रबर

नैसर्गिक आणि संश्लेषित

डॉ. गो. रा. केळकर

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृती मंडळ मुंबई

अनुक्रमणिका

रबर हा एक विलक्षण पदार्थ आहे. तो ताणला जातो, दाबला जातो, वाकवावा तसा वाकतो आणि पुनः पूर्ववतही होतो. तो लवकर झिजत नाही, पाण्याने भिजून खराब होत नाही व त्यातून विजेचा प्रवाह वाहत नाही. या व अशाच गुणांमुळे 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. मोटारी व इतर वाहनांच्या टायरट्यूब्जसाठी ते मोठ्या प्रमाणांत वापरले जाते. बूट, चपला, नळ्या, इत्यादी वस्तूही त्यापासून बनवितात. रबराचा पुरवठा मुख्यतः आग्नेय आशियातील प्रदेशात असलेल्या रबर-मळ्यांपासून होतो.

संश्लेषित रबर : मानवी प्रयत्नांनी नैसर्गिक रबराची प्रतिकृती बनविण्याच्या हेतूने केलेल्या परिश्रमांतून अनेक रबर-सदृश पदार्थ अस्तित्वात आले. त्या सर्वांना मिळून संश्लेषित रबरे म्हणतात. त्यांचा प्रसार पहिल्या महायुद्धापासून सुरू झाला. त्यांचे विविध प्रकार आहेत. काहींचे गुणधर्म नैसर्गिक रबरासारखे आहेत तर काहींच्या अंगी नैसर्गिक रबरात नसलेलेही उपयुक्त गुणधर्म आहेत. त्यामुळे ही रबरे नैसर्गिक रबराला पर्याय म्हणून तसेच पूरक म्हणून उपयोगी पडतात. नैसर्गिक रबराची प्रतिकृतीही कारखान्यात बनविता येते. दुसऱ्या महायुद्धात संश्लेषित रबरांनी महत्त्वाची कामगिरी बजावली.

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

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

अनुक्रमणिका

रबर

नैसर्गिक व संश्लेषित

: लेखक :
डॉ. गो. रा. केळकर
एम्. एस्सी., पीएच. डी.

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृती मंडळ, मुंबई
१९८५

अनुक्रमणिका

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

प्रकाशक :
सू. द्वा. देशमुख
सचिव, महाराष्ट्र राज्य साहित्य
संस्कृती मंडळ, मंत्रालय, मुंबई ३२.

© प्रकाशकाधीन

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

मूल्य : रु. १८-५०

अनुक्रमणिका

जानकी - राम
यांच्या प्रेमळ स्मृतीस

अनुक्रमणिका

निवेदन

रबर म्हणजे एका विशिष्ट झाडाचा चीक. पण या यंत्रयुगातील औद्योगिक विकासाच्या प्रक्रियेत या चिकापासून होणाऱ्या पदार्थांचे अनन्य असे स्थान आहे. रबरावाचून मोटारी, सायकली, विमाने इत्यादिकांना आवश्यक असलेले टायर-ट्यूब्स तर झाले नसतेच, पण लहानमोठ्या यंत्रात लागणाऱ्या अनेक लहान गोष्टीपण रबराशिवाय होत नाहीत. त्यामुळे मानवसमाजाची एकंदर प्रगतीच रबराशी निगडित झाली आहे. काही 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 सुरू आहेत. या पार्श्वभूमीवर सामान्य माणसाला रबराची ओळख करून देईल असे सोप्या भाषेत 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.

पुणे,

१ मे, १९८५

अनुक्रमणिका

प्रस्तावना

आजकाल प्रत्येक नागरिकाचा कोणत्या ना कोणत्या कारणाने रबराशी दररोज संबंध येतो. सायकलीचे, मोटारगाडीचे, ट्रॅक्टरचे टायर, बुटांचे तळ, बैठकीच्या गाद्या, टेनिसचे चेंडू, खोडरबर, शिक्के, बाहुल्या, फुगे इत्यादी वस्तू घरगुती व इतर यंत्रसामग्रीतील कित्येक भाग यांच्या रूपाने रबराने 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 हाच हे पुस्तक लिहिण्यात माझा हेतू आहे.

रबर एका झाडाच्या चिकापासून मिळते हे बहुतेकांस माहीत आहे. हे झाड मूळचे दक्षिण अमेरिकेतील जंगलात वाढणारे. तेथील आदिवासी याच्या चिकाचे चेंडू खेळण्यासाठी वापरीत हे प्रथम १५ व्या शतकात कोलंबसाने पाहिले व तेव्हापासून ते यूरपला परिचित झाले. तथापि रबराच्या वस्तू बनविण्याचा उद्योग सुरू होण्यास १९ वे शतक उजाडावे लागले. प्रथम कारखान्यांना रबराचा पुरवठा जंगलातील झाडांपासून होत असे, पण नंतर त्यांच्या लागवडी करण्यात आल्या.

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

रबरसदृश पदार्थ बनविण्याची विद्या मनुष्यास सहजासहजी प्राप्त झाली नाही. प्रथम त्याला नैसर्गिक रबराच्या सूक्ष्मातिसूक्ष्म कणात (रेणूत) कोणती मूलद्रव्ये आहेत व ती एकमेकांस कशा तऱ्हेने जोडली गेली असल्याने रबराला उपयुक्त गुणधर्म आले आहेत हे शोधून काढावे लागले. कार्बन या मूलद्रव्याचे अनेक अणू एकमेकांस, विशिष्ट पद्धतीने जोडले जाऊन दुव्यांपासून जशी एखादी साखळी बनते तशा तऱ्हेने झालेल्या लांबच लांब साखळीसारखा रबराचा रेणू आहे हे कळून आल्यावर शास्त्रज्ञांनी 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 आखल्या. त्यांनी साखळीचे दुवे म्हणून वापरण्यासाठी नैसर्गिक रबराच्या रेणूत नसलेले पण त्यांच्याशी साम्य असलेले दुवे बनविले व त्यांच्या साखळ्या बनवून पाहिल्या. तेव्हा त्यांना दिसून आले की अशा कित्येक साखळ्यांच्या अंगी रबराचे सर्वच्या सर्व उपयुक्त गुण नसले तरी काही गुण असतात. इतकेच नव्हे तर काहींच्या अंगी नैसर्गिक रबरात नसलेले बहुमोल गुण सुद्धा असतात! उदा. खनिज तेले, रसायने, उच्च तापमान, ओझोन वायू यानी नैसर्गिक रबराची वस्तू लवकर निकामी बनते. पण काही संश्लेषित रबर-प्रकार त्यांच्याही सान्निध्यात दीर्घकाळ टिकतात. आधुनिक यंत्रसामग्रीतील रबरी भागांना अशा परिस्थितीला तोंड देणे अपरिहार्य असते त्यामुळे संश्लेषित रबरे अशा ठिकाणी नैसर्गिक रबरापेक्षा श्रेष्ठ ठरतात.

अनुक्रमणिका

नैसर्गिक रबराच्या ऐवजी वापरता येतील असेही काही रबर-प्रकार उपलब्ध झाले आहेत. त्यांपैकी जीआरएस् हा एक रबर-प्रकारच दुसऱ्या महायुद्धाच्या वेळी, जपानने जेव्हा नैसर्गिक रबर-उत्पादक प्रदेशावर ताबा मिळविला त्या वेळी, आपल्या मदतीला धावला. एकंदरीत संश्लेषित रबरांच्या रूपाने बहुमोल गुणधर्माची अनेक अभिनव द्रव्ये मानवास प्राप्त झाली आहेत व भविष्यकाळात नैसर्गिक व संश्लेषित दोन्ही प्रकारची रबरे मनुष्याला उपयोगी पडणार आहेत. संश्लेषणाने नैसर्गिक रबराची हुबेहूब प्रतिकृती बनविण्यातही यश आले आहे.

संश्लेषणाने रबर बनविण्याच्या प्रयत्नावर, नैसर्गिक रबराच्या किंमतीत वारंवार होणारे चढउतार, रबर टंचाईमुळे युद्धकाली निर्माण झालेली घोर चिंता, राष्ट्र-रक्षणासाठी आवश्यक असलेल्या या पदार्थाच्या बाबतीत स्वयंपूर्ण होण्याचे काही राष्ट्रांचे धोरण आणि शास्त्रज्ञांचे प्रदीर्घ परिश्रम यांचा परिणाम झालेला आहे.

रबराची कुळकथा चित्तवेधक आणि उद्‌बोधक आहे. तीमध्ये जन्मभर दारिद्र्य भोगून कर्जबाजारी अवस्थेत मरण पावलेल्या चार्लस गुडइयर या संशोधकाची शोकांतिका आहे, शास्त्रीय निष्कर्षांची 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 मांडण्याचा मी यथामति प्रयत्न केला आहे. तो त्यांना आवडेल अशी आशा आहे.

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

रबरांचे उत्पादन आणि रबरी वस्तूंची निर्मिती यांना औद्योगिक क्षेत्रात महत्त्वाचे स्थान आहे. त्या दृष्टीने भारताची परिस्थिती काय आहे याची कल्पना पुस्तकातील माहितीवरून 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 प्रश्नांच्या संदर्भात उपकारक ठरते. त्या दृष्टीने या पुस्तकाचा उपयोग होण्याचा संभव आहे.

रबरविषयक घडामोडींचे क्षेत्र सतत प्रगत होत चालले आहे. त्यामुळे कित्येक बाबींची या पुस्तकात हवी होती अशी माहिती राहून गेली असण्याची शक्यता आहे. परंतु पुस्तकाची मर्यादित पृष्ठसंख्या लक्षात घेऊन मला काही काटछाट करावी लागली आहे हे वाचक लक्षात घेतील अशी आशा आहे.

अनुक्रमणिका

पुस्तक निर्दोष व्हावे या दृष्टीने शक्य ती सर्व काळजी घेतली असली तरी अनवधानाने काही त्रुटी 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 ऋणनिर्देश करणे हे माझे कर्तव्यच आहे.

नॅशनल केमिकल लॅबोरेटरीतील माझे एका वेळचे सहकारी शास्त्रज्ञ डॉ. एन्. डी. घाटगे यांच्याशी मी अनेकदा मजकुराबद्दल चर्चा केली. त्यावेळी त्यांनी मला ज्या सूचना केल्या त्याबद्दल त्यांचे आभार मानावे तितके थोडेच आहेत.

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

ऑल इंडिया रबर इंडस्ट्रीज ॲसोसिएशन, मुंबई, व रबर इन्स्टिट्यूट ऑफ इंडिया कोट्टायम, या संस्थांनी रबर उत्पादनाचे आकडे व इतर माहिती मला पुरविली. या संस्थांच्या संचालकांचे मी त्याबद्दल आभार मानतो.

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

महाराष्ट्र राज्य साहित्य संस्कृती मंडळाचे अध्यक्ष डॉ. सुरेंद्र बारलिंगे आणि सचिव श्री. सू. द्वा. देशमुख, तसेच मंडळाच्या वाङ्मय प्रकल्प विभागाचे मानसेवी संपादक डॉ. वा. ना. कुबेर यांनी पुस्तकाच्या संबंधात जी आस्था दाखविली आणि अनेक अडचणींना तोंड देऊन पुस्तक लवकर प्रसिद्ध व्हावे म्हणून परिश्रम केले त्याबद्दल त्यांचा मी अत्यंत ऋणी आहे.

आनंद मुद्रणालयाचे श्री. दादासाहेब जोशी यांनी पुस्तकाच्या छपाईच्या संबं धात मला बहुमोल सहाय्य केले आहे. त्याबद्दल त्यांना माझे अनेक धन्यवाद.

३३/५, प्रभात रस्ता,
८, वर्षा अपार्टमेंट्स पुणे - ४११००४

- गो. रा. केळकर

अनुक्रमणिका

अनुक्रमणिका

निवेदन ६
प्रस्तावना ७
आधुनिक जग व रबर ११
कच्चे रबर १८
रबराच्या धंद्याचा इतिहास २८
रबराच्या वस्तू कशा बनवितात ? ४१
रबराचे विज्ञान व पुनःप्रापित रबर ५७
संश्लेषित रबरे ७४
भवितव्य........ ९२
काही संदर्भ ग्रंथ ९५
परिशिष्ट : १ रसायनशास्त्राचा थोडक्यात परिचय ९६
परिशिष्ट : २ पारिभाषिक शब्दसूची मराठी- इंग्रजी १०५
परिशिष्ट : ३ पारिभाषिक शब्दसूची इंग्रजी–मराठी........१११
परिशिष्ट : ४ सामान्य सूची ११५

प्रकरण १

आधुनिक जग व रबर

आजच्या नागरिकाला प्रवास, आरोग्य, शिक्षण, करमणूक या क्षेत्रांतच नव्हे तर व्यावसायिक आणि घरगुती जीवनात सुद्धा कितीतरी सुखसोयी उपलब्ध आहेत. या सुखसोयींची साधनेही नाना प्रकारची आहेत. काही लहान, काही मोठी, काही साधीसुधी तर काही गुंतागुंतीच्या रचना असलेली. काही स्वस्त तर काही महागडी. पण असे असले तरी, यांपैकी बऱ्याच 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 संश्लेषित 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 खेड्यातील रस्ता असला, तरी सायकलीचा प्रवास, लोखंडी धावा असलेल्या बैलगाडीच्या प्रवासापेक्षा कितीतरी सुखकर होतो. याचे एक मुख्य कारण सायकलीच्या चाकांना बसविलेल्या हवेने भरलेल्या पोकळ रबरी धावा हे होय. अलीकडे बैलगाड्यांच्या चाकांनाही प्रयोगादाखल रबरी धावा बसविल्या जात आहेत. या सुधारणेने खडखडाट होत नाही. रस्त्याची नासधूस टळते आणि थोड्या श्रमात जास्त मालाची वाहतूक करता येते, असे दिसून आले आहे. मोटार सायकली, मोटारी, बसेस, ट्रॅक्टर यांच्याही चाकांना रबरी धावा लागतातच. त्याशिवाय त्यांच्या यांत्रिक योजनांमध्ये सुद्धा कित्येक ठिकाणी रबर वापरलेले असते. नळ्या म्हणून, विजेच्या तारांवरील आवरण म्हणून, वॉशर किंवा गास्केट म्हणून अथवा एका फिरत्या चाकाच्या योगाने दुसरे चाक फिरते करण्यासाठी पट्टा (चालक पट्टा) म्हणून रबर उपयोगात आणलेले असते. अशा प्रवासी वाहनात बसून तासन् तास प्रवास केला, तरी शीण होत नाही. याचे एक कारण त्यांच्या मऊ व आरामशीर बैठकी हेही आहे. त्यामध्ये कापूस किंवा काथ्या भरलेला नसतो; त्या सच्छिद्र रबराच्या (फोम) बनविलेल्या असतात.

गादीत कापूस किंवा काथ्या असला तर, गादी काही दिवस वापरल्यावर तो सर्वत्र सारख्या प्रमाणात रहात नाही. जागजागी जमा होतो आणि लवकरच गादी गाठळ-गुठळ व टणक होते. सच्छिद्र रबराच्या गाद्यांचे तसे नाही. त्या दीर्घकाळ जशाच्या तशा मऊ राहतात.

आगगाडीच्या यंत्रसामगीत ब्रेकांकरिता लागणाऱ्या नळ्या, पंख्याच्या बैठकी, खिडक्यांची टेकणे इ. कित्येक ठिकाणी रबर वापरलेले असते.

विमानांच्या यंत्रांमध्ये सुद्धा, नियंत्रण करण्याच्या योजनांचे दांडे, मुठी व चक्रे यांमध्ये रबराचा उपयोग करावा लागतो. विमानाच्या तळभागी अंथरलेली बिछायत आणि संकटकाळी जीव बचावण्यासाठी वापरावयाचे ‘लाइफ जॅकेट’ यामध्येही रबर वापरलेले असते.

अनुक्रमणिका

कारखाने आणि रबर

कारखाना कोणताही असला, तरी त्यात थोडीफार यंत्रसामग्री असतेच. यांत्रिक योजनांमध्ये चाकांना गती पोचविण्यासाठी लागणारे चालक पट्टे वापरावे लागतात. कार्यक्षम आणि सोयिस्कर म्हणून प्रसिद्ध असलेल्या 'व्ही बेल्ट' नावाच्या अशा अखंड पट्ट्यांकरिता कितीतरी रबर वापरले जाते. कित्येक ठिकाणी मालाची वाहतूक करण्याकरिता वाहक पट्टे उपयोगी पडतात. त्यांच्या बनावटीत रबर असते. विशेष तऱ्हेचे उत्पादन करणाऱ्या काही कारखान्यात रबरी रूळ व तक्ते उपयोगी पडतात. तसेच हादरे बसू नयेत म्हणून यंत्रांच्या बैठकींसाठी रबर वापरतात. कारण हादरे बसल्याने इमारती कमजोर होतात आणि यंत्रांचीही झीज होते. रंग, रोगणे, औषधे व विविध रसायने बनविण्याच्या कारखान्यांतील विक्रिया घडविण्याच्या पात्रांना आतून रबराचे विलेपन केलेले असते. त्यामुळे पात्रावर रसायनांचा अनिष्ट परिणाम होत नाही. कामगारांनाही सुरक्षिततेसाठी रबरी बूट, हातमोजे व आंगरखे दिलेले असतात.

बोगदे खोदणे व पाट-बंधारे व कालवे बांधणे या व्यवसायात खोदाई करताना जी दगडमाती निघते ती त्वरेने दूर नेऊन टाकण्यासाठी सुद्धा वाहक पट्टे उपयोगी पडतात. अमेरिकेतील प्रसिद्ध शास्ता धरण बांधताना इ.स. १९४० मध्ये अशा पट्ट्यांनी दगडमाती पंधरा-सोळा कि. मीटर दूर वाहून नेण्यात आली. आपल्याकडेही बोकॅरो येथील पोलाद उत्पादन, नेव्हेली येथील लिग्नाइटाच्या खाणी आणि इतर ठिकाणचे सीमेंट, खते इत्यादींचे कारखाने यात चुनखडी, कोळसा व इतर खनिजांची ने-आण अलीकडे वाहक पट्ट्यांनी केली जाते. छापखान्यात टाइपांना शाई लावण्यासाठी रबरी रूळ व प्रतिरूप मुद्रण प्रकारामध्ये (ऑफसेट प्रिंटिंगसाठी) रबराचा लवचीक तक्ता (ब्लँकेट) आवश्यक असतो.

आरोग्य आणि रबर

आरोग्य-रक्षणासाठी आणि रोग-निवारण्यासाठी जी विविध साधने वापरली जातात त्यामध्येही रबराला स्थान आहे. नाकात, डोळ्यात किंवा कानात औषधाचे मोजके थेंब टाकण्यासाठी वापरण्याच्या नळीचा छोटा फुगा, स्टेथॉस्कोपच्या नळ्या, रक्तदाब मोजण्याच्या उपकरणातील हवा भरण्याचा फुगा व दंडाला लपेटण्याचा पोकळ पट्टा, डोक्यावर बर्फ ठेवण्याची आणि गरम पाण्याने अंग शेकण्याची पिशवी ही रबराच्या उपयोगाची सामान्य उदाहरण होत. याशिवाय शस्त्रक्रिया करताना वापरावयाचे हातमोजे, रोग्याला भूल देण्यासाठी वापरावयाच्या उपकरणाच्या नळ्या व तोंडावर बसविण्याची टोपी, मूत्रोत्सर्ग सुसाध्य करण्यासाठी उपयोगी पडणाऱ्या बारीक नळ्या (कॅथेटर) रबराच्या असतात. जखमा बांधण्याच्या ताणल्या जाणाऱ्या पट्ट्या, पाठीच्या कण्याला आधार देण्याचे, तसेच अंतर्गळासाठी उपयोगी पट्टे आणि अपंगांसाठी कृत्रिम अवयव व इतर साधने यांच्या बनावटीत रबर वापरलेले असते. रुग्णाचे अंथरूण ओले होऊ नये म्हणून पसरावयाच्या चादरी, निर्जंतुक करता येतील असे बिछाने, कुटुंब नियोजनाची साधने, हृदयाच्या झडपा व कृत्रिम रक्तवाहिन्या यांसाठीही रबर उपयोगी पडते.

क्रीडासाहित्यात रबर

टेनिसचे चेंडू, तसेच फुटबॉल, बास्केट बॉल, व्हालिबॉल यांमधील हवा भरण्याच्या पिशव्या, खेळाडूंच्या बुटांचे तळ, क्रिकेट खेळाडूंचे हातमोजे यांसाठी रबर लागते. बिलियर्डच्या टेबलाला आतील

अनुक्रमणिका

बाजूने रबराचे अस्तर असते. लहान मुलांच्या खेळण्यात चित्रविचित्र रंगाचे व विविध आकारांचे फुगे, बाहुल्या, प्राणी व पक्षी यांची चित्रे यांच्या रूपाने रबर वावरत असते.

आपले घर व रबर

आपल्या घरात बैठकीच्या दिवाणखान्यापासून थेट स्वयंपाकघरापर्यंत निरनिराळ्या उपयुक्त वस्तूंच्या रूपात रबर उपस्थित असते. गुळगुळीत, सुशोभित लादीला, खुर्च्या, टेबले सरकविताना चरे पडू नयेत म्हणून व आवाज होऊ नये म्हणून, त्यांच्या पायांना आपण रबरी टोपणे बसवितो. बसण्याच्या व झोपण्याच्या गाद्यांसाठी सच्छिद्र रबर आपण पसंत करतो. स्वयंपाक घरात शेगडीला गॅस-पुरवठा करणारी नळी रबराची असते प्रेशरकुकरच्या झाकणाच्या आतील कडे (रिंग) व सेफ्टी व्हाल्व्ह साठी वापरलेली गुंडी, मिक्सर व दिवे यांच्या विद्युत्वाहक तारांवर असलेले आवरण, शीतकपाटाचे दार घट्ट बसावे म्हणून दरवाज्याला चिकटविलेले अस्तर, रबरी चपला व बागेला पाणी देण्याची नळी ही रबराच्या घरगुती उपयोगाची काही ठळक उदाहरणे होत.

शाळा-कॉलेजे-कचेऱ्या यात रबर

लहानमोठ्या संस्थांच्या कचेऱ्या, शाळा, कॉलेजे, बँका, दुकाने यांचे व्यवहारही रबरावाचून अडून राहतील. मजकूर खोडण्यासाठी जसे ते लागते तसेच पेनमध्ये शाई भरण्याच्या नळीच्या फुग्यासाठीही. पत्राला किंवा पावतीला चिकटविण्याच्या तिकीटाला पाणी लावणे सोपे व्हावे म्हणन वापरतात तो 'स्पंजाचा' तुकडा वास्तविक रबराचा असतो. रबरी शिक्के म्हणून, टंकयंत्राचे रूळ म्हणून आणि अनेक विस्कळित वस्तूंना एकत्र धरून ठेवणारे 'रबर-बँड' यांच्या रूपाने रबर येथे अप्रतिम कामगिरी बजावीत असते.

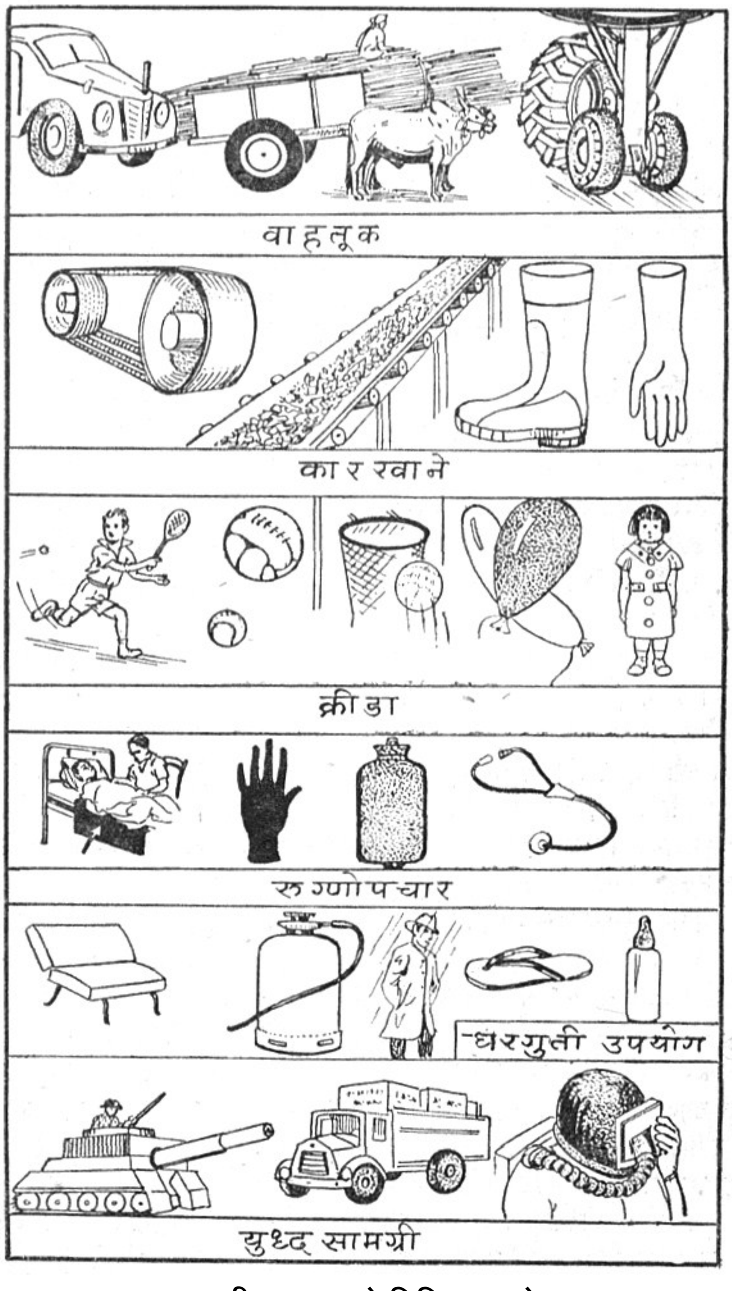
युद्ध तंत्रातही रबर

आधुनिक युद्ध-तंत्रात रबर हा एक अत्यावश्यक पदार्थ झाला आहे. प्रत्येक तीस टनी रणगाड्याला सुमारे एक टन व युद्धनौकेला सत्तर टन इतके रबर निरनिराळ्या ठिकाणी मिळून लागते. काही युद्धोपयोगी विमानांच्या इंधन-टाक्यांना गोळी लागली तरी हानी होऊ नये अशी योजना असते, त्यासाठी रबर आवश्यक असते व याशिवाय संदेश पाठविण्याच्या साधनात, सैनिकांच्या पावसाळी कोटासाठी, युद्धसाहित्य भिजू नये म्हणन वापरावयाच्या ताडपत्र्यांसाठी, विषारी वायूंपासून रक्षण व्हावे म्हणून वापरावयाच्या मुखवट्याकरिता, तरंगत्या पुलांकरिता, घडीच्या नौकांसाठी, आग विझविण्याच्या साधनांमध्ये आणि शत्रूंच्या विमानांना अडथळा व्हावा म्हणून युद्धकाळी करतात त्या हवाई तटबंदीसाठी अशी नाना प्रकारे आधुनिक सैन्याला रबराची गरज पदोपदी लागते. याशिवाय दारूगोळा, अन्न, कपडे, औषधे इत्यादींचा पुरवठा करणाऱ्या लष्करी मोटारगाड्यांच्या रबरी धावांसाठी ते लागते ते निराळेच.

डिंक किंवा सरसासारखा रबराचा उपयोग

आतापर्यंत रबरापासून बनणाऱ्या वस्तूंचा आपण विचार केला परंतु कित्येक वस्तूंचे भाग जोडण्यासाठी किंवा मोडलेली वस्तू सांधण्याकरिता किंवा वस्तूला पडलेले भोक ठिगळ लावून

बुजविण्याकरिता उपयोगी पडतील अशी द्रावणेही रबरापासून बनवितात. सायकलचे पंक्चर दुरुस्त करण्यासाठी वापरतात ते रबर-सोल्यूशन हे याचे एक उदाहरण होय. अशीच आणखीही काही महत्त्वाची रबर-द्रावणे उपलब्ध आहेत. घराच्या भिंती वगैरेंना लावण्याचे काही विलेपन रंग बनविण्यासाठीही रबराचा चीक वापरतात.



आकृती १ : रबराचे विविध उपयोग.

मृदू तसेच कठीण

व्यवहारात आढळणाऱ्या रबरी वस्तू बहुतांशी मृदू असतात पण रबर मृदू वस्तूंकरिताच उपयोगी असते, असे मात्र नाही. कच्च्या रबरामध्ये योग्य प्रमाणात गंधक मिसळले, तर एक लाकडासारखा कठीण

रबरप्रकार मिळतो. त्याला एबोनाइट, व्हल्कनाईट किंवा हार्ड रबर म्हणतात. त्यापासून फण्या, कंगवे, अनेक वस्तूंकरिता मुठी, गुंड्या, लहानमोठे दांडे, धुम्रपानाच्या 'पाइप' चा तोंडात धरण्याचा भाग इ. अनेक वस्तू बनविता येतात. मोटारीतील बॅटऱ्यांच्या पेट्यांसाठी ते पूर्वी फार वापरले जाई.

रबर इतके उपयोगी का?

रबर इतक्या वेगवेगळ्या प्रकारे आपल्या उपयोगी पडते त्याचे कारण अनेक गुण त्याच्या अंगी एकत्र बसत आहेत, हे होय.

रबराची पातळ पट्टी किंवा रबरी धागा ताणला, तर तो अनेकपट लांब होतो आणि ताण सोडला की, ताबडतोब पूर्ववत आखूड होतो. रबरी चेंडू जमिनीवर आपटला तर उंच उडतो. रबरी ठोकळा दाबला, तर दबतो व दाब काढला की, पुन्हा पहिल्यासारखा होतो. या गुणाला स्थितिस्थापकता किंवा प्रत्यास्थता म्हणतात. या गुणामुळेच चाकांना बसविण्याच्या पोकळ व भरीव धावा, ताणले जाणारे कमरपट्टे, गार्टर्स इत्यांदीसाठी रबर उपयोगी पडते.

रबराचा रूळ 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.

रबराच्या पडद्यातून हवा किंवा पाणी आरपार जाऊ शकत नाही. रबर पाण्याने कुजत नाही; उकळत्या पाण्यातही विरघळून जात नाही व कडाक्याच्या थंडीतही तडकत नाही.

ते घर्षण सहन करू शकते. लवकर झिजत नाही. त्यामुळेच सायकलींचे ब्रेक, मोटारींच्या धावा, पादत्राणांचे तळ यांसाठी उपयोगी पडते. हा घर्षणरोध तापमान ०° सें. खाली गेले किंवा १००° सें. इतके वाढले तरी टिकू शकतो.

रबरातून विजेचा प्रवाह वाहत नाही. त्यामुळे वीजवाहक धातूंच्या तारावर त्याचे आवरण असले म्हणजे तारा हाताळताना विजेचा धक्का बसत नाही. अशा तारा घरगुती विद्युत्-उपकरणांत आपण दररोज वापरतो. विद्युत्प्रवाहाशी संबंध असलेल्या दुरूस्तीच्या कामात वापरावयाची हत्यारे रबरविलेपित मुठी बसवून वापरण्यास बिनधोक बनविलेली असतात. अलीकडे या कामासाठी काही प्लॅस्टिकांचाही वापर होऊ लागला आहे.

रबर कोणताही रंग धारण करू शकते. त्यामुळे पांढऱ्या शुभ्र किंवा वाटेल त्या आकर्षक रंगछटांच्या रबरी वस्तू बनू शकतात.

रबर विषारी नाही. रबराची खेळणी मुलांनी तोंडात घातली, तरी अपाय संभवत नाही. साबणाने धुऊन किंवा पाण्यात उकळून रबरी वस्तू स्वच्छ करता येते. मुलांना दूध पाजण्याच्या बाटल्यांसाठी रबरी बुचे वापरता येतात ती त्यामुळेच.

अनुक्रमणिका

रबरात उपजतच असलेले हे गुण त्यामध्ये योग्य पदार्थांची भर घालून वाढविता येतात, हेही त्याचे एक वैशिष्टय आहे.

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

वस्तू बनविण्याच्या प्रकिया

सोप्या प्रक्रियांना रबराच्या वस्तू बनविता येतात, हेही रबराचे आणखी एक वैशिष्टय आहे.

