या अक्षरा-सारखा असतो.

शीतोपचार—Cold cure, कमी ताप-मानास बहलकनीकरण घडविण्याची एक कृती.

इथानता—Viscosity. दाटपणा.

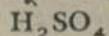
संघनन—Condensation. रासायनिक विक्रियेने पाणी, अमोनिया ह. सारखे साधे रेणू घनून बाहेर पडणे व नवीन पदार्थ निर्माण होणे.

सक्रियीकारक — Activator. क्रिया करण्यास प्रवृत्त करणारे.

समपक्ष—Cis. द्विवंधयुक्त कार्बनी संयुगा-तील एकाच प्रकारचे अणु अथवा अणुगट द्विवंध प्रतलाच्या एकाच बाजूला असलेली मांडणी.

समावेशन—Addition. सामावून घेण. सल्फर मॉनोक्लोरोइड — Sulphur monochloride, S_2Cl_2 . गंधक व क्लोरीनयुक्त संयोग.

सल्फुरिक अम्ल—Sulphuric acid.



सहबहुवारिकीकरण — Copolymerisation. एकापेक्षा अधिक प्रकारच्या एकवारिकांचे एकत्र बहुवारिकीकरण.

संधारक—Suspending agent. घनपदार्थाचे सुखम कण द्रवात तरंगत राहाण्यास सहाय्य करणारा पदार्थ.

संयुजा—बंध—Valency bond. अणु परस्पराना जोडले जाण्यासाठी उपयोगी पडणारी प्रेरणा.

संरचना—Constitution संयुगातील अणु एकमेकास जोडण्याची तंज्ञा.

संश्लेषित — Synthetic. रासायनिक कृतीनी मानवाने बनविलेले.

संहत—विद्राव—Concentrated solution. विद्राव्य पदार्थाचे प्रमाण मोठे असलेला विद्राव.

स्फटिकक — Crystallite. बहुवारिकांच्या रेणूचे काही भाग सुमारात होऊन बनलेला भाग.

साखळणे—Coagulation. द्रवात तरंगत असलेले कण अथवा विंदू एकत्र होऊन वेगळे होणे.

सामान्योपयोगी (रबर) — General purpose (rubber). टायर वर्गी सामान्य वस्तू बनविण्यास योग्य (रबर)

स्थितिस्थापकता—Elasticity, ताणल्यास अथवा दाबल्यास आकार बदलण्याचा व ताण किंवा दाब नाहीसा केल्यावर त्वरित पूर्ववत होण्याचा गुण. स्थाग्नित्व, प्रत्यास्थता.

हॉलाइड—Halide. हॉलोजनाचे संयुग.

हॉलोजन—Halogen. फ्लूओरिन, क्लोरिन, ब्रोमीन व आयोडिन या मूलद्रव्यांच्या गटापैकी कोणतेही मूलद्रव्य.

हॉलोजन—निरास De-halogenation संयुगामधून हॉलोजन अणु काढून टाकण्याची किया.

हायड्रोकार्बन—Hydrocarbon. कार्बन व हायड्रोजन याचे बनलेले संयुग.

हायड्रोक्लोरिक अम्ल Hydrochloric acid; HCl हायड्रोजन व क्लोरीन-युक्त एक अम्ल.

क्षण—Reduction. हायड्रोजनाची भर घालणे, अथवा ऑक्सिजन काढून घेणे या किया

क्षरणकारी—Corrosive. पदार्थाचा किंवा धातूचा विनाश करणारे,

क्षार—Salt, लवण. अम्ल व अल्कांच्या रासायनिक संयोगाने बनणारे संयुग, उदा. मीठ.