कच्चे रबर (नैसर्गिक किंवा संश्लेषित) आणि योग्य ते इतर पदार्थ यांचे एकजीव मिश्रण करून ते साच्यात भरले आणि त्याला पुरेसा दाब व ऊष्णता दिली म्हणजे बहुसंख्य रबरी वस्तू बनतात. काही वस्तू बनविण्यासाठी चकल्या किंवा शेव करण्यासाठी आपण वापरतो तशी सोऱ्यासारखी यंत्रसामग्री वापरतात. नळ्या, रूळ व रबराचे आवरण असलेली धातूची तार या तऱ्हेने बनवितात. रबर-मिश्रण रूळांनी लाटून रबरी तक्तेही सुलभतेने तयार करता येतात.

सुतार करतात त्याप्रमाणे, हत्यारे वापरून प्रथम वस्तूचे भाग वेगवेगळे बनवून घेणे व नंतर ते एकमेकांस जोडून पूर्ण वस्तू तयार करणे यापेक्षा साच्यांचा 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 साच्यांच्या कृतीने बनविल्यास फार स्वस्त पडतात. म्हणून साच्याने बनविता येतील अशा अनेक वस्तू रबराच्या बनवितात.

संश्लेषित रबरे

नैसर्गिक रबरे एका झाडाच्या चिकापासून मिळते. रबरासारखे गुणधर्म असणारे काही पदार्थ कारखान्यातही बनविता येतात. त्यांना 'संश्लेषित रबरे' ही संज्ञा लावतात तथापि ही संज्ञा थोडी सदोष आहे. कारण मानवी प्रयत्नांनी केलेली नैसर्गिक रबराची प्रतिकृती म्हणजे संश्लेषित रबर. असा एकच पदार्थ असणार हे उघड आहे. संश्लेषित रबरे या शब्दप्रयोगाने असे अनेक पदार्थ आहेत हे ध्वनित होते व त्यामुळे गैरसमज होतो.

रबराची प्रतिकृती बनविण्याच्या संदर्भात रबराच्या रेणूशी साम्य असलेले कित्येक पदार्थ बनविण्यात आले. त्यापैकी अनेकांच्या अंगी रबराचे काही गुणधर्म कमजास्त प्रमाणात आहेत, असे आढळून आल्यामुळे त्यांना संश्लेषित रबरे हे नाव देण्यात आले व ते रूढ होऊन बसले आहे. म्हणून अर्थ स्पष्ट व्हावा यासाठी मानवी प्रयत्नांनी बनविलेल्या नैसर्गिक रबराच्या हुबेहूब प्रतिकृतीचा उल्लेख संश्लेषित नैसर्गिक रबर असा केला जातो.

अनुक्रमणिका

वास्तविक या इतर पदार्थांना रबर-सदृश पदार्थ म्हणणे जास्त सयुक्तिक झाले असते. कारण नैसर्गिक रबराच्या रेणूची जडणघडण आणि या पदार्थांच्या रेणूंची जडणघडण यांमध्ये सारखेपणा आहे; पण एकरूपता नाही. रबराचे गुणधर्म असणाऱ्या सर्व पदार्थांना लावण्यासाठी 'प्रत्यास्थ वारिके' ही संज्ञा सुचविण्यात आली आहे. या संज्ञेनुसार नैसर्गिक रबर हे नैसर्गिक प्रत्यास्थ बारिक आणि मानवनिर्मित रबर-सदृश पदार्थ म्हणजे संश्लेषित प्रत्यास्थ वारिके होत. ही संज्ञा समर्पक असून शास्त्रीय विवेचनात वापरलीही जाते.

दुसऱ्या महायुद्धापासून संश्लेषित रबरांचे उत्पादन मोठ्या प्रमाणावर होऊ लागले आहे. त्यांचा उपयोग नैसर्गिक रबरांबरोबर व कित्येक ठिकाणी त्याच्याऐवजी केला जाऊ लागला आहे.

नैसर्गिक व संश्लेषित रबरांच्या मिळून तीस हजारांहून जास्त वस्तू आजच्या सुधारलेल्या जगाला लागतात. दिवसेंदिवस रबरांचे नवीन उपयोगही माहीत होत आहेत व त्यामुळे ही संख्याही वाढत आहे.

रबराचा सर्वात जास्त उपयोग (सुमारे ६० टक्के) टायर बनविण्यासाठी होतो. त्याच्या खालोखाल ते अनुकमे पादत्राणांचे तळ व टाचा, नळ व नळ्या, द्रावणे, बिछायती, सच्छिद्र रबर, चालक व वाहक पट्टे, विलेपने, एबोनाइट व वैद्यकीय वस्तू यांच्या उत्पादनात वापरले जाते.

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

पूर्वेकडील विकसनशील देशात नैसर्गिक रबराचे उत्पादन वाढण्यास पुष्कळ वाव आहे. परंतु जागतिक गरज भागवील इतके नैसर्गिक रबर आज उपलब्ध नाही. त्यामुळे नैसर्गिक व संश्लेषित रबर यांचे उत्पादन चालूच राहील. संश्लेषित रबरे नैसर्गिक रबरावर मात करतील व त्याला नामशेष करतील असे म्हणता येत नाही.

* * *

अनुक्रमणिका

प्रकरण २

कच्चे रबर

वस्तू बनविण्यासाठी 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 विक्रियांनी कारखान्यात बनवितात हे मागे आलेच आहे.

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

कच्चे नैसर्गिक रबर

रुईच्या 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 ब्राझीलिएन्सिस (Hevea brasiliensis), मॅनिहॉट ग्लॅझिओव्ही (Manihot glaziovii), कॅस्टिलोआ इलॅस्टिका (Castilloa elastica), आफ्रिकेतील लँडोल्फिया (Landolphia), ग्वायूल (Parthenium argentatum), फिकस इलॅस्टिका (Ficus elastica), व रशियातील कॉकसाघीज (Taraxacum koksaghiz) ही अशा झाडांपैकी प्रमुख होत.

इतिहास

दक्षिण अमेरिकेत तद्देशीय लोक पंधराव्या शतकात रानातील अशा झाडांचा चीक काढून तो चटया आणि टोपल्या यांना लावून त्या जलाभेद्य करण्यासाठी, तसेच काही वस्तू बनविण्यासाठी सुद्धा तो वापरीत. ह्या झाडांपैकी हेविया ब्राझिलिएन्सिस हे चीक काढण्याच्या दृष्टीने किफायतशीर आहे, असे दिसून आल्यावरून एकोणिसाव्या शतकात त्याच्या लागवडी करण्यात आल्या. सध्या आपणास मिळणारे सर्व रबर त्यापासूनच काढतात. झाडाच्या खोडाला चीर पाडली, तर जो चीक निघू लागतो तो म्हणजे जणू काय झाडाच्या लाकडाच्या डोळ्यांतून गळणारे अश्रुबिंदूच आहेत अशा समजुतीने दक्षिण अमेरिकेतील आदिवासी त्याला 'काहचू' म्हणजे 'रडणारे लाकूड' असे म्हणत. त्यावरून पूर्वी रबराचा उल्लेख 'काउचुक्' (Caoutchouc) असा केला जाई.

चीक वाळविला म्हणजे एक घन पदार्थ मिळतो. शिसपेन्सिलने लिहिलेल्या मजकुरावर तो घासला म्हणजे मजकूर पुसला जातो असे प्रसिद्ध संशोधक जोसेफ प्रीस्टले यांना इ.स. १७७० मध्ये दिसून आले. त्यावरून त्यांनी त्याला 'रबर' हे नाव दिले व तेच रूढ झाले. त्याकाळी ते सुलभ व स्वस्त नव्हते. अर्धा इंच (१.२५ सेंमी.) उंचीच्या घनाकार तुकड्याला ३ शिलिंग पडत! ते वेस्ट इंडीजमधून आयात होई म्हणून त्याला इंडिया रबर म्हणत.

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

विषुववृत्ताच्या दोन्ही बाजूंस 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 सेंमी. च्या आसपास पाऊस, २५° -३५° सें. इतके तापमान, दमट हवा आणि समुद्रसपाटीपासून सुमारे ३०० मीटरपेक्षा कमी उंची अशी स्वाभाविक परिस्थिती असली म्हणजे या झाडांची वाढ चांगली होते.

पूर्वी जंगलात इतस्ततः वाढलेल्या झाडांचा चीक जमा करीत व नावेच्या वल्ह्यासारखा दांडा त्यात बुडवून तो लाकडे पेटवून केलेल्या धुरात धरीत. त्यामुळे दांड्याला चिकटून आलेला चीक घट्ट होई व त्यातील पाण्याचा अंश निघून जाऊन घन रबराचा थर दांड्यावर बसे. पुनःपुनः चीक त्या दांड्यावर घेऊन ही क्रिया केली म्हणजे रबराचा एक गठ्ठा जमे. तो कापून दांड्यापासून सोडवीत व रवाना करीत. त्याचप्रमाणे ते ओल्या मातीपासून भरीव बाटल्यांचे आकार बनवीत व वाळविल्यावर त्यांना चीक फासून तो वरील प्रमाणे वाळवीत. नंतर पाण्याने मातीचा आकार विरघळून टाकीत व तयार झालेल्या रबरी बाटल्या कच्चे रबर म्हणून रवाना करीत. असे रबर पॅरा या बंदरातून निर्यात होई म्हणून त्याला 'हार्ड फाइन पॅरा' असे म्हणत.

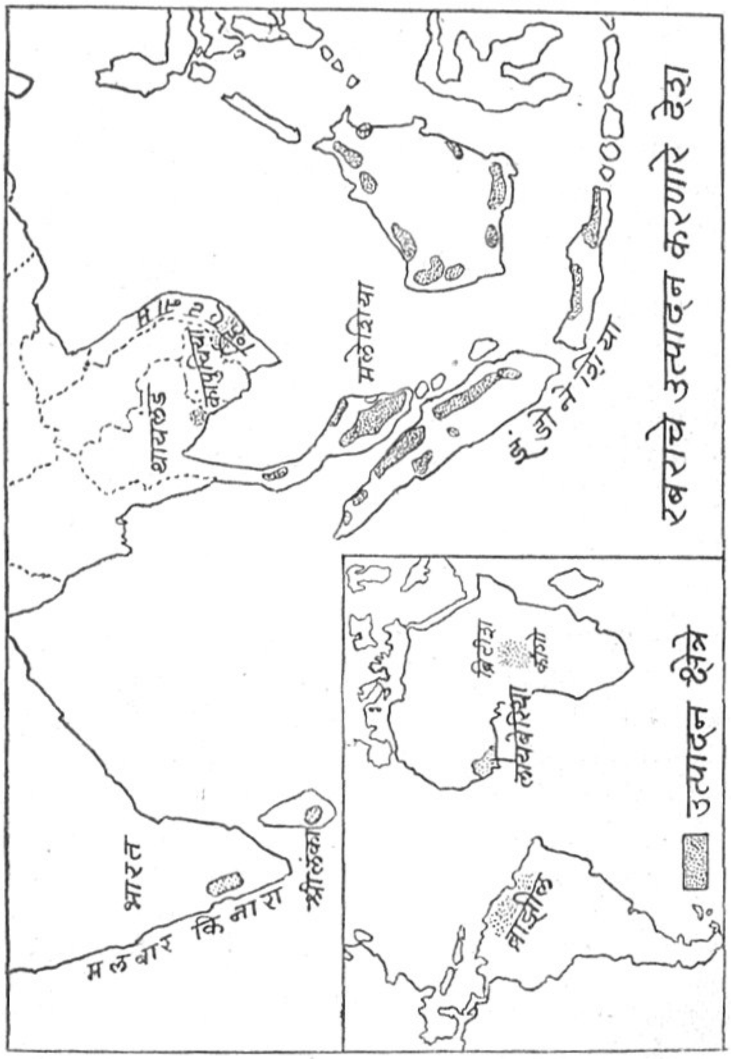
इ.स. १८७८ मध्ये प्रथम पूर्वेकडील देशात रबराच्या लागवडी करण्यात आल्या. या कामात लंडनमधील इंडिया ऑफिसने पुढाकार घेतला. लागवडी झाल्यापासून झाडे वाढविणे, चीक जमविणे, व त्यापासून घन रबर बनविणे या प्रक्रिया शास्त्रशुद्ध व प्रमाणित करण्यात आल्या.

रबर लागवडी

लागवडीसाठी बिया लावून रबराची रोपे तयार करतात. ती सुमारे एक वर्षाची झाली म्हणजे काढून मळ्यात लावतात आणि खतपाणी घालून व कृमिकीटकांचा बंदोबस्त करून वाढवितात.

झाड सुमारे ६ वर्षांचे झाले म्हणजे चीक काढण्यालायक होते. त्यावेळी त्याचे खोड जमिनीपासून ६० सेंमी. वर साधारणपणे १० सेंमी. व्यासाचे असते. चीक काढावयास सुरुवात केल्यापासून सुमारे १५ वर्षांपर्यंत चिकाचे प्रमाण वाढत जाते व नंतर ते घटू लागते. चीक काढणे परवडणार नाही इतके हे प्रमाण घटले म्हणजे झाड तोडतात. झाडाची चीक देण्याची मर्यादा 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.

अनुक्रमणिका



आकृती २ : रबर-उत्पादक मुख्य प्रदेश.

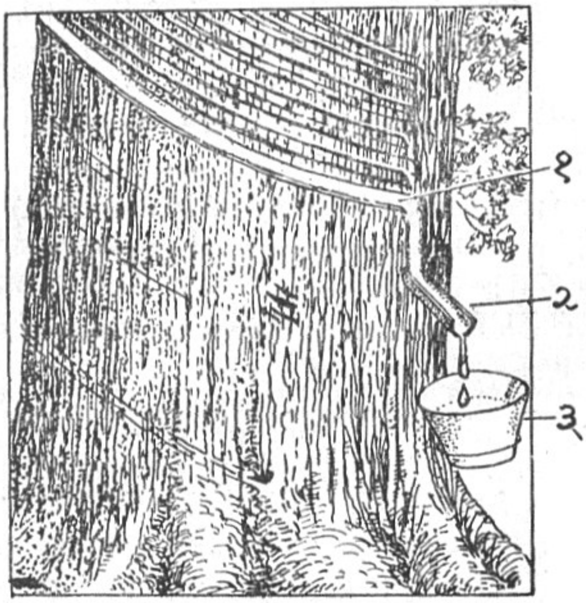
चीक काढण्याची पद्धत

लागवडींच्या काळापूर्वी चीक काढण्याची ठरावीक पद्धत नव्हती. त्यामुळे कित्येकदा चीक काढण्यासाठी पाडलेल्या खाचांमुळे इजा होऊन झाडे मरून जात. चीक काढण्याची आधुनिक पद्धत एच्.एन्. रिडले यांनी बसविली. या पद्धतीत जमिनीपासून १०० सेंमी. (४० इंच) उंचीवर खोडाच्या परिघाच्या निम्म्या भागावर व सुमारे १•६ मिमी. (१/१५ इंच) रुंद अशी पहिली चीर पाडतात. ती डावीकडून उजवीकडे उतरती व क्षितिज-समांतर रेषेशी सुमारे २५° कोन होईल अशी असते. चिरेच्या खालच्या टोकाशी पन्हळीसारखा एक पत्र्याचा तुकडा लावून त्याखाली टिपकणारा चीक साठण्यासाठी एक पेला अडकवून ठेवतात. चीक जमविण्याच्या कामाची सुरुवात सकाळी लवकर करतात. चीक सुमारे ३-४ तास थेंब थेंब गळतो व पेल्यात जमतो. चिकाला रबर लॅटेक्स किंवा फील्ड लॅटेक्स म्हणतात. चीक एक दिवसाआड काढला जातो. त्यामुळे झाडाला एक दिवस विश्रांती मिळते.

अनुक्रमणिका

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 मळ्यातील दुसऱ्या भागातील झाडांना चिरा पाडून चीक जमवितात. या प्रकारे एका महिन्यात एका झाडाला एकाखाली एक अशा १५ चिरा पाडल्या जातात व त्यामुळे सालीचा २•५ सेंमी. लांबीचा पट्टा कापला जातो. अशा तऱ्हेने खाली खाली चिरा पाडीत तळापर्यंत जातात. त्यानंतर खोडाच्या घेराचा राहिलेला अर्धा भाग चिरा पाडण्यासाठी वापरतात. अशा प्रकारे ८० महिने होईपर्यंत खोडाचा भाग आलटून पालटून चिरा पाडण्यासाठी वरून खाली खाली अशा तऱ्हेने उपयोगात आणतात. त्या अवधीत पहिल्याने चिरा पाडलेल्या खोडाची साल पूर्ववत होते व चिरा पाडण्यासाठी पुनः वापरता येते.



आकृती ३ : (अ) चीक जमविण्याची पद्धत : १. खोडास पाडलेली चीर, २. पन्हळीसारखा पत्र्याचा तुकडा, ३. चीक साठण्यासाठी पेला. (आ) चीर पाडण्याचे हत्यार.

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

चिकातील घटक

रबराचा चीक व दूध यांमध्ये पुष्कळ साम्य आहे. ताजा चीक दुधासारखाच दिसतो. दुधामध्ये स्निग्ध पदार्थाचे सूक्ष्म बिंदू पाण्यात तरंगत असतात. तसेच रबरचिकात रबराचे सूक्ष्म कण, काही कार्बनी संयुगे व खनिजे ज्यात विरघळलेली आहेत अशा पाण्यात तरंगत असतात. चिकात रबर सुमारे ३५ टक्के, प्रथिने २ टक्के, मेदे, मेदाम्लांची एस्टरे व साबण मिळून १ टक्का, क्वेब्रॅचिटॉल नावाचा एक पदार्थ १ टक्का, खनिज पदार्थ सुमारे ०•४ टक्का, अल्प प्रमाणात शर्करा व अमिनोअम्ले असून बाकीचा भाग पाणी असते.

अनुक्रमणिका

रबर हे कार्बन व हायड्रोजन या दोन मूलद्रव्यांचे बनलेले (हायड्रोकार्बन) एक संयुग आहे. त्याचा रेणू साखळीच्या रूपाचा असून तो पाच कार्बन व आठ हायड्रोजन अणू (C_5H_8) यांचे अनेक अणुसमुच्चय एकमेकांस जोडले जाऊन, दुवे किंवा कड्या यापासून जशी साखळी बनते त्याप्रमाणे, बनलेला आहे असे सिद्ध झाले आहे. त्याचा रेणुभार फार उच्च आहे.

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

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

चिकातून एकदिश विद्युत्प्रवाह जाऊ दिला, तर रबरकण धनाग्राकडे जाऊ लागतात. यावरून त्यांवर ऋणविद्युत्भार असतो, हे दिसून येते. चिकात अम्ल मिसळले, तर चिकातील कण एकत्र होतात व त्यामुळे चीक साखळतो आणि त्याला चोथापाणी असे रूप येते. अम्लातील हायड्रोजन आयनावरील धनविद्युत्भारामुळे कणांवरील ऋणविद्युत्भार नाहीसा झाल्यामुळेच कण एकत्र होऊ शकतात.

रबर-व्यवसायात चिकापासून वेगळे केलेले घनरूप रबरच 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 टिकतो. त्यासाठी अमोनिया हा अल्कली सोयीचा आहे, असे इ.स. १८५३ मध्ये डब्ल्यू. जॉन्सन यांनी दाखविले. तो स्वस्त व बिनविषारी असून बाष्पनशील असल्यामुळे नको असेल तेव्हा सहज काढून टाकता येतो. अमोनियाने चिकातील जंतूही मरतात. चिकामध्ये पाण्याचे प्रमाण सुमारे ६० टक्के असते. त्यामुळे अमोनिया मिसळून तो टिकाऊ बनविला, तरी तो तसाच रवाना करण्यात तोटा होतो पण पाण्याचे प्रमाण कमी करून चीक दाट करण्याच्या प्रक्रिया साध्य झाल्यापासून ही अडचण दूर झाली आहे. या प्रक्रिया थोडक्यात पुढे दिल्या आहेत.

चीक संहत (दाट) करण्याच्या प्रक्रिया

(१) दूध संथ राहू दिले, तर त्यातील स्निग्ध पदार्थ मलईच्या रूपाने वर जमतात. रबराच्या चिकाचेही तसे होते. रबर-कणांचा पृष्ठभागाकडे स्थलांतर करून एकत्र जमण्याचा वेग मात्र फार मंद असतो. परंतु चिकात तर अमोनियम किंवा सोडियम अल्जिनेट, गम ट्रागाकांथ, जिलेटिन इत्यादी पदार्थ मिसळले, तर कणांचा स्थलांतर-वेग वाढतो व त्यामुळे वरच्या भागातील चीक लवकरच दाट बनतो, तो वेगळा करतात. यात पाण्याचे प्रमाण मूळ चिकातील पाण्यापेक्षा कमी असते.

अनुक्रमणिका

(२) दुधातील मलई वेगळी करण्यासाठी केंद्रोत्सारक यंत्रांचा उपयोग दुग्धव्यवसायात केला जातो. त्याच पद्धतीने अमोनिया मिसळलेला रबरचीक केंद्रोत्सारक यंत्रात घालून फिरवतात. पाणी दूर फेकले जाते व रबरकण केंद्रापाशी जमून चीक दाट बनतो. सुमारे ६० टक्के रबर 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 तापमानास प्रवाहित करतात. त्यामुळे बऱ्याच पाण्याची वाफ होऊन जाते आणि सुमारे ६८ टक्के रबर असलेला चीक मिळतो. या चिकातील रबराचे कण केंद्रोत्सारण पद्धतीने संहत केलेल्या चिकातील कणांपेक्षा लहान असतात. 'स्टँडर्ड रिव्हर्टेकस' हा अशाच तऱ्हेचा एक चीक-प्रकार असून तो पाणी घालून पूर्ववत विरल करता येतो.

(४) चिकातून एकदिश विद्युत्प्रवाह जाऊ दिला म्हणजे रबरकण धनाग्राकडे जाऊ लागतात हे वर आलेच आहे. या गुणधर्माचा उपयोग करून धनाग्राजवळचा चीक प्रथम वेगळा करतात. यात रबराचे प्रमाण जास्त असते. नंतर वीजप्रवाहाची दिशा उलट केली म्हणजे ६२-६५ टक्के रबर असलेला चीक मिळतो. ही पद्धत इ.स. १९४० मध्ये प्रचारात आली. या पद्धतीला 'इलेक्ट्रो डिकँटेशन' म्हणतात. पायस रंगामध्ये वापरण्यासाठी अशा चिकाचा मोठ्या प्रमाणावर उपयोग केला जातो.

संहत चिकांचे काही विशेष प्रकार

रबर-चिकात धनायनी साबण किंवा अनेक-संयुजी ऋणायन बसलेली लवणे मिसळल्यास रबर कणांवर असलेला मूळचा ऋणविद्युत्भार जाऊन त्याऐवजी धनविद्युत्भार येतो. धनविद्युत्भारित रबरकण असलेला संहत रबर-चीकही उपलब्ध आहे. 'पॉझिटेकस' नावाचा असा एक चीक-प्रकार इ.स. १९३७ च्या सुमारास प्रचारात आला. कापड रबरविलेपित करण्यासाठी त्याचा उपयोग होतो. कारण कापडाचे धागे स्वभावतः ऋणविद्युत्भारित असतात. त्यामुळे या चिकातील कण त्यांच्याकडे आकर्षिले जाऊन घट्ट चिकटून बसतात.

रबराची वस्तू बनविण्यासाठी घन रबर व इतर आवश्यक पदार्थ यांच्या मिश्रणाला किंवा रबर-चिकात असे पदार्थ मिसळून केलेल्या मिश्रणाला वस्तूचा आकार येईल अशी योजना करतात. या अवस्थेत ती वस्तू टिकाऊ नसते. उन्हाळ्यात ती चिकट आणि हिवाळ्यात कडक व ठिसूळ 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

लागवडींपूर्वीच्या काळी घन रबर मिळविण्यासाठी चीक लाकडी दांड्यावर घेऊन धुरात धरून वाळवीत, हे मागे दिलेच आहे.

आधुनिक पद्धतीत गाळलेला व विरल केलेला चीक ॲल्युमिनियमाच्या टाक्यात घेऊन त्यात ॲसीटिक किंवा फॉर्मिक अम्ल, अम्लता-अल्कता निर्देशांक pH मान ४•८ होईपर्यंत मिसळतात व मिश्रण सामान्यतः रात्रभर राहू देतात. चीक साखळतो व त्याला चोथापाणी असे रूप येते. चोथा रबराचा असतो व तो टाक्यात असलेल्या पत्र्यांवर जमून त्याची लादी तयार होते. अशा लाद्या काढून घेऊन एका यंत्रामधून पार घालवितात. या यंत्रात, उसाच्या 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 वळ्या असलेल्या रुळांच्या योगाने लाटतात व त्याचे तक्ते बनवून ते कोरडे करतात. ते कोरडे करण्याच्या दोन पद्धती आहेत. एका पद्धतीत सु. ३८° से. तापमान असलेल्या कोठड्यांत तक्ते ८-१० दिवस ठेवून देतात. 'इस्टेट ब्राऊन क्रेप' , 'ब्लँकेट क्रेप' इत्यादी व्यापारी नावांनी ओळखले जाणारे तक्ते याप्रकारे बनवितात. दुसऱ्या पद्धतीत लाकडाच्या धुराने भरलेल्या गरम कोठड्यांत तक्ते टांगून ठेवतात. तेथील तापमान सु. ३२-३४° सें. असते. या पद्धतीने तयार केलेल्या तक्त्याला 'रिब्ड स्मोक्ड शीट' असे म्हणतात.

घन रबर बनविण्याची ही पद्धत जॉन पर्किन यांनी १८९९ मध्ये बसविली. रबर तक्ते वाळण्यास जो कालावधी लागतो, तो रबर-उत्पादनातील एक अडचण आहे. ती दूर करण्यासाठी साखळविलेल्या रबराचे तक्ते बनविण्याऐवजी यांत्रिक सुऱ्यांनी कापून तुकडे करणे किंवा चकली करण्याच्या घरगुती सोऱ्यासारख्या यंत्राने त्याची सळई बनवून तिचे तुकडे करणे किंवा दाणे बनविणे व ते वाळविणे हे पर्यायी मार्ग आहेत. मॅलेशियात बनणाऱ्या अशा दाण्यांना 'हेविया क्रंब' म्हणतात. झाडाच्या खोडातून पाझरणारा चीक प्लॅस्टिकच्या पिशव्यांमध्ये धरून, तेथेच नैसर्गिक रीतीने साखळू देऊन २५-३० दिवसांच्या अंतराने त्यातील रबर गोळा करण्याची एक पद्धत प्रयोगादाखल वापरण्यात आहे. जेथे मनुष्य बळ मर्यादित आहे, अशा ठिकाणी ती उपयोगी पडण्यासारखी आहे.

काही रबर-प्रकार :

अलीकडे काही खास रबरप्रकार अस्तित्वात आले आहेत. उदाहरणार्थ, स्थिर-श्यानता रबर (व्हिस्कॉसिटी स्टॅबिलाइज्ड किंवा कॉन्स्टंट व्हिस्कॉसिटी रबर) : खरेदी केलेले कच्चे रबर कारखान्यातील कोठारात, वापरण्याची वेळ येईपर्यंत साठविले जाते. काही महिने ते तसे राहिले तर कठीण बनते व त्यामुळे वापरताना प्रथम ते मऊ करण्याचा खटाटोप करावा लागतो. हा दोष दूर व्हावा म्हणून कच्च्या रबरात हायड्रॉक्सिल अमाइन हायड्रोक्लोराइड हे एक रसायन काही प्रमाणात मिसळतात. त्यामुळे रबराची मूळची श्यानता (घट्टपणा) दीर्घकाळ टिकते आणि वेळ व खर्च यांची बचत होते.

सुपीरियर प्रोसेसिंग रबर (एस्‌पी रबर) : गंधकाची विक्रिया करून व्हल्कनीकरण केलेले रबर काही प्रमाणात चिकात मिसळून नंतर चीक साखळविल्याने हा प्रकार मिळतो. हा वापरून वस्तू बनविण्याच्या प्रक्रिया करणे सोपे पडते. इ.स. १९५० मध्ये हा प्रकार उपलब्ध झाला. वस्तू चिकटविण्याची

अनुक्रमणिका

द्रावणे व रबरी तक्ते इत्यादी बनविण्यासाठी याचा उपयोग होतो. याला 'स्पेशल प्रोसेसिंग रबर' असेही म्हणतात.

आर्क्टिक रबर : रबरात, ब्यूटाडीन सल्फोन हे रसायन अल्प प्रमाणात मिसळून व मिश्रण एकजीव करून हे बनवितात. ते -२६° सें. इतक्या कमी तापमानासही कठीण होत नाही, हे याचे वैशिष्ट्य आहे.

ऑइल एक्सटेंडेड नॅचरल रबर (ओइएन्आर) : रबरामध्ये सुमारे ५ टक्के खनिज तेल मिश्र करून ते बनवितात. हे मऊ असून यापासून वस्तू बनविणे जास्त सोपे असते. इ.स. १९६० पासून हे लोकप्रिय होऊ लागले. मोटारींच्या धावावरील (टायरवरील) खवले (ट्रेडस्) बनविण्यासाठी हे उपयोगी पडते.

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

जागतिक उत्पादन

मॅलेशिया व इंडोनेशिया या प्रदेशांत एकंदर जागतिक उत्पादनाच्या सु. ७० टक्के कच्च्या रबराचे उत्पादन होते. यांशिवाय थायलँड, व्हिएटनाम, कॉंपूचिया (कँबोडिया) आणि आफ्रिकेतील लायबेरिया व काँगो येथेही रबर मळे आहेत. त्यांचे उत्पादन धरले, तर जागतिक उत्पादनापैकी सु. ९२ टक्के भरते. भारत व श्रीलंका येथील रबरमळ्यांतूनही काही रबर मिळते. दक्षिण अमेरिकेत आता थोडेच उत्पादन होते. जागतिक रबर उत्पादनात भारताचा क्रमांक ५ वा लागतो.

सर्व रबरमळे मोठमोठे नाहीत. लागवडीच्या एकंदर क्षेत्रापैकी निम्म्याहून अधिक क्षेत्र लहान उत्पादकांचे आहे. रबर-उत्पादन हा एक चांगला श्रमप्रधान उद्योग आहे. इ.स. १९८१ मध्ये नैसर्गिक रबराचे जागतिक उत्पादन ३६,८५,००० मे. टन झाले. त्यांपैकी काही देशांच्या उत्पादनाचे आकडे (मे.टन) पुढे दिले आहेत.

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

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

भारताचे रबर-मळे

भारतात रबराची लागवड प्रथम १८७८ मध्ये त्रावणकोर व मलबार येथे करण्यात आली व १९०२ पासून उत्पादन होऊ लागले. इ.स. १९१० मध्ये सुमारे १२,००० हेक्टर क्षेत्र रबर लागवडीखाली होते. सध्या ते सुमारे २,००,००० हेक्टर झाले आहे. यांपैकी सुमारे ९२ टक्के केरळ राज्यात आहे. तामीळनाडू,

कर्नाटक, अंदमान व निकोबार येथील काही क्षेत्र रबर 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 १,८१,३७० मे. टन असल्यामुळे रबर आयात करावे लागले. इ.स. १९८२ मध्ये उत्पादन १,६६,००० मे. टन इतके वाढले तसेच खपाचा आकडाही १,९७,००० मे.टन झाला. यापुढील ५ वर्षात रबराचा खप याच्या दुप्पट होईल, असा अंदाज आहे. अंदमान व निकोबार बेटे, त्रिपुरा व पूर्व आसाम व महाराष्ट्रातील ४ जिल्हे यांमधील नापीक जमीन असे एकंदर ३ लाख हेक्टर क्षेत्र आता रबर-लागवडीसाठी उपलब्ध होणार आहे. शेतकऱ्यांना रबर लागवडीसाठी मार्गदर्शन करण्याकरिता एक केंद्र ठाणे जिल्ह्यातील दाबचरी येथे शासनाने स्थापन केले आहे.

अगदी अलीकडे रबर मिळविण्यासाठी भारतात ग्वायूल या झुडुपावर प्रयोग चालू आहेत. हे झुडूप ओसाड जागेतही वाढू शकते हा एक फायदा आहे. रबर मिळविण्यासाठी संबंध झाडच वापरले जाते.

रबर-बोर्ड

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

रबराच्या उत्पादनावर कर बसविलेला आहे. त्याच्या उत्पन्नातून नवीन लागवडी करणे व जुन्या झाडांच्या जागी नवीन लावणे इत्यादींसाठी द्रव्यसहाय्य व तांत्रिक सल्ला देण्याचे कार्य मंडळ करते. मंडळाने रबर रिसर्च इन्स्टिट्युट ऑफ इंडिया ही संस्था स्थापन केली आहे. तेथे जास्त रबरचीक देणाऱ्या झाडांच्या जातीबद्दल संशोधन चालू आहे. रबर कारखानदारांना रबर-खरेदीचे आणि रबर-विक्रेत्यांना रबर विकण्याचे परवाने या मंडळाकडून प्रतिवर्षी दिले जातात. सध्या सुमारे २,००० ग्राहक व तितकेच परवानाधारक विक्रेते आहेत. कच्च्या रबराच्या किंमतीवर सरकारी नियंत्रण आहे.