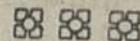
पारिभाषिक शब्दसूची

इंग्रजी-मराठी

Abrasive resistance-चर्षण-रोध.	Cis-समपक्ष.
Accelerator-प्रवेगक.	Coagulate-साखळणे, साखळविणे.
Acid-अम्ल.	Cold cure-शीतोष्पचार.
Addition-समावेशन.	Complex-जटिल.
Activator-सक्रियीकारक.	Composition-घटना.
Adhesive-आसंजक.	Concentrated-संहत, दाट.
Alkyl group-अल्किल गट.	Condensation-संघनन.
Amorphous-अस्फटिकी.	Conditioner-अनुकूलक.
Analysis-विश्लेषण.	Cenjugated double bond- एकांतरित द्विबंध.
Anion-धनायन.	Constitution-संरचना.
Antioxidant ऑक्सिजन-प्रतिरोधक.	Continuous-अखंड.
Atom-अणू.	Contrivance-कल्पना.
Antiozonant ओजोन-प्रतिरोधक.	Conveyer belt-वाहतूक पट्टा.
Batch (process)-खंडित (प्रक्रिया)	Copolymerisation-सह-बहुवा- रिकीकरण.
Bulk polymerisation-पुऱ्य-बहु- वारिकीकरण.	Corrosive-क्षरणकारी.
Catalyst-उत्प्रेरक.	Cross link-पाइर्वबंध.
Cation-ऋणायन.	Cross linking-पाइर्वबंधन.
Chemical constitution-रासाय- निक संरचना.	Crystallite-स्फटिकक.
Chlorinated hydrocarbon- क्लोरिनीकृत हायड्रोकार्बन.	Cyclic-वलयी.
Chlorination-क्लोरिनीकरण.	Cylindrical-दंडगोलाकार.
	Dehalogenation-हॉलोजन-निरास.

Density-घनता.	Methyl group-मिथिल गट.
Dipping-निमज्जन.	Modifier-नियमनकारक.
Dissipation-विसर्जन.	Molecule-रेणु.
Destructive distillation - भंजक उद्दर्पणतन.	Molecular formula-रेणुसूत्र.
Double bond-द्विबंध.	Molecular weight-रेणुभार.
Elasticity-स्थितिस्थापकता, प्रत्यास्थता, स्वाग्रहित्वा.	Monomer-एकवारिक.
Element-मूलद्रव्य.	Month piece; die-मुखाग्र.
Emulsifying agent, Emulsifier- पायसीकारक.	Negative charge-ऋण विद्युतभार.
Emulsion-पायस.	Neutralisation-उदासिनीकरण.
Excavation-उत्खनन.	Non-crystalline-अस्फटिकी.
Extrusion-बहिःसारण.	Oil extended-तैलभरित.
Gas detector वायु-अभिज्ञातक.	Oil extension-तैलभरण.
Gasket-गार्सेट.	Organic persulphate - कार्बनी परसल्फेट.
General purpose (rubber)- सामान्योपयोगी (रबर).	Patent-एकस्व.
Hydraulic press-दाबयंत्र.	pH value, pH-मान.
Hydrochloric acid-हायड्रोक्लोरिक अम्ल.	Plane-प्रतल, पातळी.
Infra-red-उपारण.	Plasticity-ज्वाकार्यता.
Initiator-प्रारंभकारक.	Platen-ताढी.
Injection (molding)- अंतःक्षेपण (साचेकाम).	Polymer-बहुवारिक.
Inorganic-अकार्बनी. खनिज.	Polymerisation-बहुवारिकीकरण.
Ketone-कीटोन.	Press-दाबयंत्र.
Life jacket-लाईफ जॉकेट.	Process-प्रक्रिया.
Magnetic separator - चुंबकीय पृथक्कारी.	Random-यहच्छ; यहच्छथा.
Mastication-तिंबणे.	Reaction-विक्रिया.
Melting point-वित्त-विंदू.	Reactive-विक्रियाशील.
	Reclaimed-पुनःप्राप्ति.
	Reclaiming-पुनःप्राप्ति.
	Redox catalyst-रेडॉक्स उत्प्रेरक.
	Reduction-क्षयण.
	Salt-क्षार. लवण.
	Short stopper-विक्रियांतक.

Side chain-पार्श्वशाखा.	Three dimensional arrangement-त्रिमितीय मांडणी.
Solvent-विद्रावक	Trans-विपक्ष.
Special purpose-विशेषोपयोगी.	Transmission belt-चालक पट्टा.
Specification - गुणधर्म पत्रक	Treads-खब्ले.
Solution-द्रावण, विद्राव	Ultra-violet-जंतुपार.
Stereoregular-त्रिमिति-नियमित	Unit-एकक.
Stereospecific-त्रिमिति-विशिष्ट.	Unsaturated-असंतृप्त.
Sulphuric acid-सल्फ्यूरिक अम्ल.	Valance bond-संयुजा-बंध.
Suspending agent-संधारक.	V Belt-वही पट्टा.
Synthetic-संशोधित.	Vapour cure-बाष्प-ग्रंथिया.
Tarpauline-ताडपत्री.	Vulcanisation-वहलकनीकरण.
Tensile strength-ताणबल.	Waterproof-जलरोधक, जलाभेद.
Thermoplastic-ऊष्मामृदू.	



परिशिष्ट : ४

सामान्य सूची

(व्यक्तिगता उल्लेखात आडनाव प्रथम घेतले आहे.)

- व्यष्टिके; ४०, ४४
- अमेरिकन सोसायटी फॉर एंस्टिग मटी-
रियल्स; ३६
- बैंबट डब्ल्यू.; ३०
- आयसोप्रिन; ६२, ६३, ८०, ८२, ८३
- आयसोप्रिन, समपक्ष एकक; ६८
- आयसोप्रिन, विक्ष एकक; ६८
- आर्किटक रबर; १७
- ऑइल एकस्टेंडेड नॅचरल रबर; १७
- ऑक्सिजन-प्रतिरोधक; ४०, ४२, ७२,
९२, ९३
- ऑक्सिडीकृत रबर; ६१
- ऑन्स्ट्यागर जॉर्ज; ३४
- ऑल इंडिया रबर इंडस्ट्रीज ऑसोसिएशन;
१९
- इस्टेट ब्राउन क्रौप; १७
- इंटर्नल मिक्सर; ४५
- इंडिया रबर; १०
- इंडियन रबर मॅन्युफॅक्चरर्स रिसर्च
ऑसोसिएशन; २०
- उत्प्रेरक; ९०, ९१
- उण एसबीआर; ८५
- उमामृदू एसबीआर; ९७
- उमामृदू रबरे; ८७, १०१
- एकवारिक; ७०
- एथिलीन-प्रॉपिलीन रबर; ८६
- एबोनाइट; ३०
- एसबीआर; ९९
- एसबीआर तैलभरित; ९०
- एस्पी रबर; १७
- ओझोन-प्रतिरोधक; ४०, ४२, ७२
- ओझोन-विक्रिया; ६६
- ओझोनाइड; ६६
- अंतःक्षेपण; ५१
- अंतिम ताणबल; ५९, ७३, ७४
- अंतिम प्रतिशत लौबीवाढ; ७३, ७४
- कच्चे संश्लेषित रबर; २०;
- कठीण रबर; ३०
- क्लॉइड मिल; ४७
- कॉलेंडर यंत्राने तक्का; ४७
- कॉलेंडर यंत्राने रबर-विलेपन; ४८
- काउचुक; २२
- कार्बन, संयुजावंधांची अवकाशात
माणणी; ६८
- कॉन्स्टांट विहस्कॉसिटी रबर; १७
- कॉलिन्स जेम्स; ३२
- कौपाउंडिंग; ४०
- कृत्रिम रबरे; ७९
- कैंडेल एफ; ९५