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

अलीकडे खरगपूर येथील इंडियन इन्स्टिट्यूट ऑफ टेक्नॉलजी या संस्थेने रबर-तंत्रज्ञान विभाग सुरू केला असून त्यासाठी २ वर्षाचा एम्.टेक् चा अभ्यासक्रम आखला आहे.

रबर-धंद्याच्या हितसंबंधाचे संवर्धन करण्याच्या उद्देशाने मुंबई येथे ऑल इंडिया रबर इंडस्ट्रीज ॲसोसिएशन या संस्थेची स्थापना झाली आहे.

इंडियन रबर मॅन्युफॅक्चर्रस रिसर्च असोसिएशन या नावाची, रबर-संशोधन व विकास घडविणे हे उद्दिष्ट असलेली एक संस्थाही मुंबईस आहे.

अनुक्रमणिका

महाराष्ट्रात रबर-लागवडी

महाराष्ट्रात कोकणातील वरकस व डोंगराळ जमीन रबर लागवडीसाठी योग्य आहे. या जमिनीत रबर-लागवडी करण्याचे धाडसी प्रयत्न पडघवली (जिल्हा रायगड, तालुका सुधागड) येथील सुधागड रबर इंडस्ट्रीजचे संचालक श्री. केतकर यांनी केले असून ते यशस्वी व मार्गदर्शक ठरले आहेत. महाराष्ट्र जंगल खात्याचे लक्ष त्यांच्या कामगिरीने वेधले असून ठाणे, रायगड व गोवा इत्यादी ठिकाणी प्रायोगिक रबर-लागवडी करण्यास सुरूवात झाली आहे.

कच्चे संश्लेषित रबर

याचे अनेक प्रकार आहेत. ते ब्यूटाडीन, स्टायरीन, ॲक्रिलोनायट्राइल या व अशाच इतर रासायनिक पदार्थांपासून कारखान्यांत बनविले जातात. ते चीक व घन अशा दोन्ही रूपांत मिळतात. संश्लेषित रबरांच्या चिकातील कण नैसर्गिक रबराच्या चिकातील कणांपेक्षा लहान आणि गोलाकृती असून त्यांमध्ये जास्त सारखेपणा असतो. संश्लेषित रबरांचा चीक अम्ले अथवा बहुसंयुजी आयने त्यात मिसळल्याने साखळतो व घनरूप रबर वेगळे होते. ते काढून घेऊन कारखान्यांना पुरविले जाते.

संश्लेषित रबरांच्या उत्पादनात नैसर्गिक कच्च्या मालापासून प्रथम इष्ट ते अणुसमुच्चय असलेले रेणू मिळविणे आणि नंतर ते एकमेकास जोडून इष्ट त्या लांबीच्या कार्बन साखळ्या बनतील अशी योजना करणे, या प्रक्रियांचा समावेश होतो. त्यासंबंधीचे विवेचन प्रकरण ६ मध्ये केले आहे.

भारतीय उत्पादन

भारतात संश्लेषित रबराचे उत्पादन इ.स. १९६३ पासून सुरू झाले. उत्तर प्रदेशातील बरेली येथील सिंथेटिक्स व केमिकल्स लि. या कारखान्यात स्टायरीन व ब्यूटाडीन या दोन एकवारिकांपासून बनणाऱ्या एसबीआर या रबर-प्रकाराची उत्पादन क्षमता दरसाल सु. ३०,००० मे. टन इतकी आहे. यासाठी सागणारे स्टायरीन पोलाद-धंद्यापासून मिळणारे बेंझीन आणि अल्कोहॉलापासून बनविलेले एथिलीन यांच्या रासायनिक विक्रियेने बनविले जाते.

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

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

* * *

अनुक्रमणिका

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 जमिनीवर आपटला असता उंच उडतो हे पाहून आणि तो झाडाच्या चिकापासून ते बनवितात हे ऐकून त्याला फार आश्चर्य वाटले. हा चीक म्हणजेच रबराच्या झाडांचा चीक होय. वाळविला म्हणजे तो घट्ट बनतो आणि त्यापासून चेंडू व इतरही उपयोगी वस्तू तद्देशीय 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 मेक्सिकोमध्ये माहीत असाव्या, असा पुरावा उत्खननातील अवशेषांवरून मिळतो.

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

अठराव्या शतकाच्या प्रारंभापासून फ्रान्सचे लक्ष दक्षिण अमेरिकेकडे जाऊ लागले. इ.स. १७३५ मध्ये पॅरिस ॲकॅडमीने ॲमेझॉन नदीच्या उगमाच्या आसपासच्या प्रदेशाची भौगोलिक पाहाणी करण्यासाठी चार्लस् मारी द ला कोंदामीन यांच्याबरोबर निरीक्षकांची एक तुकडी पाठविली. तिने रबराची झाडे व त्यापासून चीक काढण्याच्या व वापरण्याच्या पद्धतींची बरीच माहिती जमविली. इ.स. १७४३ मध्ये कोंदामीन हल्लीच्या फ्रेंच ग्वायना या ठिकाणी फ्रँकॉइस फ्रेसन्यू या फ्रेंच शास्त्रज्ञांना भेटले. फ्रेसन्यू यांनी रबराच्या झाडांचे वनस्पतिशास्त्रातील वंश व जाती ठरविल्या आणि चिकाच्या आणि तो वाळल्यावर बनणाऱ्या घन रबराच्या गुणधर्मांचा परिचय करून घेतला, परंतु रबराच्या वस्तू बनविण्याचा उद्योग त्या काळी यूरपमध्ये लवकर सुरू होऊ शकला नाही. याचे कारण यूरपला पोचणारे रबर घनरूप असे आणि ते कणखर व चिवट असल्यामुळे हत्यारे वापरून त्यापासून वस्तू बनविता येत नसत. आदिवासी बनवीत त्याप्रमाणे चिकापासून वस्तू बनवायच्या म्हटल्या तर चीक मिळाला पाहिजे. पण तो टिकत नसल्यामुळे युरपला किंवा इतरत्र पाठविता येत नव्हता. कारण तो टिकाऊ करण्याचा उपाय त्यावेळी माहीत नव्हता. एक पर्यायी मार्ग म्हणजे घन रबर एखाद्या विद्रावकात विरघळून त्याचे द्रावण बनविणे आणि त्याचा उपयोग चिकासारखा करणे हा होय. त्या दृष्टीने इ.स. १७६१ मध्ये एल्. ए. पी. हेरिसाँ व पी. जे. मॅक्यूर या फ्रेंच शास्त्रज्ञांनी काही प्रयत्न केले. तेव्हा त्यांना दिसून आले की, रबर टर्पेंटाइनमध्ये विरघळते. त्यांनी मेणाची एक कांडी बनविली व तीवर रबराचे टर्पेंटाइनमध्ये केलेले द्रावण लावून ते वाळू दिले आणि नंतर मेण

अनुक्रमणिका

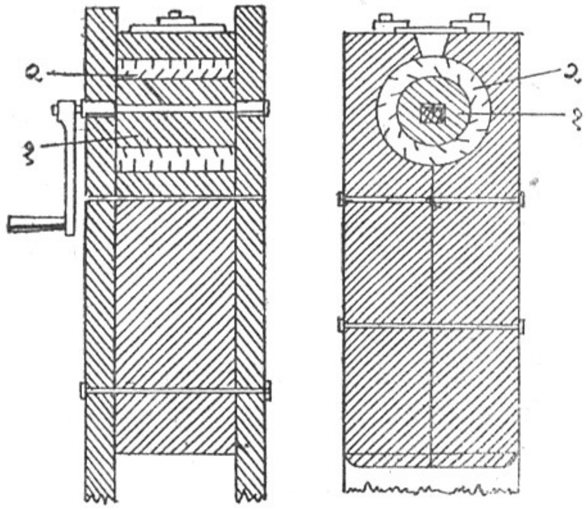
वितळवून काढून टाकले. या कृतीने रबराची नळी त्यांना बनविता आली. तथापि ती लवकरच चिकट होते, असा अनुभव आला. इ.स. १७६८ मध्ये ईथर हे विद्रावक वापरून त्यांनी रबराचे द्रावण बनविले व वरीलप्रमाणे नळी बनविण्यासाठी वापरून पाहिले, पण ईथर त्या काळी दुर्मिळ व महाग होते. त्यामुळे या द्रावणापासून वस्तू बनविणे परवडण्यासारखे नव्हते. त्यानंतर सी. ग्रॅासर्ट यांनी घन रबराच्या ठोकळ्यापासून पट्ट्या कापून काढल्या व त्या काचेच्या नळकांड्यावर गुंडाळून नळी बनविण्याची एक कृती बसविली. दुसऱ्या काही संशोधकांनी असेच आणखीही काही प्रयत्न करून पाहिले; पण ते सर्व या नाही त्या कारणाने अयशस्वी ठरले.

ग्रेट ब्रिटनमध्ये रबर-धंद्यास प्रारंभ

येथे प्रथम सॅम्युएल पील यांनी १७९१ मध्ये टर्पेंटाइन वापरून बनविलेले रबरद्रावण कापडाला लावून ते जलाभेद्य करण्याचा प्रयत्न केला परंतु असे कापड लवकरच. चिकट होते असा अनुभव येऊन त्यांचा धंदा बंद पडला.

एकोणिसाव्या शतकाच्या प्रारंभापासून रबराच्या तंत्रविद्येच्या विकासास प्रारंभ झाला रबर ताणले जाते व पुनः आंकुचन पावते हे त्याकाळीही माहीत झाले होते. टॉमस हॅन्कॉक यांनी १८२० मध्ये रबराच्या या गुणाचा कल्पकतेने उपयोग करून घेण्याचे ठरविले, रबराच्या पातळ पट्ट्या कापल्या व त्या हातमोज्याला लावल्या, तर तो मनगटाला घट्ट धरून बसेल आणि बुटाला लावल्या तर बुटाचे बंद बांधण्या-सोडण्याचा खटाटोप वाचेल, म्हणून अशा पट्ट्या तयार करून वापरण्याचे त्यांनी ठरविले. रबराचे ठोकळे बनवून त्यापासून अशा पट्ट्या कापल्या जात. हे करताना जे बारीक-सारीक तुकडे राहात ते प्रथम वाया जात असत. त्यांचाही उपयोग व्हावा म्हणून त्यांनी एक कल्पना काढली. त्यांना असा अनुभव आला होता की, नुकतेच कापलेले रबराचे तुकडे एकमेकांवर ठेवून दाबले तर चिकटतात. पण बराच वेळ ते राहू दिले व नंतर एकत्र आणले तर मात्र तसे चिकटत नाहीत. म्हणून शिल्लक राहिलेले तुकडे जर किसले व ताजा कीस एकत्र करून दाबला, तर त्याचा ठोकळा बनेल व तो पुन्हा पट्ट्या कापण्यासाठी वापरता येईल, असा त्यांचा तर्क होता.

तुकड्यांचा कीस करण्यासाठी त्यांनी एक यांत्रिक किसणी बनविली. तिची रचना शेंगदाण्याचे कूट करण्यासाठी आपण हल्ली वापरतो त्या छोट्या यंत्रासारखी होती. कूट करण्याच्या यंत्रात आतल्या बाजूस एक नळकांडे असून त्याच्या पृष्ठभागावर भोके पाडून बनविलेले तीक्ष्ण खवले असतात. हॅन्कॉक यांच्या यंत्रातही असेच नळकांडे होते. पण त्याच्या पृष्ठावर तीक्ष्ण खिळे बसविलेले होते. (आकृती ४ : पिकल यंत्र) यंत्राच्या बाहेरील भागाच्या आतील पृष्ठावर तीक्ष्ण पाती होती व आतील नळकांडे फिरविण्याची व्यवस्था होती. रबराचे तुकडे भरून यंत्र फिरविले म्हणजे रबर खिळे व पाती यामध्ये सापडून त्यांचा कीस बनेल अशी हॅन्कॉक यांची अपेक्षा होती. प्रत्यक्षात मात्र असा अनुभव आला की, यंत्र थोडा वेळ चालविल्यावर किसाऐवजी रबराचा लिबलिबीत गोळा बनतो. वास्तविक ही एक इष्टापत्तीच होती. कारण अशा गोळ्यापासून 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!



आकृती ४ : पिकल : १. तीक्ष्ण खिळे असलेले नळकांडे, २. तीक्ष्ण खिळे.

या यंत्रातून बाहेर पडणारा गोळा ताजा असताना गरम व मऊ असे आणि दाब देऊन त्यापासून कमीजास्त जाडीचे ठोकळे किंवा तक्ते सहज बनविता येत. इतकेच नव्हे, तर यंत्राचा उपयोग करून रबरात इतर पदार्थ मिसळताही येतात असे दिसून आले. हॅन्कॉक त्यानंतर रबराचे पातळ तक्तेही बनवू लागले. रूग्णालयात रोग्यांच्या गाद्यांवर पसरवण्यासाठी ते उपयोगी पडते, ते रबराच्या नळ्याही बनवीत.

इ.स. १८२३ च्या सुमारास चार्लस मॅकिंटॉश यांनी जलाभेद्य कापड बनविण्याच्या धंद्याला सुरूवात केली. रबराचे द्रावण बनविण्यासाठी ते कोलटार नॅप्था हे विद्रावक वापरीत. हे विद्रावक त्यावेळी प्रथमच उपलब्ध झाले असून ते टर्पेंटाइनपेक्षा स्वस्त व मुबलक होते. हे रबर-द्रावण कापडाला लावून जलाभेद्य बनविलेले कापड प्रथम चांगले लोकप्रिय झाले पण लवकरच असे दिसून आले की, या कापडाची घडी केली, तर कापडाचे पदर एकमेकांना चिकटून बसतात. या अडचणींवर मात करण्यासाठी मॅकिंटॉश यांनी एक कल्पना लढविली. त्यांनी ठरविले की कापडाला रबराचा थर लावल्यावर त्यावर दुसरे कापड पसरून दाब द्यावयाचा. असे केल्याने रबराचा थर दोन कापडांच्यामध्ये येईल व कापडाचे पदर चिकटण्याचा प्रश्न उद्‌भवणार नाही, अशी त्यांची अपेक्षा होती. ती खरी ठरली. हे कापड पूर्वीच्या जलाभेद्य कापडाच्या मानाने जास्त समाधानकारक झाले व त्यांचा धंदा जोरात चालू लागला. जलाभेद्य कापडाचा उल्लेख 'मॅकिंटॉश' असा केलेला कित्येकदा आढळतो, तो यामुळेच. याच सुमारास हॅन्कॉक यांना असे दिसून आले की, 'पिकल' यंत्राचा उपयोग केला, तर नॅप्थामध्ये रबर विरघळविणे सोपे होते आणि रबराचे प्रमाण भरपूर असलेली द्रावणे बनविता येतात. यापूर्वी जी रबर द्रावणे बनवीत त्यामध्ये रबराचे प्रमाण अल्प असून ती फार दाट असत. पिकल यंत्र वापरून रबर द्रावणे बनवून ती वापरली, तर जास्त चांगले जलाभेद्य कापड बनविता येईल, असे हॅन्कॉक यांना वाटले, व म्हणून, १८३० मध्ये त्यांनी मॅकिंकॉश यांच्या कंपनीत भागीदारीने धंदा सुरू केला. कापडाला द्रावण लावण्यास उपयोगी पडेल असे एक यंत्रही त्यांनी १८३७ मध्ये तयार केले. त्यामध्ये एक आडवा रूळ असून त्यावर एक पट्टी बसविलेली होती. विलेपन करावयाचे कापड रूळ व पट्टी या दोहोंमध्ये असलेल्या फटीतून पलीकडे जाईल अशी योजना होती. रबराचे द्रावण पट्टीच्या मागील बाजूकडून आत घातले म्हणजे त्याचा पातळ थर पट्टीच्या योगाने कापडावर सर्वत्र सारखा पसरविला जाई. त्यानंतर ते कापड एका गरम केलेल्या पेटीवरून पुढे सरके. उष्णतेमुळे द्रावणातील नॅप्था वाफ होऊन उडून जाई व कापड कोरडे होई. असे कापड मॅकिंटॉश यांच्या पद्धतीने वापरले तर जास्त

समाधानकारक असते असे आढळले, पण तेही फार दिवस टिकत नसे. याचे खरे कारण रबराच्या अंगी असलेला एक मूलभूत दोष हे होते. उष्णतेने रबर मऊ व चिकट बनते आणि फार थंड केले म्हणजे कडक व ठिसूळ बनते हाच तो दोष. त्यावर त्याकाळी उपाय माहीत नव्हता. ग्रेट ब्रिटनसारख्या समशीतोष्ण हवामानात हा दोष प्रथम तितकासा जाणवत नव्हता, पण युनायटेड स्टेट्समध्ये मात्र तो फार तापदायक ठरला!

युनायटेड स्टेट्समध्ये धंद्यास सुरूवात

रबराचा प्रवेश येथे रबरी बुटांमुळे झाला. या बुटांनी पाय कोरडे व उबदार राहतात असे दिसून आल्यावर १८२० च्या सुमारास अशा बुटांची आयात फ्रान्समधून होऊ लागली. दक्षिण अमेरिकेत तयार होणारे बूट प्रथम फ्रान्सला 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 ओबडधोबड असत पण वॉलेस यांनी बुटांचे चांगले डौलदार 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 जेमतेम १० सेंटचे रबर लागत असे!

रबरी वस्तू बनविण्याचे काही प्रयत्न देशातही त्याकाळी सुरू झाले होते. चिवट घन रबरापासून आकार देता येईल असे मऊ रबर बनविण्यासाठी १८२० मध्ये हॉवे या संशोधकाने एक यंत्र बनविले व त्याचे एकस्वही मिळविले होते. या यंत्रामध्ये २ जाड लोखंडी रूळ आडवे व समांतर आणि मध्ये थोडी फट ठेवून बसविलेले होते. यंत्र चालू केले म्हणजे रूळ एकमेकांच्या विरूद्ध दिशेने फिरू लागत. घन रबर रूळांमधील फटीच्या जागी टाकून रूळ फिरू दिले म्हणजे रबर फटीत सापडून चेपून निघत असे. हीच क्रिया पुनः पुनः केली म्हणजे मळलेल्या कणकेसारखा मऊ रबराचा गोळा तयार होई. त्याला दाब देऊन हवा तसा आकार देता येई. रबरात काही पदार्थ मिसळावयाचे असतील तर तेही रबराबरोबर यंत्रात समाविष्ट केले म्हणजे रबरात चांगले मिसळले जात.

इ.स. १८३१ मध्ये एडवीन चॅफी यांनी टर्पेंटाइनमध्ये 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 'रॉक्सबरी रबर कंपनी' मध्ये सुरू केला. या निमित्ताने रबर-मिश्रणे बनविण्याची आवश्यकता निर्माण झाली. म्हणून हॉवे यांच्या कल्पनेचा आधार घेऊन आणि इतरांच्या अनुभवाचा उपयोग करून चॅफी यांनी १८३६ मध्ये एक सुधारलेले मिश्रण-यंत्र बनविले. या यंत्रात हॉवे यांच्या यंत्राप्रमाणेच दोन लोखंडी रूळ होते. दोन्ही रूळांची लांबी सारखीच (सु. २ मीटर) होती, पण एकाचा व्यास सु. ६७ सेंमी. (२७ इं.) व दुसऱ्याचा सु. ४५ सेंमी. (१८ इं.) होता व ते वाफेच्या योगाने सु. ९३° सें. (२०० फॅ.) इतके तापविता येतील अशी योजना होती. प्रथम घन रबर व नंतर त्यात मिश्र करावयाचे पदार्थ रूळांमधील फटीच्या ठिकाणी समाविष्ट करून यंत्र चालू केले म्हणजे रूळांच्या फिरण्यामुळे रबर व इतर पदार्थ फटीतून पलीकडे जाऊ लागत. पण रूळांचे व्यास भिन्न असल्यामुळे त्यांच्या फिरण्याच्या गतीत जो फरक पडे त्याच्यामुळे ते केवळ चेपले जात नसत तर रगडले व भरडले जात. त्याचप्रमाणे रूळांचे तापमान अवश्य तेवढे केले म्हणजे रबर मऊ होऊन मिश्रण-क्रिया जास्त चांगल्या प्रकारे घडून येई. या कारणांमुळेच कमी टर्पेंटाइन वापरून किंवा टर्पेंटाइन न वापरताही एकजीव मिश्रणे बनविणे साध्य झाले.

अनुक्रमणिका

या यंत्राच्या पाठोपाठ चॅफी यांनी आणखीही एक यंत्रप्रकार बनविला. त्यामध्ये एकावर एक व समांतर असे भिन्न व्यासाचे व वाफेने तापविता येतील असे ४ रूळ बसविलेले होते. मिश्रण-यंत्राने बनविलेले रबर-मिश्रण आणि त्याचबरोबर कापड रूळावरून जाऊ दिले तर कापडाला रबराच्या पातळ थराचे विलेपन होत असे. हा थर केवळ पृष्ठभागापुरताच नसे तर त्याचा काही भाग कापडाच्या अंतर्भागातही घुसविला जाई व त्यामुळे जास्त पक्का बसत असे. या यंत्र-प्रकाराला कॅलेंडर म्हणतात. तीस टन वजन असलेले हे यंत्र त्या काळच्या यंत्रसामग्रीत अजस्र होते! या यंत्राने रबराचा पातळ पापुद्राही बनविता येत असे.

या यंत्राच्या शोधापूर्वी रबरात पदार्थ मिसळण्यासाठी रबर प्रथम टर्पेंटाईनात किंवा अन्य विद्रावकात विरघळवून द्रावण बनवीत व त्यात मिश्र करावयाचे पदार्थ घालून मिश्रण ढवळीत व अखेरीस विद्रावक काढून टाकून मिश्रण मिळवीत. हा खर्चिक व गैरसोयीचा खटाटोप या यंत्रामुळे वाचला.

चॅफी यांच्या यंत्रामुळे रबर-मिश्रण व रबर-विलेपन या क्रिया सुसाध्य व स्वस्त झाल्या. त्यामुळे जलाभेद्य कापड बनविण्याचा धंदाही भराभराटीस येऊ लागला, पण ही भरभराट फार काळ टिकू शकली नाही. त्याचे कारण वर उल्लेख केलेला रबराचा अस्थिरपणा हा दोष होय.

रबराची ही उणीव लक्षात न आल्यामुळे मोठ्या प्रमाणावर केलेले वस्तु-उत्पादन तोट्यात येऊ लागले. अमेरिकेचे हवामान विषम असल्यामुळे रबरविलेपित कापड त्वरेने लोकांच्या मर्जीतून उतरू लागले व एका मागोमाग एक रबर-कंपन्यांची दिवाळी निघू लागली. त्यातल्या त्यात रॉक्सबरी कंपनी काही काळ तग धरू शकली पण अखेर तिची गतही इतरांसारखीच होऊन १८३९ च्या सुमारास अमेरिकेतील रबर-उद्योग नामशेष होण्याच्या मार्गास लागला.

मध्यंतरीच्या काळात १८३४ मध्ये न्यूयॉर्कमधील एका दुकानात अनेक रबरी वस्तूंचे प्रदर्शन मांडले होते. त्यामध्ये एक प्राण-रक्षक जॅकेट होते. हवा भरून ते फुगविता येत असे. त्याचे कापड रबर-विलेपित असल्यामुळे भरलेली हवा बाहेर जात नसे. हे जॅकेट अंगात घातले म्हणजे समुद्र-प्रवासात अपघाताने पाण्यात पडलेला मनुष्य तरंगत राहून आपला जीव बचावू शकत असे. या जॅकेटमध्ये हवा भरण्यासाठी एक विशेष प्रकारची झडप लावलेली होती. त्यामुळे आत भरलेली हवा बाहेर पडण्यास अटकाव होई. चार्लस गुडइयर या नावाचे एक गृहस्थ या दुकानावरून जात असताना त्यांचे लक्ष या जॅकेटच्या झडपेकडे गेले. लोखंडी सामानाची खरेदी-विक्री हा त्यांचा धंदा होता आणि कल्पकता लढवून नव्या वस्तू बनविणे हा एक छंद होता. जॅकेटसाठी या झडपेपेक्षा जास्त सोईची झडप आपणास बनविता येईल, असे त्यांना वाटले व त्यांनी हे जॅकेट पाहिल्यावर काही दिवसांनी आपल्या कल्पनेप्रमाणे एक प्रायोगिक झडप बनविली. ही नवीन तऱ्हेची झडप रॉक्सबरी कंपनीला दाखवावी व ती विकून आपल्या शोधापासून फायदा मिळवावा, या उद्देशाने ते कंपनीच्या व्यवस्थापकांना भेटले. त्यांना झडप पसंत पडली, पण ती घेण्यास मात्र त्यांचे मन धजेना! झडपेच्या उपयुक्ततेबद्दलच्या व किंमतीच्या वाटाघाटी बाजूस ठेवून ते गुडइयर यांना म्हणाले, "रबराला टिकाऊपणा आणण्यासाठी काही उपाय हवा आहे. त्यासंबंधी काही करता आले तर पाहा. वास्तविक किती बहुगुणी आहे ते. मऊ, जलरोधी, लवचीक, पण टिकाऊपणा नसल्यामुळे हे सारे गुण मातीमोल ठरत आहेत. रबरी वस्तू टिकाऊ झाल्या तरच या तुमच्या झडपेसारख्या क्लृप्त्यांचा उपयोग होणार."

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

आकृती ५ : चार्लस गुडइयर व्हल्कनीकरण प्रक्रियेचे संशोधक.

चार वर्षे अविश्रांत परिश्रम केल्यावर त्यांना वाटले की, नायट्रिक अम्लाच्या वाफेने रबर टिकाऊ बनते. पण ही कल्पना फसवी ठरली आणि पदरी निराशा आली. तरीही त्यांनी हार खाल्ली नाही. नव्या दमाने त्यांनी पुनः प्रयत्नास सुरूवात केली आणि १८३९ च्या अखेरीस त्यांना यश आले. रबरामध्ये गंधक मिसळून मिश्रण तापविले, तर रबराचा अस्थिरपणा नाहीसा होतो, असा त्यांना शोध लागला. या खटपटीमध्ये एन्. हेवर्ड या एका तरूणाची त्यांना बरीच मदत झाली. रबराचा दोष दूर करण्याचा हा उपाय नंतर मोठ्या प्रमाणावर वापरून पाहण्यात आला व तो यशस्वी ठरला. या प्रकियेला ‘व्हल्कनीकरण’ असे नाव व्हल्कन या रोमन अग्निदेवतेच्या नावावरून देण्यात आले. व्हल्कनीकरणामुळे रबर केवळ टिकाऊ बनते एवढेच नाही, रबराच्या इतर गुणांतही त्यामुळे भर पडते, असे दिसून आल्यावरून त्याचे महत्त्व आणखीनच वाढले. या शोधाचे एकस्व अमेरिकेत मिळवावे म्हणून गुडइयर यांनी प्रथम तयारी चालविली होती परंतु रबराच्या धंद्याचा अमेरिकन जनतेने इतका धसका घेतला की, अमेरिकन एकस्वापासून फायदा होणार नाही, हे जाणून त्यांनी ग्रेट ब्रिटनमधील मॅकिंटॉश कंपनीशी संधान बांधले, पातळ, हलके व टिकाऊ जलाभेद्य कापड बनविण्याची कृती या कंपनीला हवी होती. त्यासाठी ही प्रकिया उपयोगी पडते असा अनुभवही आला.

व्हल्कनीकरणाने 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 प्रकिया बसविली आणि तिचे एकस्व मिळावे म्हणून २० नोव्हेंबर १८४३ रोजी अर्ज दाखल केला. या

घटनेमुळे हा शोध मूळचा कोणाचा? गुडइयर यांचा का हॅन्कॉक यांचा - असा वाद निर्माण झाला; सुदैवाने तो लवकरच मिटला. गुडइयर हेच या प्रक्रियेचे मूळ संशोधक ठरले. व ३० जोनवारी, १८४४ रोजी त्यांना एकस्व मिळाले.

रबर-धंद्याच्या इतिहासात या शोधाला अनन्यसाधारण महत्त्व आहे. या शोधामुळेच रबराचा धंदा भक्कम पायावर उभा राहिला. रबराच्या वस्तू बनविण्याचे प्रयत्न सुरू झाल्यापासून सुमारे ८० वर्षांनी आणि रबर माहीत झाल्यापासून जवळ जवळ ३५० वर्षांनी रबर टिकावू करण्याची ही किमया मनुष्यास साध्य झाली!

व्हल्कनीकरणासाठी सामान्यतः गंधक, झिंक ऑक्साइड व लिथार्ज इत्यादी पदार्थ रबरात चांगले मिसळून ते मिश्रण वस्तू बनविण्याच्या साच्यात भरतात व त्याला आवश्यक तेवढा दाब व उष्णता देतात. योग्य वेळानंतर साचा उघडला म्हणजे रबराची टिकावू वस्तू मिळते. ती उन्हाळा असो की हिवाळा असो, जशीच्या तशी राहते. मऊ, चिकट, कडक किंवा ठिसूळ बनून निरूपयोगी होत नाही.

यानंतर थोड्याच वर्षांनी १८४६ मध्ये बर्मिंगहॅम येथील अलेक्झँडर पार्क्स यांनी असे निदर्शनास आणले की, रबरात गंधक मिसळण्याऐवजी सल्फर मॉनोक्लोराइड हे गंधकाचे संयुग, कार्बन डायसल्फाइड किंवा नॅफ्था यात विरघळविले आणि त्यात रबरी वस्तू बुडविली, तरीही व्हल्कनीकरण घडून येते. या पद्धतीत गंधक लागत नाही, तसेच वस्तूला उष्णताही द्यावी लागत नाही, हे विशेष आहे. म्हणून या पद्धतीला थंड व्हल्कनीकरण किंवा शीतोपचार म्हणतात. रबरी फुगे, हातमोजे इत्यादींसारख्या पातळ वस्तूंसाठी ही पद्धत फार उपयोगी पडते.

सल्फर मॉनोक्लोराइडचे द्रावण न बनविता त्याच्या वाफेत रबरी वस्तू ठेवली, तरीही व्हल्कनीकरण होऊ शकते, असे १८७८ मध्ये डब्लू. ॲबट यांना दिसून आले. व्हल्कनीकरणाच्या या पर्यायी प्रकियेचा उपयोगही कित्येक ठिकाणी होतो.

कठीण रबर-प्रकार

व्हल्कनीकरणासाठी रबरामध्ये सुमारे २ टक्के इतकेच गंधक वापरतात. हे प्रमाण जर सुमारे ३२ टक्क्यांपर्यंत वाढविले, तर एक लाकडासारखा कठीण पदार्थ बनतो, असे नेल्सन गुडइयर यांना १८५० मध्ये दिसून आले. याला व्हल्कनाइट, एबोनाइट, किंवा कठीण रबर (हार्ड रबर) असेही म्हणतात. हा एक उपयुक्त पदार्थ आहे. त्याचा उपयोग मोटारीतील विजेच्या बॅटरीच्या पेट्या, दाताच्या कवळ्या, फौंटनपेनच्या नळ्या, कृत्रिम अवयव, धुम्रपानाच्या पाइपाचा तोंडात धरण्याचा भाग इत्यादी वस्तूंसाठी पूर्वी फार होई. अजूनही ते अनेक ठिकाणी वापरले जाते, पण काही ठिकाणी त्याची जागा हल्ली प्लॅस्टिकांनी घेतली आहे.

मध्यंतरीच्या काळात रबरी वस्तू बनविण्याचे कारखाने फ्रान्स, जर्मनी व रशिया या देशांतही निघाले.

अनुक्रमणिका

रबरी धावा (टायर)

आज रबराचा सर्वांत जास्त खप मोटारी, सायकली व विमाने इत्यादींच्या पोकळ ट्यूबा व टायर या बनविण्यासाठी होतो. चाकावर रबरी धावा चढविण्यास सुरूवात झाली ती भरीव धावापासून. लंडनमधील घोडागाडीच्या चाकांना भरीव धावा प्रथम १८६१ मध्ये बसविण्यात आल्या. त्यामुळे प्रवास जास्त सुखकर झाला आणि रस्त्यावरून गाड्या जाताना लोखंडी धावांमुळे होणारा खडखडाट बंद झाला. याच सुमारास सायकलीचा शोध लागला. त्या वेळच्या सायकली आजच्या सायकलींसारख्या आरामशीर नव्हत्या, तरी प्रवास करण्याचे एक स्वतंत्र व सुटसुटीत साधन म्हणून त्या लोकप्रिय झाल्या होत्या. त्यांना भरीव रबरी धावा बसविण्यात आल्या आणि त्यामुळे रबर-कारखान्यांना उत्पादनाचे एक नवीन क्षेत्र निर्माण झाले.

आज प्रचलित आहेत अशा पोकळ रबरी टायर-ट्यूबा बसविण्याची कल्पना १८८८ मध्ये जॉन बॉइड डनलॉप यांना सुचली. अशीच कल्पना त्यापूर्वी १८४५ मध्ये आर्. डब्ल्यू. टॉमसन यांनाही सुचली होती व त्यांनी त्यासंबंधी काही प्रयत्नही केले होते परंतु त्यावेळी तिचे महत्त्व लोकांना पटले नाही व व ती मागे पडली. डनलॉप यांना मात्र हे माहीत नव्हते म्हणून त्यांनी स्वतंत्रपणे प्रयत्न आरंभिले. त्यांनी प्रथम आपल्या मुलाच्या तीनचाकी सायकलीच्या चाकांना हवा भरून फुगविलेल्या रबरी नळ्या बांधल्या आणि चाचणी घेतली. डनलॉप आयर्लंडमध्ये पशुवैद्यकाचा व्यवसाय करीत असत. त्यानिमित्त गावोगावी सायकलीवरून जाताना रस्त्यातील खाचखळग्यांमुळे हादरे बसून हाडे कशी खिळखिळी होतात, याचा त्यांना चांगला अनुभव होता. त्यांनी केलेल्या प्राथमिक धावा म्हणजे चाकाला बसविलेल्या हवा भरलेल्या पोकळ रबरी नळ्या, त्यावर कॅनव्हास कापडाचे आवरण व सर्वांत वर गुंडाळलेल्या जाड रबरी पट्टया होत्या. तीनचाकी सायकलीवर प्रयोग करून पाहिल्यावर दुचाकींना त्या बसविण्यात आल्या आणि लोकांना त्या पसंत पडतात, असे आढळल्यावर डनलॉप यांनी त्यांचे एकस्व मिळविले. इतकेच नव्हे तर, १८८९ मध्ये एच्. ड्यू. क्रॉस यांच्या सहकार्याने अशा धावा बनविण्याचा एक कारखानाही काढला. आता आपण वापरतो त्या तऱ्हेचे चाकाच्या खोबणीत व कडेला घट्ट बसणारे टायर १८९० सी. के. वेल्च यांनी प्रथम बनविले आणि त्यांचे एकस्व मिळविले. डनलॉप कंपनीने ते विकत घेतले व उत्पादन चालू केले. त्यामुळे सायकलींना ते बसविणे शक्य झाले. त्यानंतर १८९५ मध्ये आंद्रे व एड्युअर्ड मिचेलिन यानी पॅरिस ते बोर्डो व तेथून परत अशा मोटार-शर्यतीमध्ये आपल्या मोटारीच्या चाकांना रबरी टायर बसवून वापरून पाहिले. ते पूर्णपणे समाधानकारक नव्हते ते खरे, तरी या प्रयत्नामुळे त्यांचा प्रसार होण्यास मदत झाली. इ.स. १९१० मध्ये विमानांच्या चाकांसाठी डनलॉप कंपनीने पोकळ रबरी टायर बनविले.

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

कच्च्या रबराचा पुरवठा

मोटारींच्या टायरसाठी रबर वापरू लागल्यापासून रबराची मागणीही वाढू लागली. इ.स. १८५० मध्ये रबराचा जागतिक खप १४६७ टन होता तो १८९७ मध्ये २१,२६० टन इतका झाला. त्याकाळी रबराचा

पुरवठा मुख्यतः ब्राझीलमधून होत असे व जंगलात इतस्ततः वाढणाऱ्या झाडांपासून ते मिळविले जाई. जंगलात ही झाडे एकाच ठिकाणी नसल्यामुळे रबरचीक जमा करण्यासाठी कामकऱ्यांना खूप भटकावे लागे. चीक काढण्याची ठराविक व कार्यक्षम पद्धतही नव्हती. त्यामुळे खोडाला हव्या तशा व अतिरिक्त खाचा पाडल्यामुळे झाडे मरूनही जात. रबराची मागणी वाढू लागल्यावर जास्त चीक मिळविण्यासाठी कामगारांना वेठीस धरण्यात आले; त्यांच्यावर जुलूम-जबरदस्ती होऊ लागली व त्यामुळे असंतोष निर्माण होऊ लागला. झाडांची संख्या मर्यादित असल्यामुळे ब्राझीलचा पुरवठा अपुरा पडणार हेही स्पष्ट झाले. आफ्रिकेच्या जंगलातील फुंटुमिया इलॅस्टिका व लँडोल्फिया या झाडांपासून काही रबर मिळविले जाई. परंतु ते हेवियाच्या रबरापेक्षा कमी दर्जाचे असे.

कच्च्या रबराची चणचण आज ना उद्या भासू लागणार याची जाणीव रबर-धंद्याला अगोदरच होऊ लागली होती व त्या दृष्टीने तरतूद करण्यासाठी योजना आखल्या जात होत्या. रबराच्या झाडांच्या लागवडी करणे हा एक प्रभावी मार्ग होता. म्हणून रबर-चीक देणाऱ्या अनेक वनस्पतींपैकी कोणत्या योग्य होतील आणि लागवडी कोठे करता येतील हे ठरविणे आवश्यक होते. त्यासाठी रिचर्ड स्प्रूस व रॉबर्ट क्रॉस या वनस्पति-शास्त्रज्ञांनी हेविया या वनस्पति-वंशातील अनेक जाती जमा केल्या.

इ.स. १८७२ मध्ये लंडन फार्मास्यूटिकल सोसायटीचे जेम्स कॉलिन्स यांनी त्यांचा अभ्यास करून हेविया ब्राझीलिएन्सिस ही जात आशिया खंडात लावण्यास योग्य आहे, अशी शिफारस केली व लागवडीसाठी श्रीलंका, मलेशिया (मलाया), बोर्नियो व भारत ही ठिकाणे सुचविली.

लागवडी करण्याच्या मार्गात त्याकाळी एक मोठी अडचण होती. ती म्हणजे हेवियाचे भरपूर बी मिळविणे ही. हे बी निर्यात करणे आपल्या हिताचे नाही हे जाणून दक्षिण अमेरिकेने ते बाहेर नेण्यास बंदी केली होती, पण हेन्री विक्हॅम या धाडसी व्यक्तीने त्यातून मार्ग काढला व हा प्रश्न सोडविला. त्यांनी १८७६ च्या सुमारास दक्षिण अमेरिकेस जाऊन बरेच बी जमा केले. तसेच क्यू उद्यानासाठी दुसृया काही वनस्पतीही मिळविल्या आणि त्याबरोबरच हे बीही बोटीवर चढविले. असे सांगतात की, बोटीवर भरलेल्या मालाची तपासणी झाली असती, तर बी बाहेर जात असल्याचे उघडकीस आले असते. म्हणून त्यांनी बंदरावरील अधिकाऱ्यांना सांगितले की, "लंडनमधील क्यू उद्यानासाठी अनेक नाजुक वनस्पतींचे नमुने मी घेतले आहेत. बोटीची तपासणी करण्यात वेळ गेला, तर त्या मरून जातील! तपासणी करूच नये, तिची काही आवश्यकताच नाही!" विक्हॅम यांचे म्हणणे अधिकाऱ्यांना पटले आणि हेवियाचे बी लंडनला निर्यात झाले, अशी आख्यायिका आहे. क्यू उद्यानात बियांपासून रोपे करण्यात आली व ती प्रथम श्रीलंका 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 लागवडींपासून मिळविलेले असते. मूळच्या झाडांपासून हेक्टरी दरसाल सुमारे ५०० किग्रॅ. रबर मिळे; पण डच मळेवाल्यांनी १९१० पासून चांगले बी वापरण्यास व कलमे करण्यास सुरूवात केली. त्यामुळे उत्पादनात वाढ होऊन आज हे प्रमाण दरसाल हेक्टरी सुमारे २ हजार किग्रॅ. इतके वाढले आहे. मोठमोठ्या मळ्यांप्रमाणेच १९१८ ते १९३८ या काळात लहान रबर-लागवडीही अस्तित्वात आल्या आहेत. रबर-उत्पादन हा एक श्रमप्रधान उद्योग आहे. इ.स. १९३१ ते १९३८ या कालखंडात सुमारे ५ लक्ष हिंदी मजूर मलेशियात गेले. त्यांना या उद्योगाने आश्रय दिला.

अनुक्रमणिका

रबर-धंद्याच्या प्रारंभी वस्तू बनविण्यासाठी करावयाच्या मिश्रणात रबराबरोबर गंधक, लिथार्ज, मॅग्नेशिया इ. मोजके पदार्थ वापरीत. गंधकामुळे व्हल्कनीकरण घडते व इतर पदार्थांमुळे ही क्रिया 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. हाइंझरलिंग व डब्ल्यू. पाहूल यांनी रबरात असे पदार्थ मिसळल्याने वस्तूच्या गुणधर्मांवर काही परिणाम घडतो का हे अजमावण्यासाठी १८९१ मध्ये संशोधनास सुरूवात केली. मॅग्नेशिया व झिंक ऑक्साइड यांनी रबरी वस्तूची बळकटी वाढते असे त्यांना दिसून आले. मिश्रणात कार्बन ब्लॅक समाविष्ट केले असता वस्तूला त्याहीपेक्षा जास्त बळकटी येते हे १९०४ मध्ये एस्. सी. मोट यांनी दाखविले.

रबरी वस्तूंच्या गुणधर्मांचे मूल्यमापन करण्यासाठी वापरावयाच्या पद्धती आणि परीक्षण करण्याची उपकरणे यांचा विकास १९०८ पासून होऊ लागला. त्यांच्या साहाय्याने जे ज्ञान मिळाले त्यामुळेच रबरी वस्तूंमध्ये आवश्यक ते गुण योग्य त्या प्रमाणात यावेत यासाठी रबरामध्ये कोणते पदार्थ मिसळावे व ते किती प्रमाणात मिसळावे, याचे आता एक शास्त्र बनले आहे; तसे पूर्वी नव्हते. मोटारींचे आधुनिक रबरी टायर इतके टिकाऊ बनले आहेत, त्याचे एक कारण ते बनविण्यासाठी योग्य पदार्थ वापरून डोळसपणाने केलेली रबर-मिश्रणे होत.

मोटारींचा प्रसार होऊ लागल्यावर रबराची मागणीही वाढू लागली. त्यामुळे किंमतीत चढउतार होऊ लागला. कित्येकदा तो जाणवेल इतका तीव्र असे. शिवाय रबराच्या लागवडी मुख्यतः आग्नेय आशियात असल्यामुळे यूरपमधील काही राष्ट्रांना त्याच्या पुरवठयची शाश्वती वाटत नव्हती. जर्मनी व रशिया ही अशा राष्ट्रांची उदाहरणे होत. या कारणांमुळे मानवी प्रयत्नांनी कारखान्यात रबर बनविणे राष्ट्रांच्या हिताचे होईल हे जाणून त्या दृष्टीने संश्लेषणाने रबर बनविण्याच्या प्रयत्नांना प्रथम चालना मिळाली. एखादा नैसर्गिक पदार्थ संश्लेषणाने बनवावयाचा असेल तर नैसर्गिक पदार्थांच्या रेणूमध्ये अणूंची जशी रचना असेल तशी मानवी प्रयत्नांनी घडवून आणावी लागते. म्हणून रबराच्या रेणूत कोणती मूलद्रव्ये आहेत व ती एकमेकांस कशा तऱ्हेने जोडली गेलेली आहेत या संबंधीचे ज्ञान असणे अत्यंत महत्त्वाचे होते. रबरावर अनेक रासायनिक विक्रिया करून शास्त्रज्ञांनी ते मिळविले. त्याचप्रमाणे रासायनिक मार्गांनी रबराच्या रेणूचे खंड पडल्याने मिळालेल्या पदार्थांपासून, ते खंड रासायनिक क्रियांनी परत जोडून रबर बनविण्याचे प्रयत्न करून पाहिले. त्यात काही प्रमाणात त्यांना यश आले परंतु या ज्ञानाचा उपयोग करून प्रत्यक्ष नैसर्गिक रबर बनविण्याचे प्रयत्न करण्याऐवजी रबराच्या रेणूशी साम्य असलेले रबर-सदृश पदार्थ बनवून पाहणे जास्त श्रेयस्कर होईल असे शास्त्रज्ञांच्या लवकरच लक्षात आले. म्हणून त्या दिशेने त्यांनी प्रयत्न आरंभिले. (प्रकरण ६ पहा)

संश्लेषित रबर-विकासाच्या या प्राथमिक अवस्थेत असे दिसून आले की या संश्लेषित पदार्थांचे व्हल्कनीकरण घडविणे फार कठीण असते. त्याचप्रमाणे हवेतील ऑक्सिजनमुळे ही रबरे लवकर खराब होतात. यावर उपाय शोधताना जर्मन शास्त्रज्ञांना असे आढळून आले की पिपेरिडिन या क्षारकीय पदार्थामुळे ऑक्सिजनचा अनिष्ट परिणाम कमी होतो व व्हल्कनीकरण फारच त्वरेने होते. त्यानंतर नैसर्गिक रबरावर असेच प्रयोग करून पाहण्यात आले तेव्हा तेथेही अशाच कार्बनी क्षारकीय पदार्थांमुळे व्हल्कनीकरण-वेग बराच वाढतो असा प्रत्यय आला. या निरीक्षणाच्या आधाराने अनेक अमाईने आणि ॲलिफॅटिक व ॲरोमॅटिक अमाइनांची कार्बन डायसल्फाइडबरोबर रासायनिक विक्रिया होऊन बनलेली संयुगे या कामी वापरून पाहण्यात आली. त्यांपैकी कित्येक उपयोगी ठरली. याच सुमारास पण स्वतंत्रपणे, अमेरिकेतील

डायमंड रबर कंपनीतील जॉर्ज ऑनस्लागर यांनी कमी प्रतीचे रानटी रबर चांगल्या दर्जाच्या रबराच्या जागी वापरता यावे या हेतूने ॲनिलीन या क्षारकीय पदार्थांचा उपयोग १९०६ मध्ये करून पाहिला. तेव्हा त्यांना आढळले की ॲनिलिनमुळे रानटी रबरांचे, तसेच चांगल्या प्रतीच्या रबराचेही व्हल्कनीकरण त्वरेने घडून येते. ॲनिलीन विषारी असते असा अनुभव आल्यावर त्याच्या ऐवजी कार्बन डायसल्फाइडबरोबर ॲनिलिनची विक्रिया होऊन बनलेले थायोकार्ब ॲनिलाइड हे संयुग व त्याच्या पाठोपाठ अशीच अनेक संयुगे वापरून पाहण्यात आली व तीही या दृष्टीने उपयुक्त आहेत असा प्रत्यय आला. अशा पदार्थांना व्हल्कनीकरण-प्रवेगके किंवा प्रवेगके म्हणतात. रबर-मिश्रणात त्यांचा समावेश केल्याने व्हल्कनीकरण-वेग वाढतो येवढेच नव्हे तर तापमानही कमी लागते आणि गंधकाचे प्रमाणही कमी करता येते. याशिवाय रबरी वस्तूंच्या उपयुक्त गुणातही त्यांच्या योगाने सुधारणा होते असा अनुभव आल्यामुळे रबर-धंद्यात प्रवेगके अत्यंत महत्त्वाची ठरली आहेत. आज हजारो प्रवेगके ज्ञात असून त्यामध्ये विविध रासायनिक संयुगांचा समावेश आहे. प्रवेगकांच्या शोधापूर्वी व्हल्कनीकरणास लागणारा कालावधी कमी व्हावा म्हणून लेड कार्बोनेट, लिथार्ज आणि कॅल्शियम व मॅग्नेशियम यांची ऑक्साइडे इ. अकार्बनी पदार्थ वापरीत; परंतु ते आधुनिक कार्बनी प्रवेगकांइतके कार्यक्षम नव्हते.

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

इ.स. १९२० नंतर रबर-चिकाचा उपयोग वस्तू बनविण्यासाठी होऊ लागला. ही सुद्धा एक महत्त्वाची घटना आहे. चिकामध्ये अमोनिया मिसळून तो टिकाऊ करणे साधल्यामुळे त्याची दूरवर निर्यात शक्य झाली. इ.स. १९२३ च्या सुमारास श्रीलंका, मलेशिया व जावा येथील मळे सुस्थापित झाले व घन रबर व चीक पुरविण्याइतके त्यांचे उत्पादन होऊ लागले. चिकामध्ये मोठ्या प्रमाणात असलेले पाणी ही निर्यातीच्या मार्गातील एक अडचण होती, परंतु त्यानंतर लवकरच संहत चीक बनविण्याच्या प्रक्रिया साध्य झाल्यामुळे अनेक संहत चीक-प्रकार उपलब्ध झाले आहेत, हे मागे आलेच आहे. इ.स. १९२४ पासून चिकाचा उपयोग करून निमज्जन पद्धतीने (प्रकरण ४ पहा) वस्तू बनविण्यास सुरूवात झाली. या पद्धतीत जी वस्तू बनवावयाची असेल तिचा लाकडी अथवा चिनी मातीचा बनविलेला आकार चिकात बुडवून बाहेर काढतात व वाळल्यावर वस्तू त्या आकारापासून सोडवून घेतात. रबर-फेस किंवा सच्छिद्र रबर व त्याच्या वस्तू बनविण्यासाठीसुद्धा चिकाचा उपयोग केला जातो.

दुसरे महायुद्ध सुरू झाल्यावर १९४१ मध्ये जपानने आग्नेय आशियातील रबर-लागवडींचा ताबा मिळविला तेव्हा ग्रेट ब्रिटन व अमेरिका यांच्यापुढे रबर-पुरवठ्याचा प्रश्न उभा राहिला. या राष्ट्रांनी संश्लेषित रबरे बनविण्याचे प्रयत्न यापूर्वी थोडेफार केले होते, पण मोठ्या प्रमाणावर निर्मिती केली नव्हती. युद्धसामग्रीत रबर महत्त्वाचे असल्यामुळे रबर पुरेसे मिळाले नाही, तर शरणागतीची वेळ येईल, याची जाणीव तीव्रतेने होऊ लागली. अमेरिकेने रबराचा काही साठा करून ठेवला होता; पण तो जेमतेम एक वर्ष पुरेल इतकाच होता. अमेरिकेत त्यावेळी जी संश्लेषित रबरे बनत होती ती मुख्यतः विशेष ठिकाणी उपयोगी पडणाऱ्या प्रकारची होती. सर्वसामान्य उपयोगासाठी (टायर वगैरे बनविण्याकरिता) योग्य अशा जीआरएस (आता एसबीआर म्हणतात) वगैरे रबरांचे उत्पादन होत नव्हते परंतु प्रयत्नांची पराकाष्ठा करून १९४४ च्या अखेर अमेरिकेने अशा तऱ्हेच्या रबरांचे उत्पादन १० लक्ष टन इतक्या मोठ्या प्रमाणावर केले.

अनुक्रमणिका

युद्ध संपल्यानंतर रबर-लागवडी पूर्ववत होऊ लागल्या आणि नैसर्गिक रबर पुनः उपलब्ध झाले. संश्लेषित रबरांच्या उत्पादनात अमेरिकेने बरेच भांडवल गुंतविले असल्यामुळे त्यांची निर्मिती बंद करणे तोट्याचे होते. त्यामुळे नैसर्गिक रबराशी त्यांना स्पर्धा करणे आवश्यक झाले. तथापि दिवसेंदिवस रबराचे नवनवीन उपयोग माहीत झाल्यामुळे रबराचा खप सतत वाढत आहे. शिवाय काही संश्लेषित रबरे आपल्या विशेष गुणांमुळे कित्येक ठिकाणी अप्रतिम आहेत, असा अनुभव आल्यामुळे नैसर्गिक व संश्लेषित या दोन्ही रबर प्रकारांचा खप वाढत राहिला आहे.

आज संश्लेषित रबरे आणि नैसर्गिक रबर या दोन्ही क्षेत्रांत संशोधन चालू आहे नैसर्गिक रबराच्या रेणूत फेरफार करून त्यात इष्ट ते गुणधर्म आणण्याचे प्रयत्न होत आहेत; तसेच त्याचे हेक्टरी उत्पादन वाढवून किंमत खाली आणण्याचेही प्रयत्न केले जात आहेत.

रबरी वस्तू बनविताना कच्च्या रबरामध्ये गंधक, झिंक ऑक्साइड, प्रवेगके, कार्बन ब्लॅक इत्यादी पदार्थ मिसळावे लागतात, याचा उल्लेख झालाच आहे. या पदार्थांप्रमाणेच प्रवेगकांना कार्यप्रवृत्त करण्यासाठी, हवेतील ऑक्सिजन व ओझोन वायू आणि सूर्यप्रकाश यांचा रबरी वस्तूवर होणारा विनाशक परिणाम कमीत कमी व्हावा, वस्तूला इष्ट तो रंग यावा या व अशाच इतर कारणांसाठी कित्येक पदार्थांचा रबर-मिश्रणात समावेश करावा लागतो. (प्रकरण ४ पहा).

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

भारतीय रबर-उद्योग

भारतात रबर-धंद्याची सुरूवात १९२० मध्ये झाली. कलकत्ता येथे त्यासाली डिक्सी आया रबर फॅक्टरी या नावाचा सर्वसामान्य रबरी मालाचा एक कारखाना सुरू झाला. तो १९२५ पर्यंतच चालला. त्यानंतर १९२८ मध्ये बेंगॉल वॉटरप्रुफिंग वर्क्स नावाचा जलाभेद्य कापड बनविण्याचा एक आणि रबर-विलेपित तारा बनविण्याचा एक असे दोन कारखाने कलकत्त्यात निघाले. रबर-धंद्याची खरी सुरूवात मात्र १९३४ मध्ये झालेल्या 'इंटर-नॅशनल रबर रेग्युलेशन ॲग्रिमेंट' या करारानंतर झाली. या करारामुळे भारतातील बरेच रबर देशी उद्योगास किफायतशीर भावात उपलब्ध झाले. भारतात मजुरीचे दर कमी असल्यामुळे कित्येक परदेशी कंपन्यांनीही आपले कारखाने भारतात स्थापन केले. दुसऱ्या महायुद्धाने भारतीय रबर-धंद्यास अनुकूल परिस्थिती प्राप्त झाली. युद्धकाळात, आवश्यक वस्तूंखेरीज इतर उत्पादनावर जरी नियंत्रण होते तरी यंत्रसामग्रीत 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 बाकीची 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 रूपयांच्या घरात पोचले आहे. या कारखान्यांत मोटारींचे व सायकलींचे विविध प्रकारचे टायर व ट्यूबा बनविल्या जातात. त्यासाठी सु. ५० टक्के रबर वापरले जाते. याशिवाय पादत्राणे, ट्रालींची चाके, रूळ, अस्तरे, चालक व वाहक पट्टे, नळ व नळ्या, रबर-विलेपित कापड व तारा, सच्छिद्र रबर, रबरी धागे, चेंडू व इतर खेळणी, खोडरबरे इत्यादी नानाविध वस्तू तयार होतात. अजूनही लघु उद्योग-क्षेत्रात व्ही पट्टे, घरगुती उपयोगांच्या नळ्या, छापखान्यांचे रूळ, हवामानखात्याला लागणारे फुगे, भरीव धावा, धागे, आसंजके (वस्तू चिकटविण्यास उपयोगी द्रावणे) इत्यादींच्या उत्पादनास आणि मोटारींच्या वापरलेल्या टायरवरील झिजलेला खवल्यांचा भाग काढून त्याजागी नवीन खवले बसवून टायर पुनः वापरण्यायोग्य करण्याचा (रिट्रेडिंग) व्यवसाय यांना चांगला वाव आहे.

रबर-धंद्यास लागणारी बहुतेक सर्व यंत्रसामगी आता भारतात तयार होते. टायरच्या उत्पादनाची यंत्रसामग्री मात्र आयात करावी लागते. रबर-धंद्यात लागणारे इतर पदार्थही 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 ओझोन 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 बनविणारे ४ कारखाने भारतात आहेत.

टिटॅनियम डायऑक्साइडचे उत्पादन त्रिवेंद्रम येथील टिटॅनियम प्रॉडक्टस् लि. या कारखान्यात होते. याशिवाय लागणारे स्टिअरिक अम्ल, झिंक, ऑक्साइड, पाईन टार, इत्यादी पदार्थही भारतात तयार होतात. टायरसाठी लागणारे सुती, रेयॉन व नायलॉनचे कॉर्ड कापड, कंगोऱ्यात घालण्याच्या तारा, ट्यूबच्या झडपा इ. माल मुंबई, कलकत्ता, राजस्थान व दिल्ली येथे तयार होतो.

भारतीय रबरी वस्तूंना परदेशातही मागणी आहे. इ.स. १९८१-८२ या साली सु. ४०,३०,००,००० रूपये किंमतीचा माल निर्यात झाला.

***

अनुक्रमणिका

प्रकरण ४

रबराच्या वस्तू कशा बनवितात ?

रबराच्या वस्तू केवळ कच्च्या नैसर्गिक किंवा संश्लेषित रबराच्या नसतात. वस्तूच्या अंगी आवश्यक असलेले गुण यावे यासाठी कच्च्या रबरांत अनेक पदार्थ मिसळावे लागतात आणि त्या मिश्रणावर काही प्रकिया 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-धंद्याच्या प्रारंभी अशी समजूत होती की, वस्तू निर्भेळ रबराची बनविणेच उत्तम, पण तसे करावयाचे म्हटले तर वस्तू महाग पडेल म्हणून ती स्वस्त करण्यासाठीच त्यात इतर स्वस्त पदार्थांची भर घालावयाची. परंतु व्हल्कनीकरणाचा शोध लागला तेव्हा गंधक, लिथार्ज, झिंक ऑक्साइड 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 रबरात इतर पदार्थ मिसळतात हा गैरसमज दूर झाला.

वस्तूंचे अपेक्षित गुण

रबरी वस्तूंच्या उपयोगाचे क्षेत्र फार विस्तृत आहे. वस्तुपरत्वे तीमध्ये काही गुण अत्यंत आवश्यक असतात तर काही थोड्या प्रमाणात असले किंवा नसले तरी चालतात, उदाहरणार्थ, चड्डी कमेरला घट्ट बसावी म्हणून तिला लावण्याच्या रबरी पट्टीच्या अंगी प्रत्यास्थता हा गुण मोठ्या प्रमाणात हवा असतो पण विद्युत्-प्रवाहरोध या गुणांची आवश्यकता नसते. मोटारीच्या टायरच्या आतील हवा भरण्याच्या ट्यूबसाठी वापरावयाचे रबर फाटण्यास विरोध वरील आणि भरलेली हवा बाहेर जाऊ देणार नाही असे पाहिजे असते. नाहीतर हवा वारंवार भरावी लागेल आणि भोक पडेल, तर ते पसरत जाईल आणि दुरूस्ती करणे कठीण होईल. टायरच्या बाहेरील भागाच्या रस्त्याच्या पृष्ठभागाशी जेथे संपर्क होतो त्या भागाचे रबर घर्षणाने लवकर झिजणार नाही असे असले पाहिजे आणि धावेच्या ज्या बाजू असतात (आकृती १५ पहा) त्यासाठी वापरावयाचे रबर पुनः पुनः वाकविले व सरळ केले, तरी तडकणार नाही व उष्णता सहन करील असे असावे लागते. कारण गाडी चालते तेव्हा त्या भागाला सतत आळीपाळीने आंकुचन व प्रसरण पावावे लागते आणि उत्पन्न होणारी उष्णता सहन करावी लागते. अनेक रबरी वस्तू आकर्षक रंगाच्या कराव्या लागतात, तर काहींचा पृष्ठभाग कमीजास्त मृदू असावा लागतो. याशिवाय हवेतील ऑक्सिजन, ओझोन व सूर्यप्रकाश इत्यादींच्या योगाने वस्तूंचा जो नाश संभवतो तो शक्य तितका कमी व्हावा आणि त्याचबरोबर वस्तूंची किंमत 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.

अनुक्रमणिका

या विविध कारणांमुळे रबरात अनेक पदार्थ मिश्र केले जातात. कोणता पदार्थ मिसळला असता कोणता गुण येतो व त्यासाठी कोणत्या प्रमाणात पदार्थ मिसळावा, याविषयी रबर-धंद्याच्या प्रारंभी पुरेसे ज्ञान नव्हते. पण आता ते मिळाले असून रबरात पदार्थ मिसळण्याचे एक शास्त्रच झाले आहे; त्यास कांपाउंडिंग म्हणतात.

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

(१) व्हल्कनीकारके - रबराचा मूळचा 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 झिंक ऑक्साइड, कार्बनी पेरॉक्साइडे, क्विनोन या संयुगाचे अनुजात इत्यादी, व्हल्कनीकारके म्हणून उपयोग पडतात. काही ठिकाणी गंधकाऐवजी गंधक हा घटक असलेली कार्बनी संयुगेही यासाठी उपयोगी पडतात. उदा., टेट्रामिथिल थाययूराम डायसल्फाइड. व्हल्कनीकरण होताना यामधील गंधक बाहेर पडते व ते ही प्रकिया घडवून आणते. गंधकाच्या जागी ती वापरणे महाग पडते, परंतु त्यांच्यामुळे वस्तूच्या अंगी काही गुण जास्त प्रमाणात येतात म्हणून परवडेल अशा ठिकाणी ती वापरतात. सल्फर मॉनोक्लोराइड या संयुगानेही व्हल्कनीकरण घडते. परंतु ते रबरात मिश्र करून वापरीत नाहीत. सेलेनियम व टेल्यूरियम या मूलद्रव्यांचा उपयोग दुय्यम व्हल्कनीकारके म्हणून गंधक व प्रवेगके यांच्याबरोबर केला जातो.

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

सामान्यतः व्हल्कनीकरण घडविण्यासाठी योग्य त्या तापमानास वस्तू तापविण्यास सुरूवात केली म्हणजे क्रमाक्रमाने त्या वस्तूचे ताणबल वाढत जाते व एका ठराविक मर्यादेस 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

अनुक्रमणिका

बरीच वाढ होते. या गुणधर्माचा उपयोग जाड वस्तूंचे व्हल्कनीकरण घडविण्यासाठी करून घेता येतो. वस्तूचे व्हल्कनीकरण अंतर्बाह्य सर्वत्र पूर्ण झाले पाहिजे हे उघड आहे. जाड वस्तूला उष्णता देऊ लागल्यावर ती आतपर्यंत लवकर पोचत नाही म्हणून जास्त काल द्यावा लागतो. अन्यथा आतला भाग कच्चा राहण्याचा संभव असतो. प्रवेगक वापरले असता ते शक्य होते व बाहेरच्या 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. रबर-उद्योगात व्हल्कनीकरणाइतकेच प्रवेगकांनाही महत्त्वाचे स्थान आहे ते त्यामुळेच.

डायफिनिल ग्वानिडीन (डीपीजी) हे मध्यम, मरकॅप्टोबेंझोथायाझोल (एम्‌बीटी) हे शीघ्र व टेट्रामिथिल थाययूराम डायसल्फाइड (टीएम्‌टीडी) हे एक अतिशीघ्र प्रवेगक आहे. आज शेकडो प्रवेगके उपयोगात आहेत, व काही नवीन शोधून काढली जात आहेत.

(३) सक्रियीकारके व मंदायके - प्रवेगकांमुळे व्हल्कनीकरण त्वरित होते, हे खरे; परंतु त्यांची या सुरू होण्यास काही काल जावा लागतो. तो कमी व्हावा म्हणूनही काही पदार्थ रबरात मिसळता येतात. झिंक ऑक्साइड व मेदाम्ले, डायथायोकार्बामेट व थाययूराम डायसल्फाइड ही अशा पदार्थांची उदाहरणे आहेत. त्यांना सक्रियकारके किंवा दुय्यम प्रवेगके असेही म्हणतात.

काही ठिकाणी प्रवेगक मिश्र करून रबर-मिश्रण बनवीत असताना किंवा मिश्रण बनविल्यावर पुढील प्रक्रिया करण्यासाठी काही काळ ठेवले असता अगोदरच व्हल्कनीकरण घडून मिश्रण वाया जाण्याचा संभव असतो. अशा वेळी व्हल्कनीकरणाची गती मंद करणे आवश्यक असते. त्यासाठी उपयोगी पडणाऱ्या पदार्थांना मंदायके म्हणतात. सामान्यतः अम्लांच्या योगाने किंवा अम्लधर्मी पदार्थांनी व्हल्कनीकरणाचा वेग मंदावतो. थॅलिक अन्हायड्राइड, बेंझॉइक अम्ल, सॅलिसिलिक अम्ल इ. पदार्थ मंदायके म्हणून उपयोगी पडतात.