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------|
| कॉस रॉबर्ट; ३२ | दाब-यंत्र; ५१ |
| क्लोरिनीकृत रवर; ६१ | नाहा जी.; ८५ |
| क्लोरोप्रिन; ९४ | निमज्जन; ५२ |
| २-क्लोरोब्युटाडीन; ८३ | निमज्जन पद्धत; ३५ |
| कौदामीन चार्ल्स मारी द ला; २३ | नियोप्रिन; ८३, ९५ |
| गटापर्चांचा रेण; ६९ | पर्किन जॉन; १७ |
| गुडइयर चार्ल्स; २८, २९ | पेरिस अँकेडमी; २२ |
| ग्रॉसटर्सी.; २३ | पॉलिटेक्स; १६ |
| गुणधर्मपत्रके; ३६ | पॉलिक्लोरोप्रिन; ८३, ९४, ९५ |
| ग्वायूल; १९ | पॉलिब्युटाडिन; ८७, ८८ |
| घन रवर; १६ | पॉलिब्युटाडिन रवर; १३ |
| चॉफि एडविन; २६ | पॉलियुरेथेन रवरे; ५६, ९७ |
| चिकाचे घटक; १४ | पॉलिसल्फाइड रवरे; ८३, ९३ |
| जीआरएस; ३६ | पॉलिस्टायरीन; ८७, ८८ |
| जॉनसन डब्ल्यू.; १५ | प्रॉपिलीन; ८६, ९३ |
| टायरची उभारणी; ५३, ५४ | १, ३-पेटाडीन; ८० |
| टॉमसन आर. डब्ल्यू.; ३१ | प्रत्यास्थता; ३९ |
| टिकाऊ चीक; १४, १५ | प्रत्यास्थवारिके; १८ |
| टोरकवेमाडा ज्यूब्हॉन डी.; २२ | प्रबलके; ४०, ४२ |
| डनलॉप जॉन बॉइड; ३१ | प्रवेगके; ३५, ४०, ४१ |
| २, ३- डायमिथिल १, ३ - ब्यूटाडीन; | प्रसरण-आकुंचन, |
| | (तापमान वाढ); ७६ |
| तापबल; ४१ | प्रारंभकारक; ९०, ९१ |
| तैलभरण; ९० | प्रीस्टले जोसेफ; १० |
| तैलभरित थंड एस्बीआर; ९० | पायसीकारक; ४७, ९० |
| चिमिति-विशिष्ट रवर; ९२ | पार्कस अँलेक्झॅंडर; ३० |
| त्सीगलर कालं; ८५ | पाहल डब्ल्यू.; ३३ |
| त्सीगलर-नाहा उत्प्रेरके; ८५ | पिकल यंत्र; २४, २५ |
| थंड एस्बीआर; ८५, ९० | पील सेम्युएल; २३ |
| थायोकोल ए; १४ | पुनःप्रापण; ७७ |
| थायोलास्ट; ८३ | पुनः प्रापण रसायने; ७७ |
| द्रवरूप रवर; ६० | |

- पुनः प्राप्ति रबर; ३१, ३८, ४४, ७६,
७७
प्लॉस्टिकीकारके; ४०
प्लायोफिल्म; ६१
फॉकिट्स; ४३
फॉरडे; ६१
फुंटुभिया इलेंस्टिका; ३२
फ्रेसन्यू फैक्टोइस; २२
फुओरी रबरे; ९५
बहिःसारण; ४९
बहुवारीकीकरण; ७०
„ संघनन, ८३, ८९, ९७
„ समावेशन, ८९
„ पायस, ८९
„ पुंज, ८९
„ विद्राव, ८९
बैनबरी मश्रण-यंत्र; ४५, ४६
बॉल मिल; ४५
ब्युटाडीन; ७९, ^१८२, ८३, ९१, ९२,
९४, ९६
ब्युटाडीन-ऑक्लोनायट्राइल रबर; ८२,
९३
ब्युटिल रबर; ४३, ४४, १०१
ब्युना एन्; ८२
ब्युना एस्; ८२, ४४
ब्युना रबरे; ८२
ब्लैकेट क्रेप; १७
बैंक्सॉइल पेरॉक्साइड; ८२
भर घालण्याचे पदार्थ; ४०, ४४
भारताचे रबर-मले; १८
भारतीय उत्पादन (रबर); १८
भारतीय रबर उद्योग; ३६
भंजक ऊर्ध्वपातन; ८०
भौतिक गुणधर्म; ५९
महाराष्ट्रात रबर लागवडी; २०
मॅक्टिंश चार्ल्स; २५
मॅक्यूर पी. जे.; २३
मृदुकारके; ४०, ४३
मंदायके; ४०, ४२
मिचेलिन आंद्रे; ३१
मिचेलिन एडयुअड; ३१
मिथिल रबर; ३५, ८१
मिश्रण यंत्र; २७, ४५
मोठ एस्. सी.; ३३
रचना करून वस्तू; ५३
रबर, उत्पादक प्रदेश; ११
रबर, उद्योगात शास्त्रीय शान; ७२
रबर, ओझोनाइड; ६०
रबर, चीक देणारी झाडे; ९
रबर, जागतिक उत्पादन; १८
रबर, भारतीय उत्पादन; १८
रबर, प्रशिक्षणाच्या सोयी; १९
रबर, फेस; ३५
रबर, बोर्ड; १९
रबर, मले; १८
रबर, यंत्रसामग्री; ३७
रबर, रसायने; ३७
रबर, रेणू सहजावस्था; ७०
रबर, लागवडी; १२
रबर, विलेपन; ४८, ४९
रबर, विश्वान; ५८
रबर, संरचना; ६२, ६३
रबर, हार्ड फाइन पैरा; १०
रबर हायड्रोक्लोराइड; ६१