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

अनुक्रमणिका

(५) ऑक्सिजन व ओझोन प्रतिरोधके - हवेतील ऑक्सिजन आणि ओझोन या वायूंचा रबरावर अनिष्ट परिणाम घडतो. त्यामुळे वस्तू हळूहळू नाश पावते. हा परिणाम सूर्यप्रकाश, उष्णता आणि रबर विरघळविणारी रसायने यांच्या सान्निध्यात जास्त लवकर घडतो. या परिणामास विरोध व्हावा यासाठी अनेक रसायने अल्प प्रमाणात (०.५ ते १ टक्का) वापरली जातात. द्वितीयक ॲरोमॅटिक अमाइने, अल्डॉल अल्फा नॅफ्थिल अमाइन, डायबीटानॅफ्थिल पॅराफेनिलीन डाय अमाइन ही त्यांपैकी काही होत.

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

(६) प्लॅस्टिकारके व मृदुकारके - रबराचे रेणू कार्बन या मूलद्रव्याचे अणू एकमेकांस जोडले जाऊन बनलेल्या लांबच लांब साखळ्यांचे बनलेले आहेत. रबरामध्ये या साखळ्या इतस्ततः पसरलेल्या व गुंतागुंत झालेल्या दोरीसारख्या एकमेकींच्या सान्निध्यात असतात. त्यामुळे कच्चे रबर कणखर असते. त्यात इतर पदार्थ सुलभतेने मिसळता येत नाहीत किंवा त्याला वस्तूचा अकारही देता येत नाही. कच्च्या रबरात काही पदार्थ मिसळले व ते मिश्रण यंत्राने मळले तर मात्र या दोन्ही क्रिया घडविणे सोपे होते. अशा पदार्थांना प्लॅस्टिकीकारके म्हणतात. रबर लिबलिबीत बनण्यासाठी त्याचे रेणू एकमेकांवरून घसरावे लागतात. या क्रियेत जे घर्षण होते ते कमी करण्याचा गुण त्यांच्या अंगी असतो. त्यामुळे त्यांची गुंतागुंत सुटणे सोपे होऊन हालचाल सहजसाध्य होते. हे कार्य वंगणासारखे आहे.

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

मृदुकारके म्हणून उपयोगी पडणारे पदार्थ थोड्या प्रमाणात (रबराच्या २ ते ५ टक्के) वापरले असताही रबरात इतर पदार्थ मिसळण्याची 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 वस्तूंचे भाग वेगवेगळे तयार करून व नंतर ते एकमेकांस चिकटवून व व्हल्कनीकरण करून वस्तू पूर्ण करावयाची असते, उदा., मोटारीचा टायर बनविण्याची कृती. देवदाराचे डांबर (पाईनटार, स्टॉकहोमटार), जवसाचे तेल, पॅराफिन मेण, व्हॅसलीन इ. पदार्थ मृदूकारके म्हणून वापरले जातात. वनस्पतिज तेलावर गंधकाची किंवा सल्फर मॉनोक्लोराइडची रासायनिक क्रिया केली असता 'फॅक्टिस' म्हणून ओळखले जाणारे पदार्थ मिळतात. त्यांचाही उपयोग मृदूकारके म्हणून होतो.

अनुक्रमणिका

(७) **अपघर्षके** - ज्या रबरी वस्तूंचा उपयोग घर्षणासाठी करावयाचा असतो त्या बनविण्याच्या मिश्रणात यांचा अंतर्भाव केला जातो. भात भरडण्याचे रूळ अथवा चाके, खोडरबरे, धातूला पॉलिश करण्याची चक्रे इत्यादींमध्ये प्यूमिस, सिलिका, कार्बोरंडम हे पदार्थ अपघर्षके म्हणून उपयोगी पडतात.

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

(९) **केवळ भर घालण्याचे पदार्थ** - हे मिसळण्याचा उद्देश रबराचे प्रमाण कमीत कमी करून वस्तू स्वस्त बनविणे, हा असतो. तथापि, त्यांच्या योगाने वस्तूची गुणवत्ता कमी होणार नाही अशा प्रकारचे ते असावे लागतात. खनिज तेलांच्या शुद्धिकरणात वेगवेगळ्या तापमान मर्यादेत ऊर्ध्वपातन पावणारी जी संयुग-मिश्रणे मिळतात, त्यांपैकी काही येथे उपयोगी पडतात. त्याशिवाय व्हायटिंग, संगजिरे (टाल्क), अनेक मृत्तिका व खडू हे पदार्थही वापरले जातात.

जुन्या रबरी वस्तूंपासून परत मिळविलेले म्हणजे पुनःप्रापित रबर (प्रकरण ५ पहा) हाही एक महत्त्वाचा भर घालण्याचा पदार्थ आहे. यांच्या योगाने वस्तूच्या गुणांत थोडीफार वाढही होते, परंतु येथे तो मुख्य हेतू नसतो.

(१०) **संकीर्ण** - वर वर्णन केलेल्या पदार्थांशिवाय कित्येक पदार्थ, वस्तूच्या उत्पादनप्रकियेत आवश्यक असलेली परिस्थिती निर्माण करण्यासाठी वापरले जातात. उदाहरणार्थ, सच्छिद्र रबर-प्रकार बनविण्यासाठी सोडियम बायकार्बोनेट, अमोनियम कार्बोनेट व बायकार्बोनेट व मेदाम्ले यांसारखे पदार्थ वायू निर्माण करण्यासाठी वापरतात. काही वस्तूंच्या बाबतीत, वस्तूंना येणारा उग्र वास झाकला जावा यासाठी बाष्पनशील तेले किंवा इतर सुगंधी द्रव्ये उपयोगात आणली जातात.

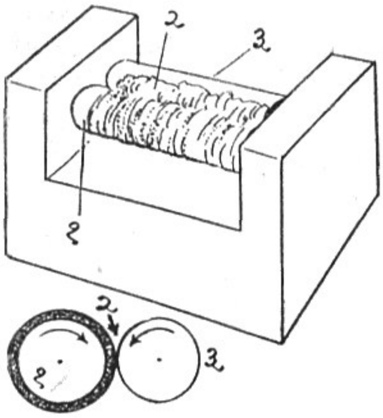
रबरात इतर पदार्थ मिसळणे

कच्चे रबर गठ्ठ्यांच्या रूपात कारखान्यांना पुरविले जाते. तेथे प्रथम यंत्राने त्याचे तुकडे करून घेतात. तथापि रबर जात्याच कणखर व चिवट असल्यामुळे त्यात इतर पदार्थ सहज मिसळले जात नाहीत. रबर-धंद्याच्या प्राथमिक अवस्थेत मिश्रण बनविण्यासाठी रबर एखाद्या विद्रावकात विरघळवून घेत व नंतर त्या द्रावणात आवश्यक ते पदार्थ घालून मिश्रण चांगले ढवळीत आणि शेवटी विद्रावक काढून टाकीत. ही पद्धत महागडी व गैरसोयीची होती हे उघड आहे.

आजकाल रबर-मिश्रणे बनविण्यासाठी कार्यक्षम यंत्रसामग्री वापरली जाते. अशा एका सर्वसामान्य यंत्रामध्ये दोन लोखंडी रूळ, एकमेकांशेजारी समांतर पण मध्ये थोडे अंतर ठेवून आडवे बसविलेले असतात. ते तापविण्याची किंवा थंड करण्याची व्यवस्था असून यांत्रिक शक्तीने रूळ फिरविले जातात. त्यांच्या फिरण्याच्या दिशा एकमेकांविरूद्ध असून गतीही भिन्न असतात. यंत्र चालू करून रबराचे तुकडे रूळांमध्ये टाकले म्हणजे ते रूळांमधील सापटीत सापडतात व चेंगरून-चिरडून निघतात. रूळांच्या गती वेगवेगळ्या असल्यामुळे ते केवळ दाबून निघत नाहीत, तर तिंबले जातात व तिंबलेल्या कणकेची पोळपाटावर लाटल्याने जशी पोळी बनते तशी येथे एक मोठी रबर-पोळी बनते व ती रूळांना लपेटते. ती

अनुक्रमणिका

मधूनमधून रूळांपासून कापून सोडवितात व पुनः पुनः हीच क्रिया करतात. त्यानंतर पोळी रूळावरच असताना मिश्र करावयाचे एक एक पदार्थ क्रमाक्रमाने तीवर पसरतात व पुनः तिंबण्याची क्रिया करतात. पुरेसा वेळ दिला म्हणजे पदार्थ रबरात सर्वत्र सम प्रमाणात मिसळलेले एकजीव मिश्रण मिळते. आवश्यकतेप्रमाणे रूळ गरम किंवा थंड करून वापरतात.

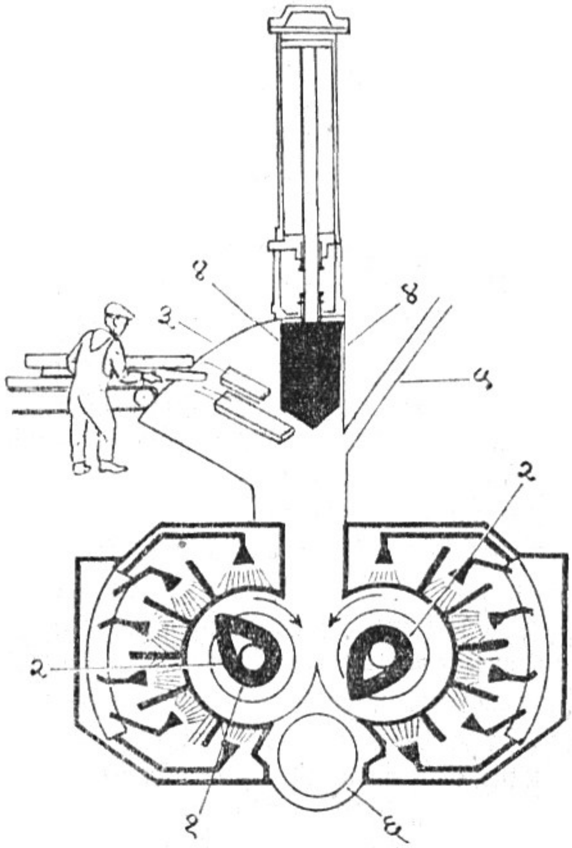


आकृती ६ : दोन रुळांचे मिश्रणयंत्र.
१. पुढचा रूळ, २. रबर आत टाकण्याची जागा, ३. मागील रुळ.

इ.स. १९१६ पर्यंत वरील प्रकारची यंत्रेच प्रचारात होती; परंतु त्यानंतर जास्त कार्यक्षम, आटोपशीर व बंदिस्त असलेली 'इंटर्नल मिक्सर' नावाची यंत्रे उपलब्ध झाली आहेत. आकृती ७ मध्ये अशा तऱ्हेचे एक यंत्र- 'बॅनबरी मिश्रण-यंत्र'-दाखविले आहे. त्यामधील (१) व (२) या फिरणाऱ्या भागांच्या योगाने तिंबण्याची क्रिया घडून येते.

रबराच्या चिकापासून वस्तू बनविण्यासाठीसुध्दा चिकात आवश्यक ते पदार्थ मिसळावे लागतात. त्यासाठीही काही यंत्रसामगी लागते. कारण चीक द्रवरूप असला, तरी मिश्र करावयाचे घन पदार्थ त्यात जसेच्या तसे केवळ टाकून भागत नाही. तसे केले, तर चिकातील रबर 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 मिल्' नावाच्या एका उपकरणात भरतात, स्थूलमानाने हे उपकरण म्हणजे एक आडव्या पिंपासारखे पात्र असून त्यात थोड्या दगडी किंवा धातूच्या गोट्या भरलेल्या असतात व पीप आडव्या आसाभोवती फिरविता येईल अशी योजना असते. मिश्रण करून पात्र फिरू दिले म्हणजे गोट्या वरून खाली घरंगळतात व घन पदार्थांवर आपटतात. त्यांच्या आघाताने घनपदार्थांचे कण बारीक बनतात. कणावर संधारक द्रव्याचा पातळ थरही बसतो आणि ते कण स्वतंत्रपणे एकएकटे पाण्यात तरंगत राहू शकतात. द्रवरूप पदार्थ मिसळण्यापूर्वी तेही प्रथम पायसाच्या रूपात (पाण्यात सूक्ष्म बिंदूच्या रूपात दुसरे द्रव तरंगत असलेल्या) आणावे लागतात. त्यासाठी त्या पदार्थात पाणी आणि साबणासारखे पायसीकारक द्रव्य मिसळतात व मिश्रण चांगले ढवळतात. 'कलॉइड मिल्' नावाची यंत्रसामग्री याकरिता उपयोगी पडते.

अनुक्रमणिका



आकृती ७ : बॅनबरी मिश्रण-यंत्र. १, २. रबर तिंबणारे भाग, ३. रबर आत टाकण्याची जागा, ४. रबर व पदार्थ आत ढकलणारा दांडा, ५. मिसळावयाचे पदार्थ आत टाकण्याची जागा, ६. मिश्रण काढून घेण्याचे द्वार.

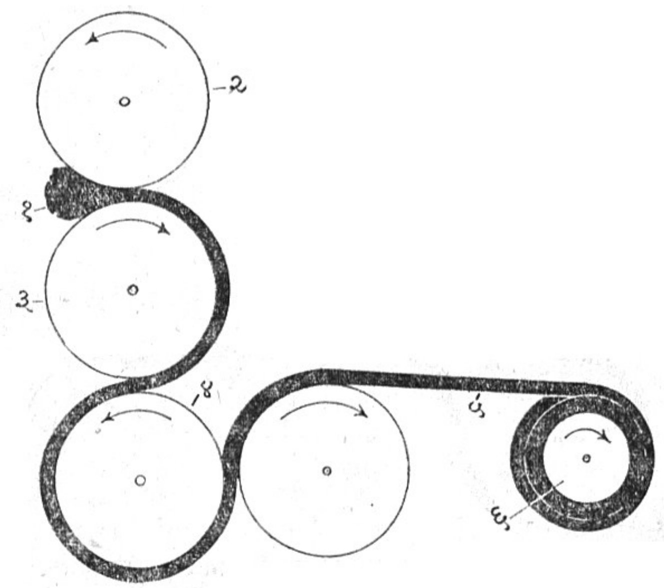
चिकात पदार्थ मिसळण्यासाठी लागणारी यंत्रसामग्री घनपदार्थात ते मिसळण्यासाठी लागणाऱ्या सामग्रीच्या मानाने बरीच साधी असते.

मिश्रणाच्या वस्तू बनविण्यासाठी उपयोग करणे.

याकरिता ज्या प्रक्रिया उपयोगी पडतात त्यांपैकी महत्त्वाच्या पुढे दिल्या आहेत.

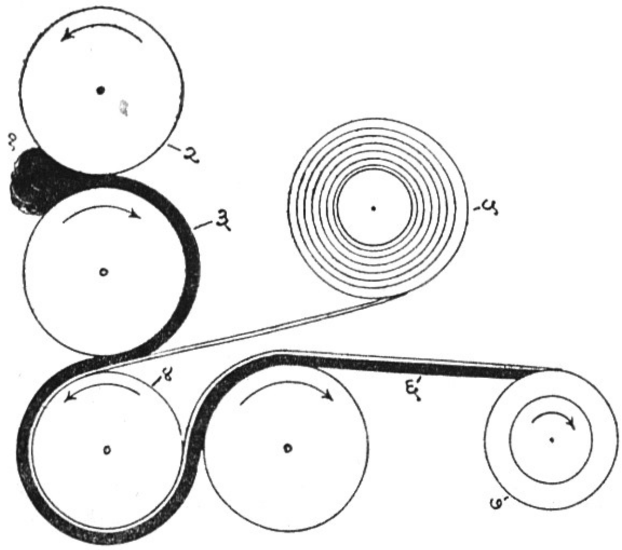
(१) रूळांनी दाबून तक्ते बनविणे - कमीजास्त जाडीचे तक्ते किंवा रबराची पातळ चादर बनविण्यासाठी या कृतीचा उपयोग होतो. यासाठी वापरतात त्या यंत्रात सरळ रेषेत एकावर एक किंवा तिरपे अथवा उलट्या L या इंग्रजी अक्षरासारखे बसविलेले सामान्यतः तीन (अथवा अधिक) रूळ असतात. (आकृती ८). त्यांमधील अंतर कमीजास्त करता येते व त्यामुळे वस्तूची जाडी ठरविता येते. रबर-मिश्रण वरच्या (रूळ २ व ३) रूळांमधील फटीतून यंत्रात समाविष्ट करतात. तेथून ते तिसऱ्या व चौथ्या रूळांमधील फटीतून पार जाऊन तक्त्याच्या किंवा चादरीच्या रूपाने बाहेर पडते. थोड्या अंतरावर असलेल्या लहान रूळावर (६ रूळ) तक्ता गुंडाळला जाईल अशी योजना असते. या कृतीला कॅलेंडरिंग म्हणतात.

अनुक्रमणिका



आकृती ८ : कॅलेंडर यंत्राने पातळ तक्ता बनविणे. १. रबर-मिश्रण. २, ३. रबर समाविष्ट करणारे रूळ. ३, ४. तक्त्याची जाडी नियंत्रित करणारे रूळ. ५. तयार झालेला तक्ता. ६. तक्ता गुंडाळण्याची योजना.

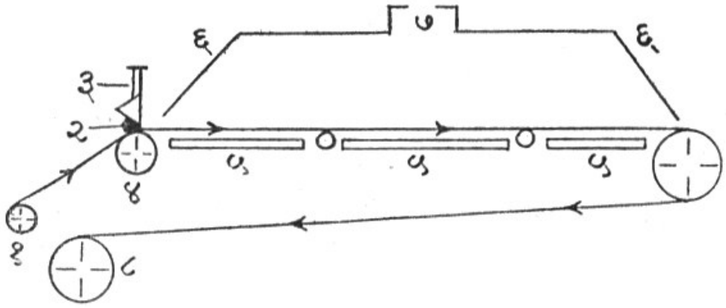
अशाच यंत्रांचा (आकृती ९) उपयोग रबर-विलेपित कापड बनविण्यासाठीही केला जातो. अशा तऱ्हेची कापडे विविध वस्तूंच्या बनावटीत वापरली जातात. उदा. वाहक पट्ट्यांसाठी लागणारे, रबरी नळीला मजबुती यावी म्हणून वापरण्याचे, गुढघ्यापर्यंत पोचणारे बूट किंवा कॅनव्हासचे टेनिस शू यांच्याकरिता उपयोगी पडणारे रबर विलेपित कापड. मोटारींच्या टायरमध्ये कॉर्ड नावाचे जे कापड वापरतात, त्यात आडव्या धाग्यांची संख्या फार कमी असते. सामान्य कापडात आडव्या व उभ्या धाग्यांची संख्या सारखी असते. कॉर्ड कापडाला रबर-विलेपन या यंत्रानेच करून घेतात.



आकृती ९ : कॅलेंडर यंत्राने कापडाला रबर-विलेपन : १. रबर मिश्रण. २, ३. मिश्रण समाविष्ट करणारे रूळ. ३, ४. रबर-थराची जाडी नियंत्रित करणारे रूळ. ५. कापड सोडणारा रूळ. ६. विलेपित कापड. ७. विलेपित कापड गुंडाळण्याची योजना.

अनुक्रमणिका

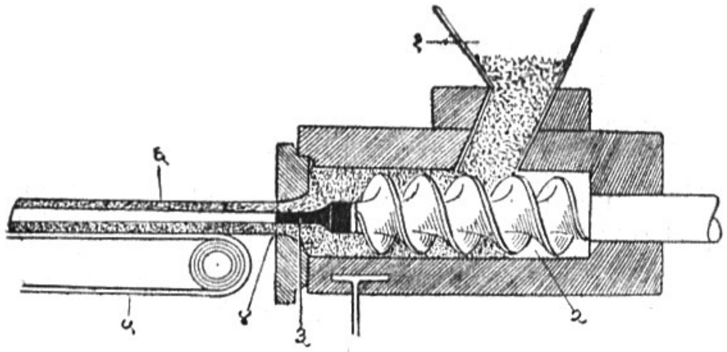
(२) **कापडाला पातळ रबर-विलेपन :** रुळांच्या योगाने वस्त्राला रबराचा थर देता येतो तसाच परंतु अत्यंत पातळ थर द्यावयाचा असेल तर, विशेष तऱ्हेच्या यंत्राने कापडाला रबराचे विलेपन करतात (आकृती १०) या यंत्रात कापड एका रुळावर गुंडाळलेले असून तेथून ते विलेपन करावयाच्या रुळावर येते. या ठिकाणी विलेपन करावयाच्या मिश्रणाचा, विद्रावक मिसळून केलेला मळलेल्या कणकेसारखा गोळा ठेवलेला असतो. येथेच एक उभी पट्टीही असते. तिच्यामुळे विलेपनाच्या थराची जाडी कमीजास्त करता येते व अतिरिक्त मिश्रण निपटून काढले जाते. त्यानंतर ते कापड वाफेने कढत केलेल्या पेट्यांवरून 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 बाष्पीभवनाने जे विद्रावक बाहेर पडते ते थंड करून परत मिळविण्याची व्यवस्था, ही होय. त्यामुळे खर्चात बचत होते.



आकृती १० : विलेपन-यंत्र : १. कोरे कापड गुंडाळलेला रूळ. २. रबर-मिश्रण. ३. थरांची जाडी नियंत्रित करणारी पट्टी. ४. विलेपन-रूळ. ५. वाफेने गरम केलेल्या पेट्या. ६. विद्रावकाची वाफ जमा करण्यासाठी कोठीसारखे आच्छादन. ७. थंड करण्याची वाफ काढून घेण्याचा मार्ग. ८. विलेपित कापड गुंडाळणारा रूळ.

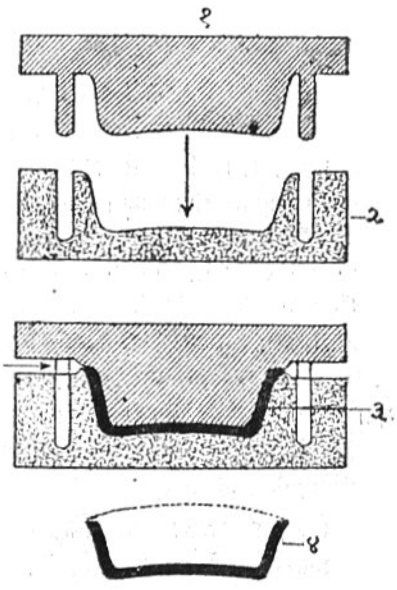
(३) **बहिःसारण :** या प्रकियेचे तत्त्व, आपण सोऱ्या या घरगुती उपकरणाचा उपयोग करून चकली तयार करतो, त्या कृतीसारखे आहे. मळलेली भाजणी सोऱ्यात भरून दांडा दाबला म्हणजे त्यातून चकली बाहेर पडते. बहिःसारणक्रिया अशाच प्रकारे यांत्रिक साहाय्याने घडवून आणली जाते. आकृती ११ मध्ये बहिःसारण यंत्राची ढोबळ रचना दाखविली आहे. यंत्राच्या नरसाळ्यात रबर-मिश्रण भरले म्हणजे स्क्रूच्या योगाने ते पुढे 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. सळ्या, पट्ट्या, सायकलीच्या ट्यूबा, नळ्या, ब्रेकसाठी लागणारे तुकडे, शीतपेटीचे दार घट्ट बसावे म्हणून बसवावयाच्या पट्ट्या इत्यादी वस्तू या प्रक्रियेने बनवितात. आधुनिक कालात यंत्रसामग्रीत पुष्कळ सुधारणा झाल्या असून रबर-विलेपित तारा, टायरचे खवले इत्यादी वस्तू या प्रक्रियेने बनवितात.

अनुक्रमणिका



आकृती ११ : बहिःसारण-यंत्राने नळी बनविणे. १. रबर मिश्रण भरण्याचे नरसाळे. २. मिश्रण पुढे ढकलणारा स्क्रू. ३. नळी पोकळ व्हावी यासाठी दांडा. ४. मुख. ५. तयार नळी पुढे सरकविणारा पट्टा. ६. तयार नळी.

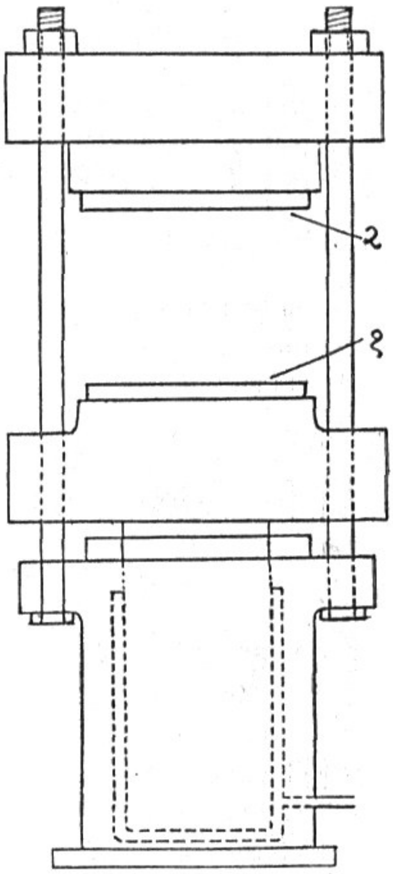
(४) साचे-काम : वस्तू बनविण्याचे साचे अनेक प्रकारचे असतात. सामान्य साच्यांमध्ये मुख्य दोन भाग असतात. एका भागात वस्तूच्या बाहेरच्या आकारानुरूप खळगा कोरलेला असतो. दुसऱ्या भागात वस्तूच्या आतल्या भागाशी जमेल असा उंचवटा केलेला असतो. पहिल्या भागावर दुसरा भाग ठेवला म्हणजे खळगा व उंचवटा एकमेकात बसतात; पण त्या दोहोंमध्ये थोडी मोकळी जागा (माया) राहते. ही माया म्हणजेच त्या वस्तूचा आकार (आकृती १२). वस्तू बनविण्यासाठी प्रथम ते दोन्ही भाग थोडे तापवून घेतात, त्यात योग्य तेवढे मिश्रण भरतात व साचा मिटवून दाब-यंत्रात ठेवून त्याला आवश्यक तेवढा दाब व उष्णता देतात. व्हल्कनीकरणास आवश्यक तेवढा वेळ गेल्यावर साचा उघडून आतील वस्तू काढून घेतात.



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

दाबयंत्राची रचना द्रवाच्या योगाने दाब निर्माण करण्याच्या तत्त्वावर केलेली असते (आकृती १३). दाबयंत्रात दोन तळ्या असतात. खालच्या तळीवर साच्याचा खालचा भाग ठेवतात किंवा तो तळीवर बसविलेला असतो. साच्याचा दुसरा भाग खालच्या भागावर बरोबर बसेल अशा तऱ्हेने वरच्या तळीला

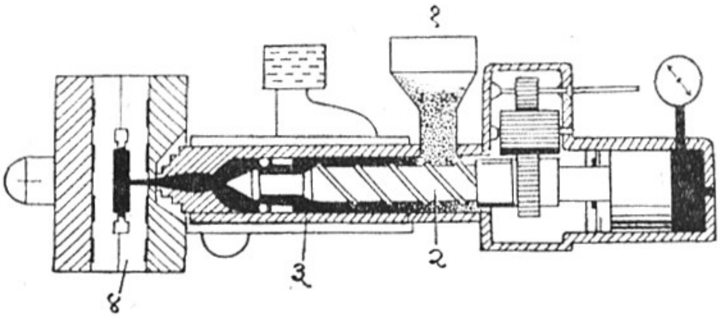
जोडलेला असतो. यंत्र चालू केले म्हणजे तळ्या एकमेकींवर दाबल्या जातात व त्यामुळे साच्याच्या खालच्या भागात वरचा भाग बसतो आणि मिश्रणावर दाब पडतो. तळ्या तापविण्याची व्यवस्थाही असते. त्यामुळे त्यावर ठेवलेला साचाही तापविता येतो.



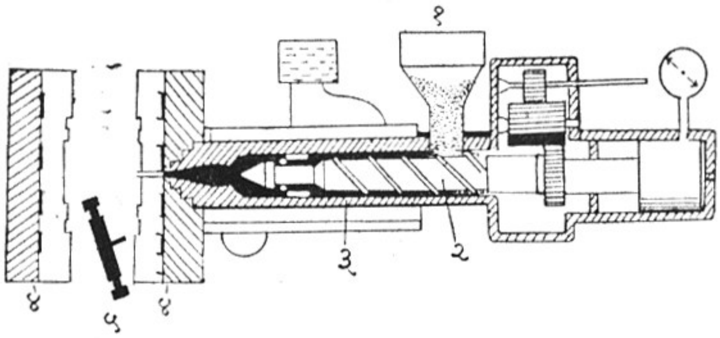
आकृती १३ : दाब-यंत्र
१. खालची तळी. २. वरची तळी.

(५) **अंतःक्षेपण :** हा साचेकामाचाच एक प्रकार आहे. (आकृती १४). या पद्धतीने वस्तू बनविण्याच्या यंत्राच्या नरसाळ्यासारख्या प्रवेशद्वारात रबरमिश्रण भरतात. ते त्याच्या खालच्या भागात असलेल्या स्क्रूयुक्त दट्ट्याने 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.

अनुक्रमणिका



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



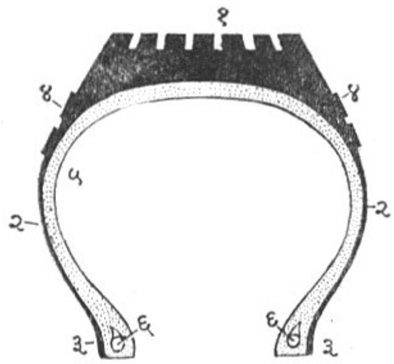
आकृती १४ : (आ) १, २ व ३, वरीलप्रमाणेच. ४. उघडलेल साचा. ५. तयार झालेली वस्तू.

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

अलीकडे संहत रबर-चीक उपलब्ध झाला असल्यामुळे योग्य पदार्थ मिसळलेला संहत चीक या कामी वरीलप्रमाणे वापरता येतो. दूध पाजण्याच्या बाटल्यांची बुचे, शस्त्रक्रिया करताना वापरावयाचे हातमोजे, फुगे इत्यादी वस्तू या कृतीने बनवितात.

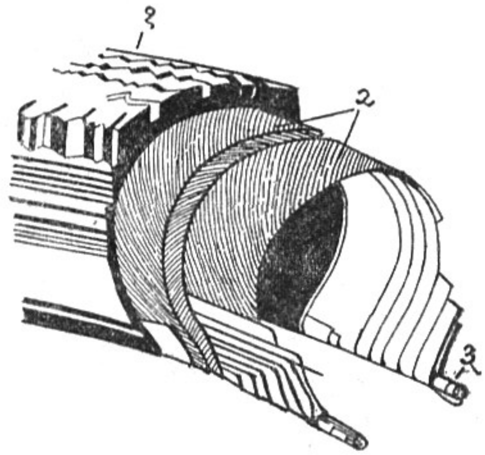
(७) **रचना करून वस्तू बनविणे** - काही वस्तूंच्या भागांची प्रथम विवक्षित रचना करून नंतर त्या रचनेला वस्तूचे रूप देण्यात येते. मोटार गाडीचा टायर हे या प्रकारचे एक उदाहरण आहे. टायरच्या निरनिराळ्या भागांसाठी लागणारी रबर-मिश्रणे वेगवेगळ्या प्रकारची असतात. ही मिश्रणे, रबर-विलेपित कॉर्ड-कापड व पोलादी तारा इत्यादींची प्रथम विशेष तऱ्हेची जुळवणी करतात व नंतर तिला टायरचा अंतिम आकार देण्यात येतो. 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 अंशाचा कोन करून येतील अशा तऱ्हेने 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 उभा 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 खडबडीत केलेला असतो. टायरच्या बाजूंमुळे अंतर्भागाचे रक्षण होते. आणि कंगोऱ्यामुळे टायर चाकाला घट्ट धरून राहतो. (आकृती १६) यासाठीच कंगोऱ्यात बळकट पोलादी तारा घातलेल्या असतात.

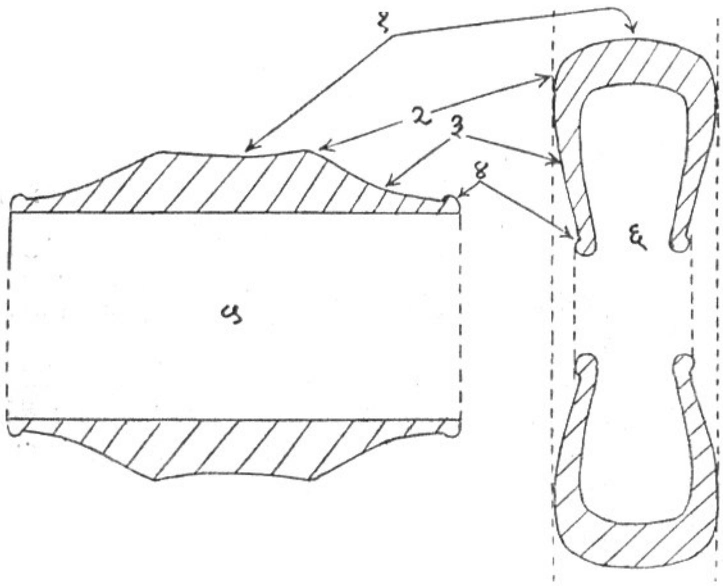


आकृती १५ : टायरचा छेद : १. खवले (ट्रेड्स). २. उभ्या बाजू. ३. कंगोरा. ४. बाजूंचा कडा (शोल्डर). ५. कॉर्ड-कापडयुक्त अंतर्भाग. ६. कंगोऱ्यातील तारा.

कच्च्या टायरची उभारणी पिपासारख्या एका उपकरणावर (आ. १७) करतात, त्याकरिता रबर-विलेपित कॉर्ड कापडाचे आवश्यक 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 तऱ्हेने जुळवितात व कंगोऱ्याच्या भागात तारा बसवितात. नंतर हा कच्चा टायर अंतिम आकार देण्याच्या साच्याच्या खालच्या भागात ठेवतात. (आ. १८). त्याच वेळी त्याच्या आत मोटारीच्या फुगवलेल्या ट्यूबसारखी एक मजबूत व हवा भरून फुगविलेली पिशवी बसवितात. त्यामुळे टायर आतून पोकळ राहतो. साचा मिटवून त्याला दाबयंत्राने आवश्यक तेवढा दाब आणि योग्य तितकी उष्णता देतात. व्हल्कनीकरण घडण्यास आवश्यक तेवढ्या कालावधीनंतर साचा उघडतात, पिशवीतील हवा काढून टाकतात आणि टायर काढून घेतात.

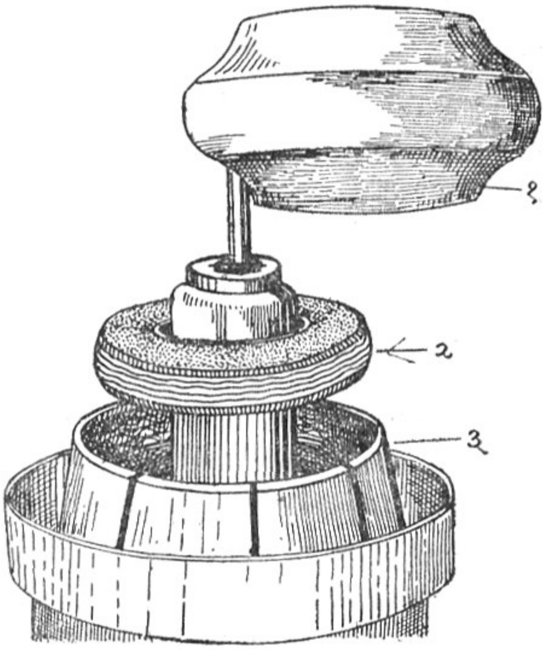


आकृती १६ : टायरची रचना.
१. खवले (ट्रेड्‌स).
२. कॉर्ड-कापडाचे थर.
३. कंगोऱ्यातील तारा. J S



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

अनुक्रमणिका



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

रबरी बूटही अशाच तऱ्हेने जुळवणी करून बनविले जातात. खेळामध्ये वापरतात ते सुटसुटीत हलके बूट आणि औद्योगिक क्षेत्रात लागतात ते जाडजूड व गुडघ्यापर्यंत पोचणारे संरक्षक बूट या सर्वांचा त्यांत समावेश होतो. बुटांचे, रबर-विलेपित कापड कॅलेंडर यंत्र वापरून बनवून घेतात. तळ व टाचा योग्य रबर-मिश्रणाच्या तक्त्यांमधून कापून घेतात व पाण्याचा आकार असलेल्या ठोकळ्यावर त्यांची प्रथम जुळवणी करतात. येथे व्हल्कनीकरण उष्ण हवेच्या झोताने घडवून आणतात.

सच्छिद्र रबर

यामध्ये लहान मोठी छिद्रे असल्यामुळे ते जाळीदार असते. याचे दोन मुख्य प्रकार आहेत. एका प्रकारात छिद्रे एकमेकांशी जोडली गेलेली असतात. या प्रकाराला रबरी फेस (फोम रबर) किंवा स्पंज रबर म्हणतात. दुसऱ्या प्रकारातील छिद्रे एकमेकांपासून सुटी असतात. याला विस्तारित रबर (एक्सपँडेड रबर) ही संज्ञा लावतात.

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

दुसऱ्या 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 - ३५° सें. इतका थंड करतात व त्यात कार्बन डाय ऑक्साइड समाविष्ट करतात. तो फेसातील पोकळ्या भरून टाकतो. नंतर साचा तापवून व्हल्कनीकरण पूर्ण करतात.

अनुक्रमणिका

स्पंज रबर घनरूप रबर-मिश्रणापासूनही बनवितात. त्यासाठी वायु निर्माण करतील अशी द्रव्ये व इतर पदार्थ मिसळून केलेल्या रबर-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 रबर बनविण्याची प्रक्रिया वायू निर्माण करणारे पदार्थ समाविष्ट असलेल्या मिश्रणावर किंवा तसे पदार्थ नसलेल्या मिश्रणावरही करता येते. अशा एका पद्धतीत वायु निर्माण करणारे पदार्थ नसलेल्या रबर-मिश्रणाचा प्रथम तक्ता बनवून घेतात व तो दाबपात्रात ठेवतात. नंतर १४० किग्रॅ/चौ.सेंमी. ते ७०० किग्रॅ/चौ.सेंमी. यांच्या दरम्यात योग्य तितका दाब देऊन नायट्रोजन वायू पात्रात भरतात व सुमारे २४ तास पात्र १००-१३० से. इतके तापवितात. त्यामुळे तक्त्यात नायट्रोजन शिरतो. नंतर पात्र थंड करतात व दाब नाहीसा करतात. तक्ता अंशतः फुगतो. पात्र पुनः तापवितात त्यामुळे तक्त्याचे प्रसरण वाढते व विस्तारित रबर बनते. वायू निर्माण करण्यासाठी ॲझोडाय कार्बोनामाइड, बेंझीन सल्फॉनिल हायड्रसाइड इ. नायट्रोजन देणारी संयुगे मिश्रणात वापरतात.

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

रबरी धागा बनविण्यासाठी चिकात योग्य ते पदार्थ मिसळून केलेले मिश्रण इष्ट त्या आकाराच्या नळ्यांमधून धारांच्या रूपाने ॲसिटिक आम्लाच्या विद्रावात सोडतात त्यामुळे जे धागे बनतात ते बाहेर काढून वाळवितात व त्यावर व्हल्कनीकरण क्रिया घडवितात.

व्हल्कनीकरण

कित्येक वस्तूंच्या 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 बहिःसारणाने बनविलेल्या नळ्या, रबर-विलेपित धातूंच्या तारा, कॅलेंडरने तयार केलेले तक्ते, पादत्राणे इत्यादी. म्हणून अशा वस्तू योग्य तापमान असलेल्या गरम हवेच्या पेट्यांमध्ये, किंवा दाबयुक्त वाफ असलेल्या पात्रात इष्ट काल ठेवतात. गरम पाण्याने खराब होणार नाहीत अशा वस्तू उदा. रबराचे अस्तर लावलेली पात्रे, तक्ते, एबोनाइटच्या जिनसा, पाण्यात ठेवतात व वाफेने पाण्याचे तापमान योग्य मर्यादेत राखतात. व्हल्कनीकरण अखंडपणे घडवावयाचे असेल अशा ठिकाणी तयार झालेली वस्तू योग्य तापमान असलेल्या घन किंवा द्रव पदार्थांच्या सान्निध्यात नियंत्रित काळ राहील व नंतर बाहेर पडेल अशी योजना असते. मोठ्या वाहक पट्ट्यांच्या व्हल्कनीकरणासाठी 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 पोलादी पट्टीच्या योगाने तो पिपाच्या पृष्ठभागावर दाबला जातो व नियंत्रित वेळ त्याच्या संपर्कात राहून सुटा होतो व बाहेर पडतो. संपर्ककालात व्हल्कनीकरण पूर्ण होते.

***

अनुक्रमणिका

प्रकरण ५

रबराचे विज्ञान व पुनःप्रापित रबर

एकोणिसाव्या शतकाच्या पूर्वार्धात व्हल्कनीकरणाचा शोध लागल्यावर रबर-उद्योग भक्कम पायावर उभा राहिला. त्यामुळे नवनवीन वस्तू बनविण्यासाठी सोयिस्कर प्रक्रिया आणि यंत्रसामगी सिद्ध करण्यास तंत्रज्ञांना हुरूप आला. जवळजवळ याच सुमारास शास्त्रज्ञांनी रबराविषयी मूलभूत शास्त्रीय ज्ञान मिळविण्यास सुरुवात केली होती. रबर कोणत्या मूलद्रव्यांचे 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 होतात त्याचे स्पष्टीकरण करणे आणि त्यांचे मूल्यमापन करता येईल अशा योजना करणे यांकडे त्यांनी लक्ष पुरविले.

वरवर विचार केला, तर या माहितीचा रबराच्या उपयोगाशी काही संबंध असेल असे वाटणार नाही व त्यामुळे हा खटाटोप केवळ शास्त्रज्ञांच्या जिज्ञासापूर्तीसाठीच होता असा समजही होण्याचा संभव आहे; परंतु असा समज चुकीचा आहे. तंत्रज्ञांनी ज्या प्रक्रिया त्याकाळी सिद्ध केल्या होत्या त्या मुख्यतः अनुभवावर आधारलेल्या होत्या, त्यांना तात्त्विक बैठक 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 गुणवत्ता टिकवावयाची असेल किंवा गुणवत्तेत वाढ करावयाची असेल, तर कोणते उपाय योजावे याचा अंदाज करणे या ज्ञानाच्या योगानेच शक्य झाले. इतकेच काय पण विसाव्या शतकात साध्यासुध्या व सहज उपलब्ध असणाऱ्या पदार्थांचा उपयोग करून रासायनिक विक्रियांनी अनेक नवे रबर-सदृश पदार्थ, म्हणजेच संश्लेषित रबरे, तयार करणे मनुष्यास 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 ॲसिटिक किंवा फॉर्मिक अम्ल मिसळले म्हणजे चीक साखळतो हे पूर्वी दिलेच आहे. असे होण्याचे कारण चिकातील रबराच्या सूक्ष्म कणांवर ऋणविद्युत्‌भार असतो. अम्ल त्यात मिसळले म्हणजे अम्लातील हायड्रोजन अणूवर असलेल्या धनविद्युत्‌भारामुळे रबर कणांवरील ऋणविद्युत्‌भाराचे उदासीनीकरण होते व त्यामुळे अनेक कण एकत्र येऊन त्यांचे गठ्ठे बनू शकतात. हे गठ्ठे म्हणजेच घनरूप कच्चे रबर होय. चिकातून हे गठ्ठे वेगळे होतात त्यावेळी चिकातील इतर घटकही त्यांना चिकटलेल्या रूपात त्यांच्याबरोबर येतात व ते धुऊन काढले, तरी काही प्रमाणात शिल्लक राहतात. त्यामुळे कच्चे व्यापारी रबर म्हणजे सुमारे ९०-९५ टक्के एक विशिष्ट संयुग हा मुख्य घटक आणि त्याबरोबर २-३ टक्के प्रथिने, २-३ टक्के रेझिने, मेदाम्ले व खनिज पदार्थ आणि अल्प प्रमाणात तांबे व मँगेनीज यांची संयुगे असे मिश्रण असते. शुद्ध रबर 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 तपमानास ०.९२ असते; पण १०° से.

अनुक्रमणिका

पेक्षा कमी तापमानात कच्चे रबर काही काळ ठेवले, तर ती सुमारे ०.९५ इतकी होते व रबर कठीण आणि ठिसूळ बनते. कच्चे रबर उष्णतेचे व विद्युत्प्रवाहाचे अत्यंत मंदवाहक आहे. त्यामुळेच ते विद्युन्निरोधक म्हणून उपयोगी पडते. ते ५०° से. पेक्षा जास्त तापमानास चिकट बनते. प्रत्यास्थता, म्हणजेच ताण लावला असता लांब होणे व ताण काढला की त्वरेने आखूड होणे, हा गुण रबरी वस्तू वापरताना विशेषतेने आपल्या प्रत्ययास येतो तो व्हल्कनीकरण केलेल्या रबराचा होय. कच्च्या रबराच्या अंगी हा गुण असतो पण थोड्या प्रमाणात. ताणल्यानंतर ताण काढला तरी ते त्वरेने आंकुचन पावत नाही आणि आंकुचन पूर्ण झाले तरी लांबी प्रथम होती तितकी भरत नाही, थोडी जास्त भरते. या आंकुचन प्रसरण गुणातही सभोवारच्या 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 तुटते. पट्टी तुटण्याच्या वेळी लावलेले वजन (किलोग्रॅम्स) आणि पट्टीच्या आडव्या छेदाचे मूळचे क्षेत्रफळ (चौरस सेंटीमीटर) पाहिले, तर पुढील सूत्रावरून रबराचे अंतिम ताणबल कळते.

$$\text{अंतिम ताणबल} = \frac{\text{अंतिम ताण; (वजन; किग्रॅ.)}}{\text{पट्टीच्या मूळच्या छेदाचे क्षेत्रफळ (चौ. सेंमी.)}}$$

कच्च्या रबराचे अंतिम ताणबल, धातूंच्या अंतिम ताणबलाशी तुलना केली तर, फारच कमी असते. शिवाय सभोवारच्या तापमानात फरक पडला की तेही बदलते. उदा; एका रबर नमुन्याचे अंतिम ताणबल ०° से. तापमानास ७० किग्रॅ./चौ. सेंमी. होते ते २०° से. तापमानास २३.६ किग्रॅ./चौ. सेंमी भरले व तापमान ६०° से. झाले तेव्हा ७.० किग्रॅ./चौ. सेंमी. इतके उतरले.

कच्चे रबर बेंझीन, हेक्झेन, क्लोरोफॉर्म, कार्बन टेट्राक्लोराइड, इत्यादी विद्रावकांत विरघळते; पण ॲसिटोन व अल्कोहॉले यांत विरघळत नाही. कच्च्या रबराचे तुकडे एकमेकांवर ठेवून त्यावर दाब घातला, तर एकमेकांस चिकटतात.

रासायनिक गुणधर्म

कच्च्या रबरावर ब्रोमिनाची रासायनिक विक्रिया होते; तशीच हायड्रोक्लोरिक अम्लाचीही होते. या विक्रियांमध्ये ब्रोमीन व हायड्रोक्लोरिक अम्ल यांचे रेणू रबराच्या रेणूंत सामावले जातात. यावरून रबराचा रेणू असंतृप्त आहे म्हणजेच त्यामधील काही कार्बन अणू एकमेकास दोन संयुजाबंधांनी जोडले गेले असले पाहिजेत असा निष्कर्ष निघतो. कारण संतृप्त संयुगातील कार्बन अणू एका संयुजाबंधाने एकमेकांस जोडलेले असतात व त्यात इतर अणु सामावले जात नाहीत.

कच्च्या रबराच्या रेणूवर ओझोन वायूचीही अशीच विक्रिया होऊन रबर-ओझोनाइड हे संयुग बनते. या ओझोनाइडवर पाण्याची विक्रिया केली असता ओझोनाइड रेणूचे तुकडे होऊन लेव्ह्यूलिनिक आल्डिहाइड $CH_3\text{-}CO\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CHO$ हे संयुग मुख्यतः मिळते. या निरीक्षणाचा उपयोग रबराची संरचना ठरविण्यासाठी झाला आहे. त्या संबंधीची माहिती पुढे येईलच.

अनुक्रमणिका

कच्चे रबर १४०° से. तापमानात काही काळ ठेवले तर द्रवरूप बनते. यातील रेणू मूळच्या रबर-रेणूपेक्षा लहान असतात. ते मूळ रेणूचे तुकडे पडून झालेले असतात. म्हणून द्रवरूप रबराला (काही प्रमाणात) ‘बहुवारिकीकरण नाहीसे झालेले रबर’ असेही म्हणतात. याचे व्हल्कनीकरण घडवून मृदु रबर बनविता येते. या मृदु प्रकाराचा उपयोग वस्तू बनविण्याचे लवचीक साचे तयार करण्यासाठी करता येतो. त्याकरिता द्रवरूप रबरात, 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 रबराचा कवचासारखा थर बसतो. तो सोडवून घेऊन साचा म्हणून वापरता येतो. द्रवरूप रबराचा उपयोग करून छापखान्यातील रूळ ओतकामाने बनविता येतात. रंगाऱ्यांच्या कुंचल्याचे तंतू बुडाशी घट्ट धरले जावेत यासाठी द्रवरूप रबरापासून बनविलेले कठीण रबर उपयोगी पडते.

नैसर्गिक रबराप्रमाणेच काही संश्लेषित रबर-प्रकारांपासूनही द्रवरूप रबर-प्रकार बनविता येतात.

कच्च्या रबराचे ऑक्सिडीकरण (ऑक्सिजन अणूंचा अंतर्भाव) करून बनविलेली काही ऑक्सिडीकृत रबरे पूर्वी रंगधंद्यात वापरली जात.

कच्च्या रबरावर क्लोरिनची रासायनिक विक्रीया केल्याने क्लोरिनीकृत रबर बनते. हे न जळणारे असून त्यावर नायट्रिक अम्लाची विक्रिया होत नाही. ते कित्येक द्रव पदार्थांत विरघळते. अशी द्रावणे धातुपृष्ठाला रबराचे अस्तर लावावयाचे असेल, तर ते चिकटावे म्हणून वापरतात.

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

रबरावर हायड्रोक्लोरिक अम्लाची विक्रिया केल्याने रबर हायड्रोक्लोराइड हे संयुग बनते. धातुपृष्ठाला रबर चिकटविण्यासाठी याचाही उपयोग होतो. याचा पातळ पापुद्रा बनतो. तो ‘प्लायोफिल्म’ म्हणून ओळखिला जातो. तो मजबूत, लवचिक व जलरोधक असतो. यापासून बनविलेल्या पिशव्यांची तोंडे तापवून बंद करता येतात. खाद्ये, सौंदर्य-प्रसाधने इत्यादींना आवेष्टन म्हणून याचा उपयोग होत असे.

रबराची घटना

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

अनुक्रमणिका

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

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

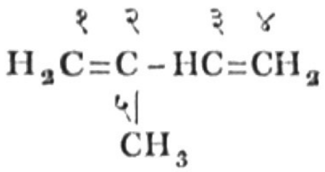
रबराची संरचना

रेणूची संरचना ठरविण्यासाठी शास्त्रज्ञ प्रथम त्या पदार्थावर वेगवेगळ्या विक्रिया करून त्याच्या रेणूचे लहान लहान तुकडे बनवितात. अशा तुकड्यांच्या संरचना बहुधा अगोदरच माहीत असतात किंवा नसल्या तर त्याही याच पद्धतीने प्रथम ठरवितात. मोठ्या रेणूंच्या 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 नाव असलेले जुळणी कोडे सोडविण्यासारखे असते. या कोड्यात एखाद्या आकृतीचे किंवा चित्राचे निरनिराळ्या आकाराचे पण एकमेकांत जुळून बसतील असे तुकडे सरमिसळ 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 तऱ्हेने एकमेकास जोडले गेल्यामुळे तो रेणू बनला असेल, याचा अंदाज रसायनशास्त्राच्या तत्त्वांचा उपयोग करून करता येतो व त्यावरून संभाव्य संरचना मांडणे शक्य होते. कित्येकदा अशा संरचना एकापेक्षा जास्तही असू शकतात. त्यांपैकी कोणत्या संरचनेची निवड करावी, हे ठरविण्यासाठी मूळ पदार्थावर 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 सुरुवात करून रासायनिक विक्रियांनी त्या संरचनेचा पदार्थ बनविला व त्याचे आणि नैसर्गिक पदार्थांचे गुणधर्म एकच आहेत असे आढळले म्हणजेच ती संरचना निर्विवाद सिद्ध होते. अशा कामासाठी रसायनशास्त्राचे सखोल ज्ञान, विविध व विपुल साधनसामग्री आणि दीर्घ काल व चिकाटीचे परिश्रम यांची आवश्यकता असते. रबराची घटक द्रव्ये माहीत झाल्यापासून मानवी प्रयत्नांनी प्रत्यक्ष रबर बनविणे साध्य होण्यास सुमारे सव्वाशे वर्षांचा कालावधी लागला!

रबर-रेणूची संरचना ठरविण्यासाठी प्रथम रबराचे भंजक ऊर्ध्वपातन करण्यात आले. भंजक ऊर्ध्वपातनाच्या क्रियेसाठी पदार्थाला विशेष प्रकारच्या पात्रात बंदिस्त करून उष्णता देतात. उष्णतेने पदार्थातील रेणूचे तुकडे होऊन लहान लहान रेणू असलेले पदार्थ निर्माण होतात व ते ऊर्ध्वपातनाने वेगळे काढून घेता येतात. या क्रियेने रबरापासून आयसोप्रीन नावाचा एकच पदार्थ मुख्यतः मिळाला.
आयसोप्रीनची संरचना पुढीलप्रमाणे आहे हे त्यांनतर लवकरच सिद्ध झाले.



अनुक्रमणिका

या सूत्रावरून हे लक्षात येईल की, आयसोप्रीनच्या रेणूमध्ये ४ कार्बन अणूंची एक सरळ साखळी असून तीमधील कार्बन क्रमांक २ ला कार्बन क्रमांक ५ हा अणू, झाडाला जशी एखादी फांदी असावी त्याप्रमाणे जोडलेला आहे. कार्बनच्या प्रत्येक अणूला एकंदर ४ संयुजाबंध असतात व कार्बन अणू त्यापैकी काही बंध एकमेकांना जोडण्यासाठी व उरलेले इतर बंध घटक अणूंना जोडण्यासाठी वापरतात. परस्परांना जोडण्याच्या कामी प्रत्येकी एक बंध वापरणे कार्बन अणू जास्त पसंत करतात. कारण त्यामुळे उरलेले सर्व बंध त्यांना इतर अणूंना जोडण्यासाठी मोकळे राहतात; तथापि काही ठिकाणी याप्रमाणे कार्बन अणूंची एक एक बंधाने जोडणी केल्यास उरलेल्या बंधांना जोडण्यास पुरेसे इतर अणू उपलब्ध नसतात. अशी आपत्ती असेल तर कार्बन अणू एकमेकांस जोडण्यासाठी एकापेक्षा जास्त बंध वापरून एकमेकांशी संबद्ध होऊन वेळ निभावून नेतात; परंतु ते केवळ निरुपाय म्हणून. त्यामुळे अशा प्रकारची जोडणी असलेली संयुगे जादा बंध 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 द्विबंधांनी एकमेकांस जोडले गेले आहेत. त्यामुळे हा रेणू अस्थिर स्वरूपाचा आहे. आयसोप्रीनच्या गुणधर्मांची आणखी तपासणी केली तेव्हा असे आढळले की, काही काळाने त्याचा द्रवरूप भाग कमी होतो आणि रबरासारखे काही गठ्ठे त्यात निर्माण होतात. ते रबराचेच होते, हे जरी सिद्ध झाले नव्हते तरी हा गुणधर्म सूचक होता.

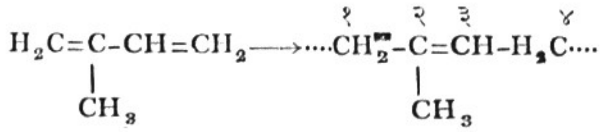
रबराची संरचना ठरविण्यासाठी या उपलब्ध माहितीचा उपयोग शास्त्रज्ञांनी करून घेतला. त्यांनी असा युक्तिवाद केला की, ज्या अर्थी रबरापासून भंजक ऊर्ध्वपातनाने मुख्यत्वे आयसोप्रीनच निर्माण होते, त्याअर्थी आयसोप्रीनचे रेणूच एकमेकांस जोडले जाऊन रबराचा रेणू बनला असावा. ते कसे जोडले गेले असतील हे मात्र त्यावेळी गूढ होते. आयसोप्रीनपासून काही काळानंतर रबरासारखे गठ्ठे मिळतात, हाही त्यासाठी एक आनुषंगिक पुरावा त्यांनी पुढे केला. हे गठ्ठे रबराचेच असतात त्याबद्दल खात्री नसल्यामुळे हा आधार फारसा बळकट नव्हता, हे मात्र खरे. याच सुमारास इतर क्षेत्रांतील संशोधनामुळे असे दिसून आले की निसर्गातील दुसऱ्या कित्येक पदार्थांचे मोठे रेणू, लहान व द्विबंधयुक्त विक्रियाशील अणुसमुच्चय 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 जो प्रश्न उरला तो म्हणजे हे रेणू कशा प्रकारे जोडले गेले असतील हा.

द्विबंधयुक्त कार्बन अणू आपला एक बंध मोकळा करून संयोग पावण्यास उत्सुक असतात हे वर आलेच आहे.

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

पण त्यांनी असे करावयाचे म्हटले तर आयसोप्रीन रेणूतील इतर संयुजा-बंधाची रचनाही बदलावी लागेल. ती पुढील सूत्राने दाखविल्याप्रमाणे होईल; म्हणजेच कार्बन क्र. २ व ३ यांमध्ये द्विबंध निर्माण होईल.

अनुक्रमणिका

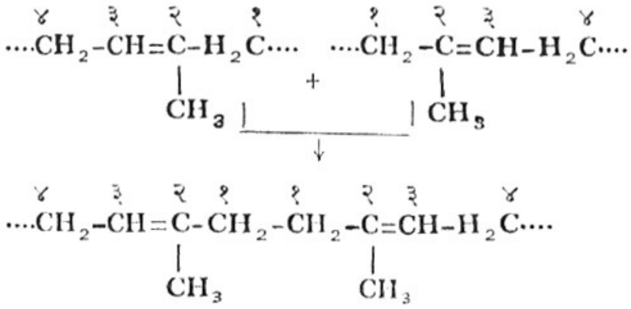


आयसोप्रीन **नवीन रचना**

(मोकळे झालेले संयुजाबंध तुटक रेषेने दाखविले आहेत.)

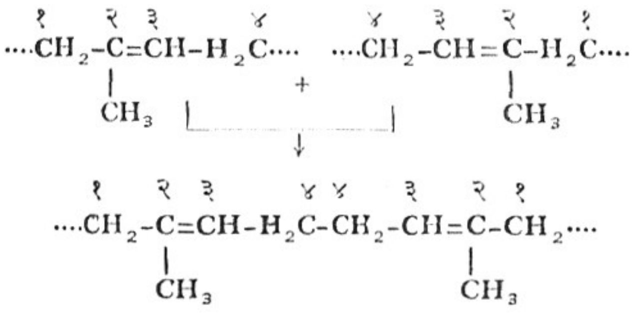
अशी रचना झालेले दोन अणुसमुच्चय एकमेकांशी वेगवेगळ्या प्रकारे संयोग पावू शकतील. एका अणुसमुच्चयातील कार्बन क्र. १ व दुसऱ्यातील कार्बन क्र. ४ किंवा दोन्ही अणुसमुच्चयातील कार्बन क्र. १ अथवा दोन्हीमधील कार्बन क्र. ४ याप्रमाणे ते प्रकार होतील. सूत्रांच्या रूपाने तेच पुढे दाखविले आहेत.

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)

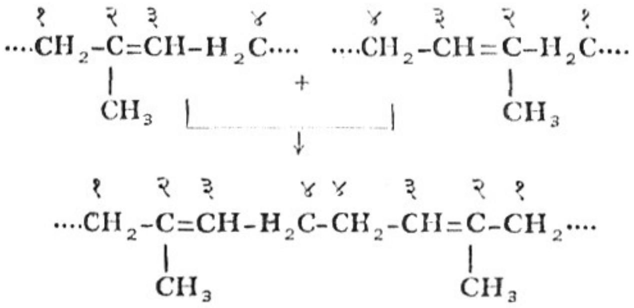
दोन्ही अणुसमुच्चयातील कार्बन क्रमांक १ एकमेकास जोडले गेले तर पुढे दाखविल्याप्रमाणे सूत्र (II) सारखी साखळी बनेल.



(II)

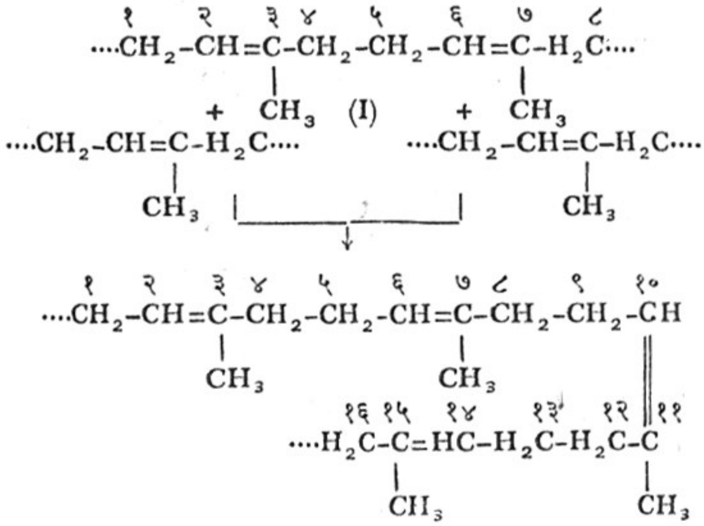
दोन अणुसमुच्चयातील कार्बन क्रमांक ४ जर एकमेकांस जोडले गेले तर सूत्र (III) या रचनेची साखळी तयार होईल.

अनुक्रमणिका



(III)

अशा तऱ्हेने २ आयसोप्रिन रेणूंपासून ८ कार्बन अणूंची साखळी असलेले ३ वेगवेगळ्या संरचनेचे रेणू तयार होतील. त्यांपैकी कोणताही रेणू घेतला तरी त्यामधील प्रारंभीचा आणि शेवटचा ह्या दोन कार्बन अणूंचा प्रत्येकी १ बंध मोकळा आहे हे लक्षात येईल. या मोकळ्या बंधांमुळे या साखळ्यांचा आणखी अणुसमुच्च्ययांशी संयोग होऊन यापेक्षा जास्त कार्बन अणुसंख्या असलेले रेणू बनत जाणे शक्य आहे हे उघड आहे. उदाहरणार्थ वरील (I) या साखळीपासून दोन अणुसमुच्चयांशी संयोग होऊन १६ कार्बन अणूं असलेली लांब साखळी सूत्र (IV) प्रमाणे होऊ शकेल.



(IV)

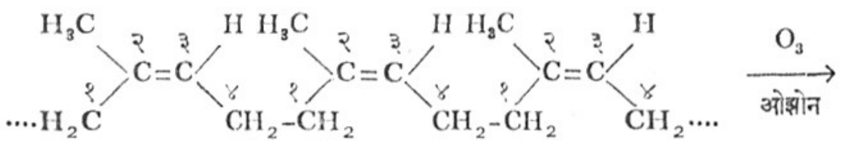
रबराचा रेणू अशा प्रकारे आयसोप्रिनातील अणुसमुच्चयांपासून बनला असणे शक्य आहे ही कल्पना तर्काला धरून आहे. ही कल्पना प्रत्यक्षात कितपत टिकते आणि अणु समुच्चय एकमेकास वर दाखविलेल्या प्रकारांपैकी कोणत्या प्रकारे जोडले गेले आहेत याचा छडा लावण्यासाठी रबरावर अनेक रासायनिक विक्रिया करून पाहण्यात आल्या. त्यापैकी ओझोन वायूची विक्रिया निर्णायक ठरली. तिची रूपरेषा पुढीलप्रमाणे आहे. आझोनाची 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 रेणूंमध्ये

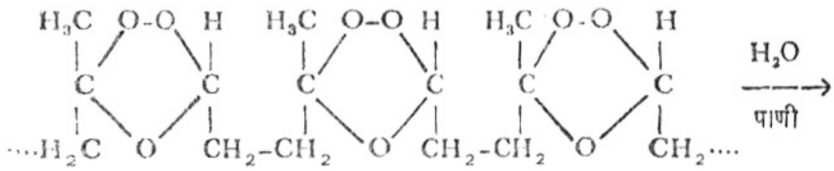
अनुक्रमणिका

ज्या ज्या ठिकाणी ओझोन रेणू समाविष्ट 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 तेव्हा मुख्यतः लेव्ह्यूलिनिक आल्डिहाइड व संबंधित संयुगे बनली. थोड्या प्रमाणात लेव्ह्यूलिनिक अम्लही तयार झाले; पण ते या लेव्ह्यूलिनिक आल्डिहाइडापासूनच बनलेले होते. या वस्तुस्थितीची संगती लावावयाची झाली तर रबराच्या रेणूमध्ये आयसोप्रिनातील अणुसमुच्चयांची जोडणी एका समुच्चयातील कार्बन क्र. १, दुसऱ्या समुच्चयातील कार्बन क्र. ४ ला जोडून झाली असली पाहिजे, असा निष्कर्ष निघतो तो कसा ते पुढील सूत्रांवरून कळून येईल. अन्य प्रकारे जोडणी केल्यास संगती लागत नाही.