रबरी धागा; ५७
 रॉक्सबरी कंपनी; २६, २७, २८
 रिट्रोडिंग; ३७
 रिडले एच. एन.; १२
 रिछ्ड स्मोक्ह शीट; १७
 रुठानी दावून वस्तु वनविणे; ४७
 लवचीक साचे; ६०
 लॅंडोलिफ्या; ३२
 लांबीवाढीचा मापांक; ७४
 लेब्हयुलिनिक आलिड्हाइड; ६०, ६७
 वर्णदायक; ४०, ४४
 वस्तूचे अपेक्षित गुण; ३९, ४०
 वॉलेस टॉमस; २६
 विक्रैम हेनरी; ३२, ३३
 विक्रिया-नियमनकारक; ९०, ९१
 विक्रियांतक; ९०
 विद्युत्-प्रवाहरोध; ३९
 विल्यम्स जी.; ८०
 विशेषोपयोगी रबरे; ७९
 विस्तारित रबर; ५६
 वेलच सी. के.; ३१
 वॉलेस टॉमस; २६
 व्हल्कनाइट; ३०
 व्हल्कनीकरण; १६, २९, ३३, ३४,
 ३९, ४०, ४१, ५७, ७०, ७१,
 १००, १०१
 व्हल्कनीकरण, थंड; ३०
 व्हल्कनीकरण-प्रवेगके; ३५
 व्हल्कनीकारके; ४०
 विहटॉन; ९५
 विहस्कॉसिटि स्टॉबिलाइज्ड रबर; १७

विहनिलिडीन फ्लुओराइड; ९५
 शीतोपचार; ३०
 स्क्रियीकारके; ४०, ४२
 सचिद्धरबर; ३५, ५६
 साचेकाम; ५०
 संकीर्ण पदार्थ; ४०, ४४
 संश्लेषित रबर; १, ७, ८, २०, २१, ३५,
 ३६, ७९, १०२
 „ कारखाना; ११
 „ नैसर्जिक; ८, ७९, ८५
 „ भारतीय उत्पादन; २०
 „ चीक; ९९
 संहतचीक; १५, १६, ३५
 स्टॅंडर्ड रिव्हटेंक्स; १५
 स्टायरीन; ७९, ८२, ८३, ९१, ९२, ९६,
 स्टायरीन ब्युटाडीन रबर; ९१
 स्थिर स्थानता रबर; १७
 स्पंज रबर; ५६
 स्प्रूस रिचर्ड; ३२
 सामान्योपयोगी रबरे; ७९, १००
 सिलिकोन रबरे; ९६
 सुपीरियर प्रोसेसिंग रबर; १७
 हॅनकॉक टॉमस; २३; २९
 हायपॅलॉन; ९८
 हार्ड रबर; ३०, ७२
 हाइड्रोरिंग सी.; ३३
 हैवे; २६, २७
 हेरिसाँ एल. ए. पी.; २३
 हेविया कंब; १७
 हेविया ब्राइलिएन्सिस; ९, १०, ३२
 होफमान फॉन; ८०