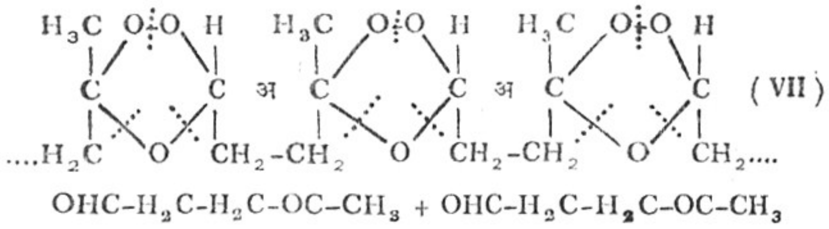
पाण्याच्या विक्रियेने तुटक रेषांनी दाखविलेल्या ठिकाणी ओझोनाइडाच्या रेणूचे तुकडे होतात व त्यामुळे OHC-CH_2-CH_2-CO-CH_3 म्हणजेच लेव्ह्यूलिनिक आल्डिहाइड हे संयुग बनते, हे VII मधील 'अ' या अक्षराने दाखविलेल्या भागांचे निरीक्षण केल्यास कळून येईल. विक्रियेसाठी वापरलेल्या पाण्याचे हायड्रोजन पेरॉक्साइड H_2O_2 त्याचवेळी बनते. पण त्याचा विचार संदर्भात करावा लागत नाही.



रबराचा रेणू (V)



रबराचे ओझोनाईट (VI)

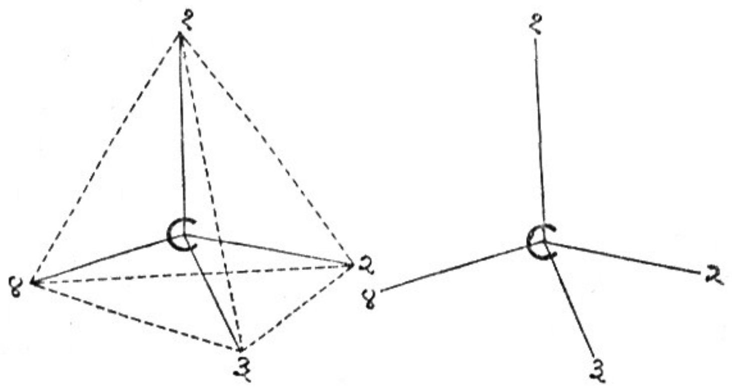


लेव्ह्यूलिनिक आल्डिहाइडाचे २ रेणू

रबराच्या रचनेसंबंधी हा एक महत्त्वाचा उलगडा झाला, तरी एका प्रश्नाचा खुलासा व्हावयाचा अजून राहतो. तो म्हणजे रबराच्या रेणूतील कार्बन अणूंची अवकाशात मांडणी कशी झालेली आहे, हा होय. कारण कार्बन अणूच्या ४ संयुजा एकाच पातळीत नाहीत. त्या पुढील आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे नियमित चतुष्फलकाच्या १, २, ३, ४ या कोपऱ्यांच्या दिशेने विखुरलेल्या आहेत, हे सिद्ध झालेले आहे.

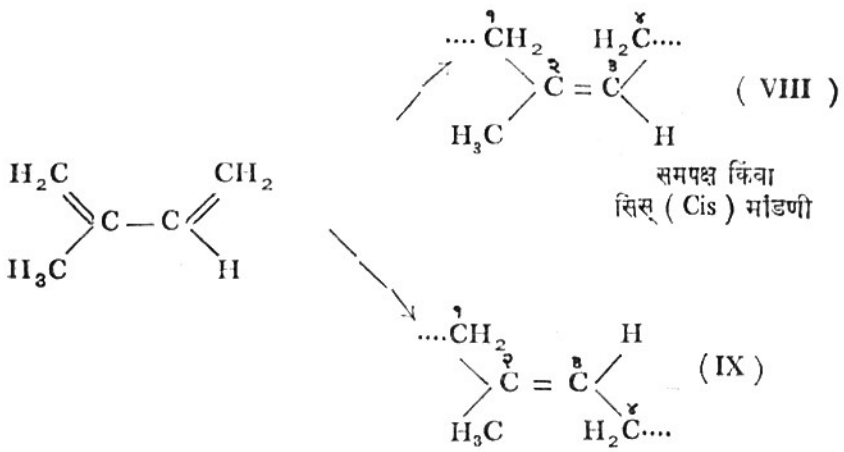
अनुक्रमणिका

आकृती आहे.



कार्बन अणूच्या संयुजाबंधांची अवकाशात मांडणी

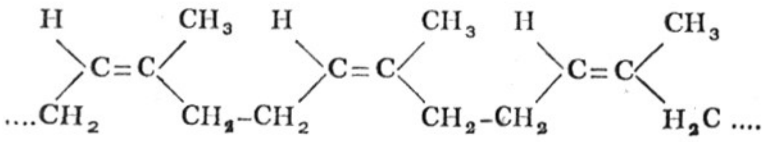
म्हणून आयसोप्रिनाच्या रेणूपासून पुनःपुनः जोडला जाऊ शकेल असा जो अणुसमुच्चय आपण मानला आहे तो त्रिमितीय मांडणीच्या दृष्टीने दोन प्रकारचा होतो. ते दोन प्रकार पुढील सूत्र VIII व IX मध्ये दाखविले आहेत.



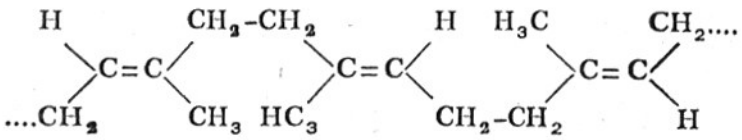
द्विबंधाने जोडलेले कार्बन अणू या छापील पृष्ठाच्या पातळीत आहेत असे मानले तर समपक्ष मांडणीमध्ये कार्बन क्र. २ ला जोडलेला CH_2 गट व कार्बन क्र. ३ ला जोडलेला CH_2 गट हे दोन्ही अवकाशात एकाच बाजूस म्हणजे छापील पृष्ठाच्या वर अथवा खाली येतील. विपक्ष मांडणीमध्ये यापैकी एक गट छापील पृष्ठाच्या वर तर दुसरा पृष्ठाच्या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

मांडणीमधील अशा भेदाचाही पदार्थांच्या गुणधर्मावर फार परिणाम होतो. म्हणून रबराच्या रेणूंमध्ये यापैकी कोणती मांडणी आहे, हे ठरविणे अत्यंत महत्त्वाचे आहे. गट्टापर्चा नावाच्या एका नैसर्गिक पदार्थाच्या

रेणूची संरचना (अवकाशात झालेली मांडणी लक्षात न घेता केलेली अणूंची रचना) रबराच्या रेणूसारखीच आहे; परंतु त्याचा वितळबिंदू व सापेक्ष घनता हे गुणधर्म रबराच्या या गुणधर्मांपेक्षा वेगळे आहेत. या भेदाचा विचार करून रबर-रेणूची मांडणी समपक्ष स्वरूपाची X व गट्टापर्चाची विपक्ष स्वरूपाची XI असावी, असा निष्कर्ष शास्त्रज्ञांनी काढला व तो क्ष-किरण-विवर्तन आणि उपारूण वर्णपटविज्ञान यांपासून मिळालेल्या पुराव्यानेही बरोबर ठरला आहे.



रबराचा रेणू (X)



गट्टापर्चाचा रेणू (XI)

रबराच्या मांडणीचा प्रश्न अशा तऱ्हेने १९३५ च्या सुमारास सुटला, तथापि आयसोप्रिनापासून रबराची प्रतिकृती साध्य होण्यास त्यानंतर सुमारे २० वर्षांचा कालावधी लागला.

रबराचा रेणू आयसोप्रिनातील अणुसमुच्चयांपासून ज्या प्रकारे बनला आहे, त्याचप्रकारे सेल्युलोज, प्रथिने इत्यादी कित्येक नैसर्गिक पदार्थांचे रेणू इतर लहान लहान अणुसमुच्चयांची अनेकदा पुनरावृत्ती होऊन बनले आहेत. अशा प्रकारे जोडणी होण्याच्या क्रियेला बहुवारिकीकरण (इंगजीत पॉलिमरायझेशन) म्हणतात. ज्या अणुसमुच्चयांची पुनरावृत्ती झालेली असते, त्यांना एकवारिके (इंगजीत मॉनोमर्स) असे नाव आहे. रबर व गट्टापर्चा ही C_5H_3 या एकवारिकापासून बहुवारिकीकरणाने बनलेली नैसर्गिक बहुवारिके होत.

रबर-रेणूंची सहजावस्था : दाब किंवा ताण यांसारख्या बाह्य प्रेरणा कार्य करीत नसतील अशा अवस्थेत रबराच्या रेणुरूपी कार्बन-साखळ्या आपापल्या सोयीप्रमाणे अस्ताव्यस्त पडलेल्या, गुंडाळी झालेल्या, एकमेकीत गुरफटलेल्या, अधून मधून तिढे पडलेल्या व दुमडल्या गेलेल्या असतात. दोऱ्यांच्या जुडग्यासारखी त्यांची स्थिती असते. अशा स्थितीत कोणतीही नियमित रचना नसल्यामुळे रबर अस्फटिकी असते. रबराला ताण दिला असता रबर-रेणूरूपी साखळीतील कार्बन अणू आपल्या संयुजा-बंधांवर सोईचे पडेल त्याप्रमाणे फिरतात. कारण एका संयुजाबंधाने जोडले गेलेले कार्बन अणू संयुजाबंधासभोवार बंध न मोडता फिरू शकतात, हे सर्वमान्य आहे. त्यामुळे ताणल्याने रेणु-साखळ्यांचे तिढे पडलेले व दुमडलेले भाग उलगडतात. रबर 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 क्रिस्टलाइटस्) म्हणतात. ताण काढल्याबरोबर रेणुरूपी साखळ्या पुनः आपल्या पूर्वस्थितीत जाण्याचा जोरदार प्रयत्न करतात व त्यामुळेच ताणलेले रबर त्वरित आंकुचन पावते.

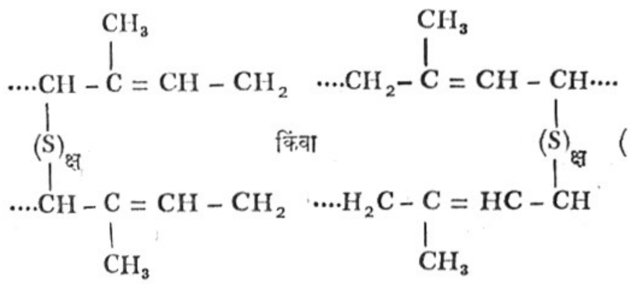
अनुक्रमणिका

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

व्हल्कनीकरण-

ही रबरी वस्तूंच्या उत्पादनातील एक अत्यंत महत्त्वाची प्रक्रिया आहे. व्हल्कनीकरण झालेल्या रबरावर उष्णतेचा व शीततेचा परिणाम होत नाही. त्यामुळेच वस्तूचा आकार टिकतो. व्हल्कनीकरण झालेले रबर कच्च्या रबराप्रमाणे बेंझीन, हेक्झेंन, क्लोरोफॉर्म इत्यादी विद्रावकांत विरघळत नाही; पण केवळ फुगते. रबराचे अंतिम ताणबल आणि घर्षण-झीजरोध हे गुण व्हल्कनीकरणाने वाढतात. कच्चे रबर ताणले व नंतर ताण काढला, तर ते तंतोतंत पूर्वी होते तितके आखूड होत नाही. त्याच्या लांबीत झालेली वाढ, ताण नाहीसा झाला तरी काही प्रमाणात कायम राहते हे मागे आलेच आहे. व्हल्कनीकरण केल्याने अशी कायम स्वरूपाची लांबीतील वाढ फारच थोडी होते; ठराविक मर्यादेत तर ती होतच नाही. तापमानात वाढ किंवा घट झाली म्हणजे कच्च्या रबराच्या गुणांत एकंदरीतच फार फरक पडतो; पण व्हल्कनीकृत रबराचे गुणधर्म मात्र कायम राहतात. व्हल्कनीकरण घडविण्यासाठी सामान्यतः गंधक अथवा ज्यांच्या घटनेत गंधक आहे अशी संयुगे रबरात मिसळतात व उष्णता देतात. या प्रक्रियेचे संपूर्ण ज्ञान अजून झालेले नाही; परंतु एवढे सिद्ध झाले आहे की या प्रकियेने एकमेकांशेजारच्या रबर-रेणुरूपी साखळ्या गंधक अणूंच्या द्वारे जोडल्या जातात. त्यासाठी गंधक अणूचा एक संयुजा-बंध एका रेणूतील कार्बन अणूला व दुसरा दुसऱ्या रेणूतील तशाच कार्बन अणूला जोडला जातो. रबर रेणूमधील ज्या दोन कार्बन अणूंमध्ये द्विबंध असतो त्यांच्या शेजारचे कार्बन अणू अशा प्रकारे गंधकाच्या अणूंद्वारे जोडले जातात. रबर रेणू अशा प्रकारे जोडण्याचे काम नेहमी एकएकटा गंधक अणूच करतो असे नाही. गंधकाच्या दोन अथवा अधिक अणूंची मालिकाही हे कार्य घडविते. गंधकाचे काही अणू द्विबंधयुक्त कार्बन अणूंनाही जोडले जातात; परंतु अशी विक्रिया फारच थोड्या प्रमाणात घडते. पुढील सूत्रात रेणू एकमेकांस जोडले जाण्याची मुख्य क्रिया दाखविली आहे.

(XI)



(XII)

S = गंधक अणू.

क्ष ची 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 घट्ट जखडले जात नाहीत. रबराची प्रत्यास्थता टिकते ती त्यामुळेच. गंधकाचे प्रमाण वाढविले म्हणजे रेणू जोडले

अनुक्रमणिका

जाण्याचे प्रमाणही वाढते आणि गंधकाचे प्रमाण ३० टक्क्यांपेक्षा जास्त केले म्हणजे रबर-रेणू एकमेकांस अनेक ठिकाणी जोडले गेल्यामुळे जणू काय स्थानबद्ध होतात. त्यामुळे प्रत्यास्थता नसलेले, लाकडासारखे कडक, हार्ड रबर किंवा एबोनाइट बनते. हाही एक उपयुक्त पदार्थ आहे. तो बळकट असून त्यावर रासायनिक पदार्थांचा परिणाम होत नसल्यामुळे रासायनिक विक्रिया-पात्रांना अस्तर म्हणून व काही वस्तू बनविण्यासाठी वापरला जातो.

ओझोन व ऑक्सिजन यांच्या योगाने रबरी वस्तू खराब होतात. याचे कारण या वायूंचा परिणाम रबर-रेणूतील द्विबंधावर 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 रबराऐवजी त्यांच्यावर होतात व रबराचा बचाव होतो.

सूर्यप्रकाशातील जंबुपार किरणांमुळे रबर-रेणूतील कार्बन अणूंमधील बंध तुटू लागतात त्यामुळेच उन्हात ठेवलेली रबरी वस्तू निकामी होऊ लागते. मोटारींच्या टायरमधील रबर-मिश्रणातील कार्बनब्लॅक या घटकामुळे हा परिणाम काही प्रमाणात कमी होतो.

रबर-उद्योग व शास्त्रीय ज्ञान

रबर-उद्योगात शास्त्रीय ज्ञानाचा उपयोग अनेक प्रकारे होतो. त्याची थोडीफार कल्पना पुढील विवेचनावरून येईल.

रबराच्या वस्तू बनविणाऱ्या कारखानदारास उत्पादन करताना अनेक गोष्टींचा विचार करावा लागतो. कच्चा माल चांगल्या दर्जाचा आहे याची खात्री असावी लागते व ती करून घेण्यासाठी रबराच्या व त्यामध्ये मिश्र करण्यासाठी वापरलेल्या इतर मालाच्या भौतिक व रासायनिक गुणधर्मांचे ज्ञान उपयोगी पडते. वस्तू बनविण्यासाठी कच्चे रबर व इतर पदार्थ यांचे मिश्रणपाठ ठरविताना, वस्तू ज्या कामासाठी वापरावयाची असेल त्याला अनुसरून वस्तूत आवश्यक ते गुण यथायोग्य प्रमाणात यावेत या दृष्टीने मिश्रण-घटक निवडावे लागतात. उदा. रबरी धागा सहज व अनेकपट ताणला जाईल आणि पुनः त्वरित आखूड होईल असा असावा लागतो, तर मोटारीच्या ट्यूबला जर भोक पडले, तर ते मोठे होत जाणार नाही हा गुण असलेले मिश्रण लागते. त्याचप्रमाणे वापरावयाची मिश्रणे प्रकिया करण्यास सोपी अशी असावी लागतात. त्यानंतर वस्तू बनविताना प्रक्रियांचे नियंत्रण करावे लागते आणि अखेरीस तयार झालेली वस्तू योग्य गुणवत्तेची ठरेल याची खात्री करून घ्यावी लागते. या सर्व ठिकाणी रबर-मिश्रणाच्या आणि उत्पादित वस्तूच्या काही भौतिक गुणधर्मांचे मूल्यमापन करणे उपयुक्त असते. कारण या गुणधर्मांची मूल्ये व वस्तूची उपयुक्ततेच्या दृष्टीने गुणवत्ता यांचे परस्पर संबंध अनेक वस्तेंच्या बाबतीत प्रस्थापित करण्यात आलेले आहेत.

अशी प्रमाणित मूल्ये काढण्यासाठी विशेष प्रकारची उपकरणे आणि कार्यपद्धती वापरल्या जातात. त्या तपशिलाची येथे आवश्यकता नाही; परंतु ताण दिला असता व्हल्कनीकरण केलेल्या रबर-मिश्रणावर जो परिणाम घडतो त्याचे मूल्यमापन या संदर्भात कसे उपयोगी पडते याचे स्थूलमानाने दिग्दर्शन करता

येईल. उदाहरणादाखल 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 टोकाला क्रमाक्रमाने आपण जास्त जास्त वजने लावू लागलो, तर जसजशी वजने वाढत जातील तसतशी त्या रबरपट्टीची लांबीही वाढत जाईल आणि अखेर अशी एक वेळ येईल की, पट्टी सर्वात जास्त लांब होऊन तुटेल. पट्टी जेव्हा तुटली त्यावेळी लावलेले वजन किती किलोग्रॅमचे (किंवा पौंडाचे) होते आणि ताण लावण्यापूर्वी पट्टीच्या आडव्या छेदाचे क्षेत्रफळ किती चौरस सेंटिमीटर (किंवा चौरस इंच) होते हे 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-क्रियेची आणि व्हल्कनीकरणाची पूर्णता यावर अवलंबून असते. प्रमाणित आकाराची पट्टी वापरून प्रमाणित पद्धतीने काढलेली वेगवेगळ्या रबर-मिश्रणांची अंतिम ताणबलांची मूल्ये निश्चित करण्यात आलेली आहेत, आणि विविध उपयोगांसाठी योग्य मूल्ये काय असावीत, हेही माहीत झालेले आहे. त्यामुळे एखादे रबर-मिश्रण विशिष्ट कामासाठी कितपत समाधानकारक ठरले, याची कल्पना त्याच्या प्रत्यक्ष मूल्यांची या मूल्यांशी तुलना केल्यास येते.

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

$$\text{अंतिम प्रतिशत लांबीवाढ} = \frac{\text{अंतिम लांबी - मूळची लांबी}}{\text{मूळची लांबी}} \times \text{१००}$$

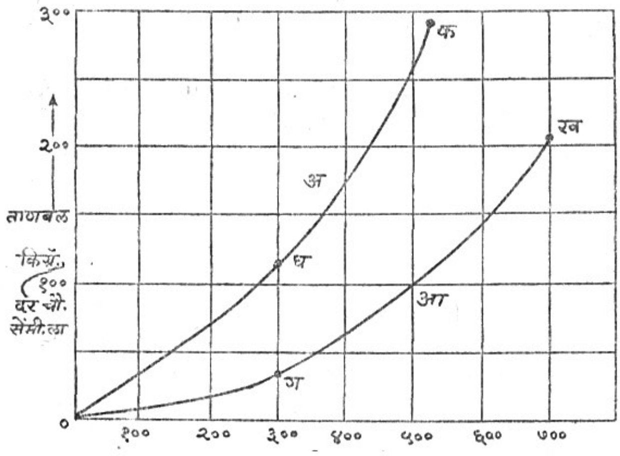
उदा. प्रथम १ सेंमी. लांब असलेली पट्टी तुटली त्यावेळी ६ सेंमी. लांब झाली असल्यास तिची अंतिम प्रतिशत लांबी वाढ ५०० ठरते.

या मूल्यावरून रबर-मिश्रणाचा ताठरपणा कळून येतो.

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

अंतिम ताणबल मोजण्याच्या वरील प्रयोगात जर क्रमाक्रमाने वजने वाढवीत नेली आणि त्या त्या वेळचे ताणबल काढले, व त्याचप्रमाणे त्या त्या वेळी झालेल्या लांबीतील वाढीवरून त्या त्या वेळची प्रतिशत लांबीवाढ काढली आणि त्यानंतर आडव्या अक्षावर प्रतिशत लांबीवाढ आणि उभ्या अक्षावर ताणबले यांची नोंद केली तर एक आलेख काढता येतो. असे आलेखही फार उपयोगी पडतात. उदाहरणादाखल एक आलेख खाली दिला आहे. त्यातील 'अ' हा वक्र टायरच्या खवल्यांसाठी योग्य अशा एका रबर-मिश्रणाचा आहे. त्यावरून कळून येईल की, अशा मिश्रणाचे अंतिम ताणबल २९७.५ किग्रॅ./चौ. सेंमी. (क बिंदू) आणि अंतिम प्रतिशत लांबीवाढ सुमारे ५२५ असणे योग्य ठरते. 'आ' हा वक्र मोटारीच्या ट्यूबसाठी

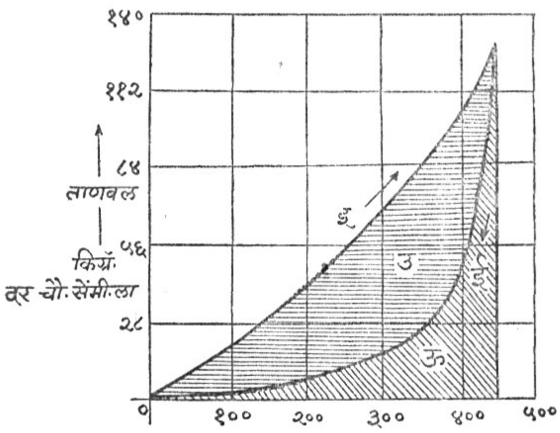
वापरावयाच्या रबर मिश्रणाचा असून त्याची ही मूल्ये अनुक्रमे २१० किग्रॅ./चौ.सेंमी. व सुमारे ७०० योग्य ठरतात. (ख बिंदू)



प्रतिशत लांबीवाढ

एखाद्या रबर-मिश्रणाची प्रतिशत लांबीवाढ एखाद्या विवक्षित मूल्याइतकी होण्याकरिता जे ताणबल लागते, त्याला त्या रबर-मिश्रणाचा त्या लांबीवाढीचा मापांक (इंगजीत मॉड्यूलस्) असे म्हणतात. वरील आलेखावरून हे दिसून येईल की, प्रतिशत ३०० लांबीवाढीसाठी ट्यूबच्या रबराचा मापांक सुमारे २८ किग्रॅ./चौ.सेंमी. (ग बिंदू) आणि टायरच्या रबराचा सुमारे ११३.७५ किग्रॅ./चौ.सेंमी. (घ.बिंदू) येतो.

रबर-पट्टीला ताण देण्याच्या प्रयोगात क्रमाक्रमाने वजने वाढविताना वेगवेगळ्या वजनास झालेली प्रतिशत लांबीवाढ काढून ताणवले 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 आलेला 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 रेंगाळत राहिली आहे असे आढळते. असे वक्र पुढील आलेखात दाखविले आहेत.



प्रतिशत लांबीवाढ

अनुक्रमणिका

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

'ई' हा वक्र रबरपट्टी वजने कमी केल्यामुळे आंकुचन पावत असताना होणारी प्रतिशत लांबीवाढ दाखवितो.

येथे वक्र इ व त्याखालील क्षेत्र (क्षेत्र उ + ऊ) हे रबर ताणले जात असताना त्यावर घडलेल्या कार्याच्या सम प्रमाणात असते. रबर आंकुचन पावते तेव्हा ई या वक्राखाली असलेल्या क्षेत्राच्या (क्षेत्र ऊ) सम प्रमाणात कार्य परत दिले जाते. रबरावर केले गेलेले आणि त्याने परत फेड केलेले कार्य यांमध्ये इ व ई या वक्रांच्यामधील क्षेत्राच्या (क्षेत्र उ) सम प्रमाणात तूट येते. ती उष्णतेच्या रूपाने बाहेर पडते व त्यामुळे रबराचे प्रसरण-आंकुचन होते तेव्हा तापमान वाढते.

जी रबरी वस्तू वापरताना प्रसरण-आंकुचन यांची वारंवार आवर्तने होतात, अशा ठिकाणी या बाबीचा विचार करावा लागतो. उदाहरणार्थ, मोटारीच्या टायरच्या बाजू व खवले आणि यंत्राचे चालक पट्टे. कारण जास्त उष्णता निर्माण झाली, तर तापमान फार वाढून वस्तू लवकर निकामी होण्याची शक्यता असते. म्हणून उ हे क्षेत्र जितके लहान असेल तितके चांगले. अशा वस्तूंसाठी या दृष्टीने रबर-मिश्रण निवडणे श्रेयस्कर असते.

कित्येक रबर वस्तूंच्या अंगी दुसरेही काही गुण असावे लागतात. मोटारीच्या टायरच्या पृष्ठभागाला रस्त्याचे घर्षण सहन करावे लागते. म्हणून अशा भागाचे रबर-मिश्रण लवकर झिजणार नाही, असे असावे लागते. काही वस्तू वापरताना वाकणे व परत सरळ होणे या क्रिया आलटून पालटून सतत होतात. उदा; बुटांचे तळ, यंत्रांचे चालक पट्टे इ. या क्रियेने वस्तूस चिरा पडण्याचा फार संभव असतो. म्हणून चिरा पडण्यास विरोध करण्याचा गुण अशा वस्तूंत आवश्यक असतो. काही वस्तू उच्च तापमानात तर काही हिमाच्छादित थंड परिसरात वापरल्या जातात. म्हणून तापमानातील बदलांमुळे वस्तूची उपयुक्तता कमी होणार नाही असेगुण तीमध्ये असावे लागतात. या व यासारख्या इतर ठिकाणी हवे असलेले गुण वस्तूमध्ये किती प्रमाणात आहेत याची कल्पना यावी यासाठी ती वस्तू वापरताना जशी क्रिया होते, तिच्याशी साम्य किंवा संबंध असलेल्या चाचण्याही, वस्तूवर प्रयोगशाळेत करून पाहता येतात. चाचणीच्या अगोदर व नंतर वस्तूचे गुणधर्म तपासले म्हणजे वस्तूच्या गुणवत्तेची कल्पना येते. जेथे अशा चाचण्या पुऱ्या पडत नाहीत तेथे वस्तूचा प्रायोगिक वापर प्रत्यक्ष करून पाहतात व निरीक्षणे करून त्यावरून निष्कर्ष काढतात.

पुनःप्रापित रबर

मोटारगाड्या, ट्रॅक्टर, मोटारसायकली इत्यादींचे जुने टाकाऊ टायर आणि वापरून निरूपयोगी 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 रबर नसेत. व्हल्कनीकरणामुळे कच्च्या रबरात जो रासायनिक फेरफार झालेला असतो तो नाहीसा होऊन हे पूर्ववत बनलेले नसते. परंतु दाब आणि उष्णता यांच्या योगाने ते कच्च्या रबराप्रमाणे दिलेला आकार धारण करू शकते. म्हणून वस्तू बनविण्यासाठी नैसर्गिक व संश्लेषित रबरांबरोबर मिश्र करून मुख्यतः ते वापरता येते. हे मिश्र केले असता काही फायदेही होतात. त्यामुळे

रबरमिश्रणात वापरण्याचा एक बहुमोल पदार्थ आणि टाकाऊ रबरी वस्तूंचा उपयोग करून घेण्याचा एक मार्ग या दोन्ही दृष्टींनी त्याला महत्त्व आहे.

व्हल्कनीकरणाच्या शोधानंतर लवकरच जुन्या रबरी वस्तूंमधील रबराचा उपयोग पुनः करून घेता यावा यासाठी प्रयत्नांस चालना मिळाली; परंतु पुनःप्रापणाच्या धंद्याला खरी सुरूवात १८६५ मध्ये झाली.

पुनःप्रापणासाठी आज विविध प्रक्रिया ज्ञात आहेत. त्यांमध्ये उष्णतेचा आणि रासायनिक द्रव्यांचा उपयोग करून रबरी वस्तूंमधील कापूस, नायलॉन इत्यादींचे धागे नाहीसे करणे आणि व्हल्कनीकरण झालेल्या रबररेणूवर इष्ट परिणाम घडवून ते साच्याने दिलेला आकार धारण करू शकतील असे बनविणे हे प्रमुख हेतू असतात.

सुमारे ८५ टक्के पुनःप्रापित रबर जुन्या टायरपासून मिळविले जाते.

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

या चक्कीमध्ये, पृष्ठभागावर सऱ्या पाडलेले दोन जड रूळ समांतर बसविलेले असतात. त्यांच्या फिरण्याच्या दिशा एकमेकांविरूद्ध आणि गती भिन्न असतात. त्यामुळे चक्कीत टाकलेले टायर चांगले रगडून-भरडून चूर्ण होऊन निघतात. चक्कीतून बाहेर पडणारे पीठ चाळून घेतात व त्यातील भरडा पुन्हा चक्कीत टाकतात. पिठात लोखंडी तारांचे तुकडे किंवा लोखंडाचा कीस आला असेल तर तो दूर व्हावा म्हणून हे पीठ चुंबकीय पृथक्कारी यंत्रामधून घालवितात. लोखंडी वस्तू लोहचुंबकाला चिकटून राहतात व निवळ पीठ बाहेर पडते.

या पिठात हवेचा जोरदार झोत सोडतात. त्यामुळे पीठ हवेत उडते व त्यातील बारीक कण हळू हळू खाली पडू लागतात. ते पिंपात गोळा करतात. अशा तऱ्हेने प्रक्रियेसाठी लागणारे अत्यंत बारीक पीठ तयार होते. ते दाब देण्याची योजना असलेल्या एका पात्रात (प्रेशर कुकर सारख्या) भरतात व त्यामध्ये धागे नष्ट करणारी (उदा. झिंक क्लोराइड), पिठातील कण फुगविणारी व त्यामध्ये आकार्यता (आकार घेण्याचा गुण) आणणारी आणि पुनःप्रापण सुकर करणारी रसायने (नॅप्था, कोळशाचे किंवा पाइनचे डांबर इत्यादी) आणि पाणी मिसळून पात्राचे तापमान सु. २०५° सें. इतके चढवून मिश्रण ३ ते ५ तास ढवळीत ठेवतात. त्यानंतर पात्र थंड करून त्यातील पदार्थ पाण्याच्या टाक्यात सोडतात. तेथून तो एका अखंड व पुढे सरकत जाणाऱ्या जाळीदार पट्ट्यावर घेतात. त्यामुळे पाणी जाळीतून खाली पडते व पुनःप्रापित रबर पट्ट्यावर राहते. ते धुऊन नंतर गरम हवेच्या झोताने कोरडे करतात, त्याचे पातळ तक्ते बनवितात व त्यांचा चुरा करून त्यात राहिलेले मऊ न झालेले कण इत्यादी अनिष्ट पदार्थ काढून टाकण्याच्या प्रक्रिया करून शुद्ध माल तयार करतात.