शुद्धिपत्र

पृष्ठ	ओळ	अशुद्ध	शुद्ध
३	खालून १३	बॉस्केट	बास्केट
४	" १४	सधनात	साधनात
८	वरून ११	संश्लेषित	संश्लेषित
१३	" २	व्यासाचा	व्यराचा
१५	" १५, १६	किरणोत्सारक	केंद्रोत्सारक
१६	" ३	लव	लवणे
१७	" ११	क्रॅब	क्रॅब
२३	खालून १	प्रयत्न, करून पाहिले	प्रयत्न करून पाहिले
२३	" ११	ग्रॉस्ट	ग्रॉस्ट
२६	" २	रॉकर वरी	रॉक्सवरी
२७	वरून ११	टपटाइन	टपैटाइन
२७	खालून ६	ठिकू टाकली	ठिकू शकली
२९	वरून १२	तिचे महत्व	त्याचे महत्व
२९	खालून २	पदाथ	पदार्थ
४०	" १४	सक्रियकारके	सक्रियीकारके
४१	वरून १५	प्रवेशकामुळे	प्रवेशकामुळे
४२	" १	ग्नानिडीन	ग्वानिडीन
४२	" ४	सक्रियकारके	सक्रियीकारके
४३	खालून १	विसलण्याची	मिसलण्याची
४४	" ३	बनवरी	बॅनवरी
४७	वरून १	पायसकारक	पायसीकारक
४९	" १	संख्या	संख्या
५६	खालून ६	१३० से.	१३० से.
६१	" ७	३०,००,०००	३०,००,००
८०	वरून ६	आणि काळाने	आणि काही काळाने
८६	खालून ६	प्रारभकारक	प्रारंभकारक
१०८	वरून ४	यथे	येथे
११२	आकृती १३ मधील	r	Br

॥ ॥ ॥

डॉ. गो. रा. केळकर

- ★ शालेय विकास पूना हायस्कूल व न्यू इंगिलिश स्कूल पुणे, येथे.
- ★ फर्म्युसन महाविद्यालयातून बी. एस्सी. (प्रथम श्रेणी) झाल्यावर त्यांनी एम. एस्सी. व पीएच. डी. या पदव्या रसायन-संशोधनाचे प्रबंध सादर करून भिठविल्या.
- ★ काही वर्षे नवरोसजी वाडिया कॉलेजात रसायन-शास्त्र शाखेचे प्रमुख व प्राध्यापक.
- ★ मुंबईतील खटाब मकनजी स्पिनिंग अॅड वीलिंग मिळमध्ये ते काही काळ संशोधनाधिकारी होते.
- ★ पुण्याच्या नेशनल केमिकल लॅबोरेटरीमधून शास्त्रज्ञ म्हणून सेवानिवृत्त झाल्यावर तेथेच गुणशीलवैज्ञानिक (सायंटिस्ट इमेरिटस) म्हणून त्यांनी संशोधन-कार्य केले (१९७०-७५).
- ★ एम. एस्सी. व पी.एच.डी. या पदव्यासाठी ते विद्यापीठाचे संशोधन-मार्गदर्शक होते व अनेक विद्यार्थ्यांनी त्यांच्या मार्गदर्शनाने या पदव्या मिळविल्या. संशोधनावर आधारित सुमारे ५० लेख देशी व परदेशी शास्त्रीय नियतकालिकात प्रसिद्ध.
- ★ सृष्टिज्ञान मासिकाचे माझी संपादक; सृष्टिज्ञान, सकाळ, सध्याद्रि, केसरी, स्वराज्य, उद्यम, विज्ञान-युग इ. नियतकालिकात त्यांचे अनेक सुवोध शास्त्रीय लेख प्रसिद्ध.
- ★ महाराष्ट्र भाषासंचालनालयाच्या रसायनशास्त्र उपसमितीचे पुणे विद्यापीठाचे प्रतिनिधी.
- ★ 'मराठी विश्वकोशा' तील अनेक लेखांचे लेखक व संपादक.
- ★ प्रकाशित पुस्तके –
 Products and Processes (१९५०)
 'रबर,' भाग १ व २ स्वाध्यायमाला पुस्तिका (१९४९ व १९५०)
 'व्यवहारात विज्ञान पहा' महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृती मंडळाच्या अनुदानाने प्रकाशित (१९८१).

2