व्हल्कनीकरणाने रबरी वस्तूमध्ये असलेले रबराचे रेणू एकमेकास पार्श्वबंधांनी जोडले गेलेले असतात. पुनःप्रापण-क्रियेने हे बंध नाहीसे होत नाहीत; परंतु रबर-रेणुरूपी कार्बन साखळ्यांचे खंड पडतात. त्यामुळे मूळ रेणूपेक्षा कमी लांबीच्या कार्बन-साखळ्या असलेले रेणू बनतात. त्यांच्या अंगी आकार्यता असते. त्यामुळेच पुनःप्रापित रबर उपयुक्त ठरते.

अनुक्रमणिका

पुनःप्रापित रबर स्वस्त पडते. वस्तू बनविण्याच्या प्रकिया त्यावर कच्च्या रबरापेक्षा जास्त सुकरतेने व निर्धास्तपणे करता येतात व त्याचे व्हल्कनीकरणही लवकर होते. या गुणांमुळे अनेक रबरी वस्तू बनविताना मिश्रणात त्याचा अंतर्भाव करणे फायदेशीर असते. बुटांच्या टाचा, बाबा गाड्यांच्या चाकांचा धावा, बिछायती, स्वस्त नळ्या त्याचा उपयोग करून बनवितात.

संश्लेषित रबरी वस्तूंपासूनही पुनःप्रापित रबर बनविता येते;

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

सध्या भारतात पुनःप्रापित रबर बनविणारे ४ कारखाने चालू असून १९६९-७० साली त्यांचे एकंदर 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.

***

अनुक्रमणिका

प्रकरण ६

संश्लेषित रबरे

आजकाल आपण ज्या रबरी वस्तू वापरतो त्या सर्वांमध्ये नैसर्गिक रबरच वापरलेले असते असे नाही. कित्येकांमध्ये नैसर्गिक रबराऐवजी किंवा नैसर्गिक रबराबरोबर संश्लेषित रबरे उपयोगात आणलेली असतात. त्यांना '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. त्यांच्या रेणूंच्या रचनेमध्य आणि नैसर्गिक रबराच्या रेणूच्या रचनेत सारखेपणा असतो पण एकरूपता नसते. म्हणूनच नैसर्गिक रबराच्या रेणूच्या, मानवाने बनविलेल्या हुबेहूब प्रतिकृतीचा उल्लेख 'संश्लेषित नैसर्गिक रबर' असा केला जातो हे मागे आलेच आहे.

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

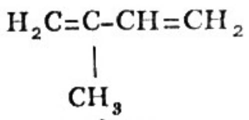
नैसर्गिक रबराचे रेणू C_5H_8 या एकवारिकापासून बनलेले आहेत. पण संश्लेषित रबरांचे रेणू केवळ C_5H_8 च नव्हे तर त्याच्याशी साम्य असलेल्या इतर एकवारिकांपासून उदा. C_4H_6, C_8H_8 इत्यादींपासून, बहुवारिकीकारणाने बनले आहेत; त्यामध्ये कार्बनशिवाय इतर मूलद्रव्यांच्या अणूंचाही समावेश असतो. काही संश्लेषित रबरांचे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

रेणूंच्या या भिन्नतेमुळे सर्व संश्लेषित रबरांच्या अंगी नैसर्गिक रबराचे सर्व गुण असतातच असे नाही. त्यामुळे उपयोगाच्या दृष्टीने संश्लेषित रबरांचे दोन वर्ग पडतात. टायरसारख्या सर्वसामान्य वस्तू बनविण्यासाठी उपयोगी पडणाऱ्या रबरांचा 'सामान्योपयोगी रबरे' हा एक आणि खनिज तेलांच्या सान्निध्यात, किंवा उच्च तापमानात वापरताना टिकू शकतील अशा विशेष प्रकारच्या वस्तू बनविण्यासाठी योग्य अशांचा 'विशेषोपयोगी रबरे' हा दुसरा होय. नैसर्गिक रबरामध्ये कमी प्रमाणात असलेले कित्येक गुण (उदा. खनिज तेले, ओझोन वायू, उच्च तापमान यांच्या अनिष्ट परिणामास विरोध करणे हे व तत्सम इतर) विशेषोपयोगी रबरांच्या अंगी मोठ्या प्रमाणात असतात.

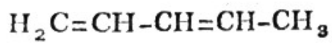
उगम व विकास

नैसर्गिक रबराचे भंजक ऊर्ध्वपातन केले असता आयसोप्रीन हे संयुग मुख्यतः मिळते हे मागे आलेच आहे. (पृ. ६२) हे ऊर्ध्वपातन निर्वात स्थितीत केलेले असते. आयसोप्रीन हवेच्या संपर्कात ठेवले व तापविले तर घट्ट बनते आणि आणि काही काळाने त्याचे स्पंजासारखे लवचीक व पांढरे गट्ठे बनतात असे जी. विल्यम्स यांना १८६० मध्ये दिसून आले. असेच गट्ठे त्यावर हायड्रोक्लोरिक अम्लाची विक्रिया केली असता किंवा नळीमध्ये ते बंद करून प्रकाशात ठेवले तर तयार होतात असे त्यानंतर दुसऱ्याही काही संशोधकांना दिसून आले. परंतु या निरीक्षणांचा उपयोग नैसर्गिक रबर बनविण्यासाठी करावा या दृष्टीने प्रयत्नास त्याकाळी चालना मिळाली नाही.

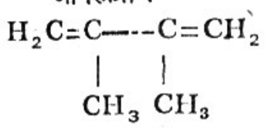
इ.स. १८८१ च्या सुमारास फॉन होफमान यांना दिसून आले की १, ३-पेंटाडीन या संयुगापासूनही रबर-सदृश गठ्ठे अशाच विक्रियांनी मिळतात. त्यानंतर १८८२ मध्ये कौटूरियर यांना २, ३-डायमिथिल-१, ३-ब्युटाडिनाच्या अंगीही असाच गुण असल्याचे आढळले. परंतु या शोधाकडे कोणी फारसे लक्ष दिले नाही. आयसोप्रिनाच्या रेणूप्रमाणेच या पदार्थांच्या रेणूंमध्येही एका आड एक असे दोन द्विबंध आहेत हे या रेणूंच्या संरचनांतील साम्य लक्षात घेण्यासारखे आहे.



आयसोप्रीन



१, ३-पेंटाडीन



२, ३-डायमिथिल-१, ३-ब्युटाडीन

विसाव्या शतकाच्या प्रारंभी मोटारींचा प्रसार सुरू झाला व टायरसाठी रबर लागू लागले. त्यामुळे रबराची मागणी वाढली व पुरवठा कमी पडू लागला. कारण रबराच्या लागवडी जरी स्थापन झाल्या होत्या तरी त्यापासून उत्पादनास नुकतीच सुरूवात होत होती. या परिस्थितीमुळे रबराच्या किंमती भडकू लागल्या. रासायनिक विक्रियांनी कारखान्यात रबर बनविता आले तर ही आपत्ती दूर करता येईल या अपेक्षेने जर्मनी व इंग्लंड या देशांत रबर-संश्लेषणविषयक संशोधनास प्रथम चालना मिळाली. या प्रयत्नातून १९१० च्या सुमारास असे निष्पन्न झाले की सोडियम धातूच्या संपर्कात आयसोप्रीन ठेवले तर काही कालावधीनंतर रबरासारखा पदार्थ निर्माण होतो. हा शोध दोन्ही देशात स्वतंत्रपणे लागला पण योगायोग मात्र असा विचित्र की याच सुमारास लागवडींचे रबर-उत्पादन मबलक होऊ लागले आणि त्यामुळे रबराच्या किंमती उतरल्या. रबर-संश्लेषणाचे प्रयत्न त्यामुळे थंडावले!

पहिले महायुद्ध

त्यानंतर लवकरच पहिले महायुद्ध सुरू झाले. युद्ध फार काळ चालणार नाही अशी जर्मनीची कल्पना होती. त्यामुळे युद्धासाठी रबराचा फारसा साठा जर्मनीने केला नव्हता. युद्ध सुरू झाल्यावर लवकरच तो संपुष्टात आला. नवीन पुरवठा शत्रूंनी नाकेबंदी करून तोडला होता त्यामुळे रबराचा तुटवडा पडण्याचे संकट जर्मनीपुढे उभे राहिले. संश्लेषणाने रबर बनविण्याचे प्रयत्न आणि तेही युद्ध पातळीवर करण्याखेरीज गत्यंतर उरले नाही. आयसोप्रिनापासून रबर बनविण्याची खटपट प्रथम करून पाहण्यात आली पण अपयश आले. आयप्रोसीन दुर्मिळ होते आणि त्यापासून बनणारे रबरही समाधानकारक नव्हते. पर्याय म्हणून वर उल्लेख केलेला २, ३-डायमिथिल-१, ३-ब्युटाडीन हा पदार्थ कच्चा माल म्हणून वापरण्याचे जर्मनीने ठरविले. हा पदार्थ ॲसिटोन नावाच्या संयुगापासून म्हणजेच अप्रत्यक्षपणे चुनखडी आणि कोळसा यापासून बनविता येत असल्यामुळे फार सोयीचा होता. या तऱ्हेने मिळणाऱ्या रबराला मिथिल रबर म्हणतात. याचे दोन प्रकार तयार करण्यात आले. एक प्रकार टायरसाठी व दुसरा मोटारीतील व पाणबुड्या बोटीतील बॅटऱ्यांच्या पेट्यांकरिता वापरण्यात आला. जर्मनीने युद्धकाली या रबराचे उत्पादन सुमारे २३५० टन इतक्या प्रचंड प्रमाणावर केले व संभाव्य रबर-टंचाईला तोंड दिले.

अनुक्रमणिका

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

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

इ.स. १९२१ च्या सुमारास रबराची किंमत पौंडास १४ सेंट इतकी घसरली. पूर्वी ती ५० सेंटच्या खाली कधीच गेली नव्हती. रबरमळ्यांचे त्यामुळे नुकसान होऊ लागले. त्याकाळी रबर-मळ्यांचा सु. ७५ टक्के भाग ब्रिटिशांचा होता. मळ्यांचे नुकसान थांबविण्यासाठी ब्रिटनने स्टीव्हन्सन स्कीम नावाची एक योजना आखली व निर्यातीवर जकात बसविली. त्यामुळे १९२३ पासून रबराच्या किंमती पुनः चढू लागल्या आणि १९२५ मध्ये त्यांनी उच्चांक गाठला. कच्च्या मालाच्या किंमतीत वारंवार होणारा चढउतार उद्योगधंद्याला मारक असतो. संश्लेषणाने रबर बनविता आले तर किंमती आटोक्यात ठेवता येतील हे उद्योजकांनी जाणले. कारण नैसर्गिक उत्पादनापेक्षा कारखान्यातील उत्पादनावर नियंत्रण ठेवणे जास्त सोपे असते. रबर-संश्लेषणाचे प्रकल्प हाती घेण्यात जर्मनीने पुढाकार घेतला. कारण रबराच्या बाबतीत स्वयंपूर्ण व्हावे अशी जर्मनीची आकांक्षा होती. अमेरिकेसही संश्लेषित रबरात स्वारस्य होते. कारण अमेरिका रबर-उत्पादनाचा फार मोठा भाग वापरीत असे. तिने आपल्या हितरक्षणासाठी आफ्रिकेमध्ये स्वतःच्या रबर-लागवडीस सुरूवात केली आणि त्याचबरोबर रबर-संश्लेषणाच्या प्रयत्नांनाही चालना दिली.

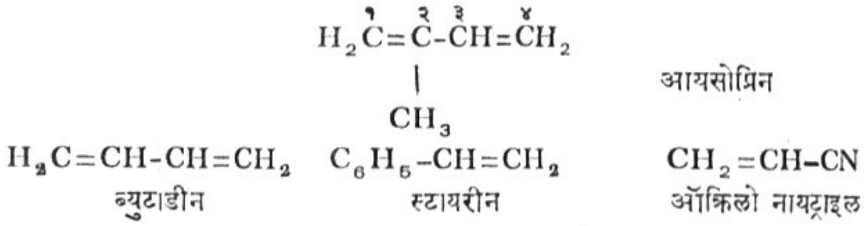
रबर-संश्लेषणास उपयोगी पडू शकेल असा ब्युटाडीन हा पदार्थ याच सुमारास स्वस्त व जास्त शुद्ध रूपात उपलब्ध झाला होता.

ब्युना रबरे

आयसोप्रिनाच्या रेणूप्रमाणेच ब्युटाडिनाच्या रेणूमध्येही चार कार्बन अणूंची साखळी असून द्विबंधांची स्थानेही सारखीच आहेत हे पुढे दिलेल्या त्यांच्या सूत्रांवरून कळून येईल. 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 रबर-प्रकाराला ‘ब्युना’ हे नाव देण्यात आले. बहुवारिकीकरणास उत्प्रेरक म्हणून उपयोगी पडेल असा बेंझॉइल पेरॉक्साइड 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 अशी आणखीही एक गोष्ट याच काळांत नजरेस आली. ती म्हणजे बहुवारिकीकरणासाठी एकाच प्रकारचे एकवारिक वापरण्याऐवजी 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 बेंझॉइल पेरॉक्साइडाच्या उपस्थितीत घडविले तेव्हा जो पदार्थ मिळाला त्याचे गुणधर्म पूर्वीच्या रबरांपेक्षा नैसर्गिक रबराच्या गुणधर्मांशी जास्त मिळतेजुळते आहेत असे १९२९ मध्ये दिसून आले. या रबराला ब्युना एस् हे नाव देण्यात आले. याच्या पाठोपाठ १९३० मध्ये ब्युटाडीन व ॲक्रिलोनायट्राइल यांचे सहबहुवारिकीकरण करण्यात आले. त्यापासून ब्यूना एन् हा आणखी एक रबर-प्रकार मिळाला.

अनुक्रमणिका

त्याच्या अंगी खनिज तेलांच्या 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 मुख्यतः जर्मनीमध्येच होऊ शकली. त्याचे कारण स्वयंपूर्णतेवर भर असल्यामुळे जर्मनीस आर्थिक प्रश्न गौण होता.

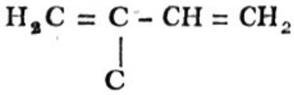


याच कालात अमेरिकेतील स्टँटर्ड ऑइल कंपनी आणि जर्मनीतील आयजी फार्बेन कंपनी यांनी संशोधनविषयक माहितीची देवघेव करण्याचा एक करार केला होता. अमेरिकन शास्त्रज्ञांनी रबर संश्लेषणाचे प्रयत्न स्वतंत्रपणेही चालविले होते. त्यापासून काही विशेषोपयोगी रबरे निष्पन्न झाली. पण सामान्योपयोगी रबरासंबंधी संशोधन अमेरिकेत त्यावेळी फारसे झाले नाही. असे रबर जर्मनीहून आयात केले जाई.

इ.स. १९२४ च्या सुमारास एथिलीन डायक्लोराइड व तत्सम संयुगे आणि सोडियम टेट्रासल्फाइड यांच्यामधील रासायनिक विक्रियांचा 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 फुगत नाहीत. त्यामुळे पेट्रोलवाहक नळ वगैरेसाठी ती फार अप्रतिम ठरली. त्यांचे उत्पादन १९३० मध्ये सुरू झाले व अजूनही त्यांचे सुधारित प्रकार वापरले जातात.

संघनन बहुवारिकीरण

ही रबरे बनविण्यासाठी रासायनिक विक्रिया आतापर्यंत वर्णन केलेल्या बहुवारिकीकरणासारखी, म्हणजे लहान एकवारिके एकमेकांत सामावून घेण्याची, नाही. त्या ऐवजी येथे एथिलीन डायक्लोराइड आणि सोडियम टेट्रासल्फाइड रेणू यांमध्ये संघनन- विक्रिया होऊन सोडियम क्लोराइड निर्माण होऊन बाहेर पडते व रेणू एकमेकांस जोडले जाऊन लांब साखळ्या बनतात. या विक्रियांचे 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-क्लोरोब्युटाडीन हे संयुग बनवून त्याचे बहुवारिकीकरण करतात.



२-क्लोरो ब्युटाडीन.

अनुक्रमणिका

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

ब्युटिल रबर

याच सुमारास आयसोब्युटायलीन या संयुगाचे, बोरॉन ट्रायफ्लुओराइडाच्या सान्निध्यात व -७५° सें. तापमानास बहुवारिकीकरण घडविले तर एक बहुवारिक पदार्थ मिळू शकतो ही माहिती जर्मनीने वरील करारानुसार अमेरिकेस पुरविली. प्रथम या पदार्थाचा उपयोग इंधनात मिसळण्यासाठी करावा असा हेतू होता. परंतु नंतर तो बदलला व रबर म्हणून उपयोग करण्याच्या दृष्टीने काही संशोधन करण्यात आले. त्यातून असे निष्पन्न झाले की थोड्या प्रमाणात आयसोप्रीन अथवा ब्युटाडीन मिश्र करून 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 खरे पण तो ब्युटिल रबराशी तुलना करता फार कमी ठरतो; उदा. एका चाचणी-प्रयोगामध्ये एक नैसर्गिक रबराची व एक ब्युटिल रबराची अशा सारख्या आकाराच्या मोटारीच्या ट्यूब्ज बनवून त्यात २८ पौंड/चौ.इंच, इतका दाब होईपर्यंत हवा भरली होती. दोन आठवडयनंतर पुनः दाब मोजला तेव्हा नैसर्गिक रबराच्या ट्यूबमधील हवा निघून गेल्यामुळे दाब ८ पौंड/चौ.इंच कमी झाला तर ब्युटिल रबराच्या ट्यूबमधील फक्त १ पौंड/चौ.इंच इतकाच उतरला. या वैशिष्ट्यांमुळे मोटारींच्या ट्यूब्जसाठी हे नैसर्गिक रबरापेक्षा जास्त समाधानकारक ठरते. कारण हवा वारंवार भरावी लागत नाही. याचे उत्पादन १९४० पासून सुरू झाले.

दुसऱ्या महायुद्धात रबर

दुसऱ्या महायुद्धापूर्वी सामान्योपयोगी रबर म्हणून नैसर्गिक रबराऐवजी वापरता येईल असे ब्युना एस् हेच रबर उपलब्ध होते व त्याचा पुरवठा अमेरिकेस मुख्यतः जर्मनीकडून केला जाई. युद्ध सुरू होण्याच्या सुमारास अमेरिकेने याच्या उत्पादनाचे तंत्र आत्मसात केले आणि प्रायोगिक प्रमाणात त्याचे उत्पादनही सुरू केले. लढाई सुरू झाल्यावर आणि विशेषतः १९४१ च्या अखेरीस जपानने जेव्हा आग्नेय आशियातील नैसर्गिक रबर-उत्पादक प्रदेश काबीज केला तेव्हा रबराचा तुटवडा पडण्याची भीती निर्माण झाली. या प्रसंगाला तोंड देण्यासाठी अमेरिकेने प्रयत्नांची पराकाष्ठा केली. युनायटेड स्टेटस् व कॅनडा यांनी मिळून 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 निष्कृष्टच होते.

त्यानंतर काही विशेष प्रकारच्या उत्प्रेरकांचा शोध लागला. त्यांचा उपयोग केल्याने ब्युटाडीन व स्टायरीन यांचे बहुवारिकीकरण पायस-रूपातच पण ५° सें. इतक्या कमी तापमानास घडवून आणणे साध्य झाले. मूळच्या कृतीत ५०° सें. तापमान वापरावे लागे. या नव्या कृतीने बनविलेल्या रबराचा उल्लेख त्यामुळे 'थंड एस्.बीआर' असा केला जातो व पूर्वीच्या रबरप्रकाराला 'उष्ण एसबीआर' म्हणतात. 'थंड एसबीआर'

च्या अंगी घर्षणजन्य झीज होण्यास विरोध करण्याचा गुण मोठ्या प्रमाणात असल्यामुळे ते एक महत्त्वाचे आधुनिक सामान्योपयोगी रबर ठरले आहे.

संश्लेषित नैसर्गिक रबर

युद्धोत्तर काळात झालेली एक महत्त्वाची घटना म्हणजे संश्लेषणाने नैसर्गिक रबराची हुबेहुब प्रतिकृती बनविण्यात शास्त्रज्ञांना 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 उत्पेरके वापरली जात त्यांच्या योगाने एकाच मांडणीची एकके एकमेकांस जोडली जातील असा भरवसा नसे. कार्ल त्सीगलर व जी. नाट्टा यांनी या सुमारास जी उत्प्रेरके शोधून काढली होती ती वापरल्याने एकवारिकांच्या त्रिमितीय मांडणीवर नियंत्रण ठेवणे शक्य झाले. या उत्प्रेरकांचा उपयोग करून १९५५ च्या सुमारास आयसोप्रिनापासून नैसर्गिक रबराचे संश्लेषण साध्य झाले.

त्सीगलर-नाट्टा उत्प्रेरके ही जटिल संयुगे असून ती एखादे अल्किल 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 वापरूनही 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, अग्निबाण, क्षेपणास्त्रे इत्यादींच्या योजनांमध्ये रबरसदृश पदार्थांचा संपर्क खनिज तेले, ओझोन वायू, क्षरणकारी रसायने यांच्याशी येणे अपरिहार्य झाले आहे. त्याचप्रमाणे उच्च व नीच तापमान सहन करतील व त्यात वारंवार होणाऱ्या चढउतारास तोंड देतील असे रबर-प्रकार आवश्यक झाले आहेत. या संदर्भात कार्बनेतर मूलद्रव्यांचा उदा. फ्लुओरिन, सिलिकॉन इत्यादींचा 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 एकवारिकापासून बनविलेली संश्लेषित रबरे यांच्या रेणूमध्ये अनेक द्विबंध शिल्लक असतात. या द्विबंधामुळे गंधक व प्रवेगके यांनी व्हल्कनीकरण घडविता येते हे खरे पण त्याचबरोबर ऑक्सिजन, ओझोन व इतर विक्रियाशील पदार्थ

अनुक्रमणिका

यांचा विनाशक परिणाम या रबरांवर लवकर घडतो. हा धोका शक्य तितका कमी व्हावा पण व्हल्कनीकरण मात्र घडविता यावे या उद्देशाने 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 यापासून बनणारे एथिलीन-प्रॉपिलीन रबर हे या प्रकारांपैकी आणखी एक रबर होय. एथिलीन व प्रॉपिलीन यांच्या संरचनेत प्रत्येकी एक द्विबंध असल्यामुळे त्यांचे सहबहुवारिकीकरण 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-हेक्झाडीन अथवा २-मिथिल १, ४-पेंटाडीन किंवा तत्सम दोन द्विबंध असलेली योग्य संयुगे अल्प प्रमाणात मिसळून व योग्य प्रारंभकारक उत्प्रेरक वापरून बहुवारिकीकरण घडवितात. अशा पद्धतीने बनविलेल्या बहुवारिकात या तृतीय एकवारिकाचा भाग मुख्य रबर-रेणूरूपी साखळीला जोडलेल्या पार्श्वशाखेसारखा राहतो व त्यात शिल्लक राहिलेल्या द्विबंधामुळे (बहुवारिकीकरणात एकच द्विबंध वापरला गेल्यामुळे) व्हल्कनीकरण सुलभ होते.

$H_2C = CH_2$ एथिलीन $\qquad$ $H_2C = CH-CH_3$ प्रॉपिलीन,

$H_2C = CH-CH_2-CH = CH-CH_3$ १,४- हेक्झाडीन

$H_2C = \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}-CH_2-CH = CH_2$ २-मिथिल-१,४-पेंटाडीन

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

उष्मामृदू रबरे

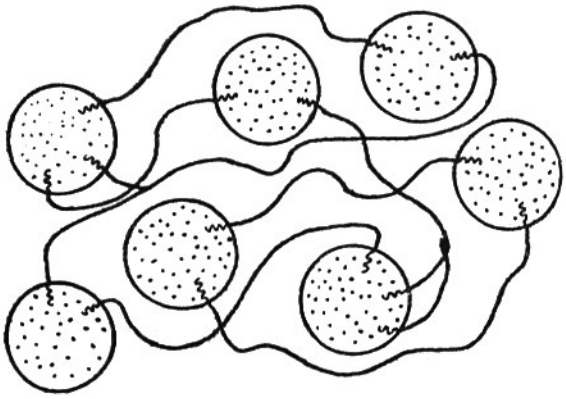
रबराची वस्तू बनविण्यासाठी कच्च्या रबरात (नैसर्गिक किंवा संश्लेषित) आवश्यक पदार्थांची भर घालून मिश्रण बनविणे, मिश्रणाला वस्तूचा आकार देणे आणि विशिष्ट तापमानात (१४०° से.) वस्तू योग्य वेळ ठेवून व्हल्कनीकरण घडविणे हा खटाटोप आवश्यक असतो. प्लॅस्टिकापासून वस्तू बनविताना प्लॅस्टिकाला वस्तूचा आकार देणे हीच क्रिया फक्त करावी लागते. त्यामुळे प्लॅस्टिकवस्तू-उत्पादन हे रबरी वस्तूंच्या उत्पादनापेक्षा सोपे असते व स्वस्तही पडते. या कारणांमुळेच पूर्वी रबराच्या बनवीत अशा कित्येक वस्तू आता प्लॅस्टिकाच्या बनू लागल्या आहेत, उदा. पादत्राणे, कित्येक प्रकारचे वाहक पट्टे, विद्युत्वाहक तारावरील निरोधी आवरण, नळ इत्यादी.

प्लॅस्टिकासारखी प्रक्रिया-सुलभ रबरे बनविण्याचे प्रयत्न १९६० पासून सुरू झाले असून त्यांना काही प्रमाणात यशही आले आहे.

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

अनुक्रमणिका

या प्रकारच्या रबरांच्या अंगी असलेले गुण त्यातील घटकांच्या विशिष्ट रचनेमुळे आलेले असतात. उदा. स्टायरीन व ब्यूटाडीन यापासून बनणाऱ्या अशा रबराच्या संरचनेत दोन प्रावस्था असतात असे इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकाच्या सहाय्याने दिसून आले आहे. त्यांपैकी एका 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 रेणूरूपी साखळ्यांची टोके नेहमीच्या तापमानात या गोलाकार क्षेत्रात बद्ध झालेली असतात; रबराचे तापमान ठराविक अंशांच्यावर गेले म्हणजे गोलाकार क्षेत्रे वितळतात व साखळ्यांची टोके मोकळी होतात. त्यामुळे रबर प्रवाही बनते व साचाने दिलेला प्रकार धारण करू शकते. तापमान नेहमीच्या तापमानाइतके खाली आणले की गोलाकार क्षेत्रे पुनः निर्माण होतात व त्यामध्ये साखळ्यांची टोके पूर्ववत बद्ध होतात. वस्तूच्या गुणधर्मांना, व्हल्कनीकरण केलेल्या रबरासारखे स्थैर्य येते ते त्यामुळेच.



आकृती : स्टायरीन-ब्युटाडीन-स्टायरीन बहुवारिकातील प्रावस्था.

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

या रबरांचे गुणधर्म पॉलिब्युटाडीन व पॉलिस्टायरीन यांचे स्वतःचे गटभार आणि त्यांचे एकमेकांशी गुणोत्तर यावर अवलंबून असतात.

यांचा उपयोग आसंजके तसेच गालिचे बनविण्याच्या कृतीतही केला जातो.

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

संश्लेषित रबरनिर्मिती

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

अनुक्रमणिका

खनिज तेलांच्या शुद्धीकरण-प्रक्रियांपासून मिळणाऱ्या अनेक रासायनिक पदार्थांचा उपयोग कच्चा माल म्हणून करता येतो. काही द्रव्ये रासायनिक विक्रियांनी बेंझीन, अल्कोहॉल, ॲसिटिलीन इत्यादींपासून बनवावी लागतात.

बहुवारिकीकरण क्रियेचे दोन प्रकार आहेत. एका प्रकारातील एकवारिके द्विबंधयुक्त असून ती एकमेकांत सामावली जाऊन बहुवारिक बनते (समावेशन बहुवारिकीकरण).

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

बहुवारिकीकरण घडविण्याची तीन तंत्रे उपलब्ध आहेत.

(१) पुंज बहुवारिकीरण. या यंत्रामध्ये एकवारिक ज्यापासून निर्माण होते तो पदार्थ आणि बहुवारिकीकरणास प्रेरणा देणारे उत्प्रेरक यांचे मिश्रण करून व आवश्यक असेल तर दाब 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 तऱ्हेने 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 पाण्यात सूक्ष्म बिदूंच्या 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 घन रूपात रबर वेगळे करता येते. या कारणांमुळे शक्य असेल तेथे हे तंत्र पसंत केले जाते.

(३) विद्राव-बहुवारिकीकरण. या तंत्रामध्ये इष्ट ते एकवारिक योग्य कार्बनी विद्रावकात विरघळवून त्याचे द्रावण बनवितात व त्यात उत्प्रेरके इत्यादी पदार्थ मिसळून बहुवारिकीकरण घडवून आणतात. अखेरीस विद्रावक काढून टाकून घनरूपात 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 घडून यावी यासाठी अनेक तऱ्हेची दक्षता घ्यावी 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, विक्रियेला आरंभ व्हावा यासाठी प्रारंभकारक (उत्प्रेरक) आणि विक्रिया-नियमनकारक द्रव्य यांचे मिश्रण करून घ्यावे लागते. नियमनकारक द्रव्यामुळे योग्य त्या लांबीचे व

पार्श्वशाखारहित रेणूच बहुवारिकीकरणाने बनण्यास सहाय्य होते. असे रेणूत रबरी गुणधर्मासाठी आवश्यक असतात. विक्रियानियमनकारकाने विक्रिया-गतीही वाढू शकते.

विक्रिया सुरू झाल्यानंतर काही कालाने तिची गती मंदी होत जाते. विक्रिया संपूर्ण होऊ द्यावयाची म्हटले तरी प्रदीर्घ कालावधी लागतो. शिवाय विक्रिया फार वेळ चालू दिली तर रेणूच्या संरचनेत शाखा निर्माण होण्याची शक्यताही वाढते. शाखायुक्त रेणू, रबर या दृष्टीने अनिष्ट असतात. म्हणून सामान्यतः सु. ७० टक्के विक्रिया पूर्ण झाली म्हणजे विक्रियांतक द्रव्य समाविष्ट करून विक्रिया थांबवितात.

त्यानंतर विक्रिया न झाल्यामुळे उरलेली एकवारिके मिश्रणातून परत मिळविण्याच्या योजना करून शिल्लक राहिलेल्या मिश्रणात ऑक्सिजन-प्रतिरोधक मिसळतात व आवश्यकतेप्रमाणे रबर-चीक किंवा घन रबर मिळवितात.

तैलभरण

खनिज तेलांच्या संपर्काने सामान्योपयोगी रबरे फुगतात, मऊ पडतात व त्यांची बळकटी (ताणबळ) कमी होते. म्हणून रबरी वस्तू बनविण्याच्या प्रक्रियात अवश्य तेथेच व थोड्या प्रमाणात रबरात तेल मिसळले जाते. भरपूर प्रमाणात तेल मिसळले तर रबर स्वस्त पडेल हे मात्र खरे. कारण रबरांच्या मानाने तेलांची किंमत फार कमी असते. त्यामुळे रबर स्वस्त करावयाचे असेल तर त्यात तेल भरपूर प्रमाणात मिसळावे असा समज पूर्वी होता. परंतु थंड एसबीआर रबरात तेल मिसळून केलेल्या प्रयोगावरून असे सिद्ध झाले की योग्य खनिज तेलाची त्यात भरपूर प्रमाणात (१०० भाग रबरात २५ ते ५० भाग तेल) भर घातली तर जे रबर मिळते ते प्रक्रिया करण्यास जास्त सुलभ असते. इतकेच नव्हे तर त्यापासून बनविलेला मोटारीचा टायर जास्त टिकतो आणि ओल्या रस्त्याची पकड जास्त चांगली घेतो. त्यामुळे भिजलेल्या रस्त्यावर चाक घसरण्याची भीती कमी होते. विशेष प्रकारचे कार्बन ब्लॅक त्यात मिश्र केले म्हणजे ताणबलात आलेली कमतरताही भरून काढता येते. असे रबर स्वस्त पडते हाही एक मोठा फायदा आहे.

या कारणांमुळेच पाश्चिमात्य देशात प्रवासी मोटारगाड्यांच्या टायरचा खवल्यांचा भाग बनविण्यासाठी तैलभरित थंड एसबीआर जास्त पसंत केले जाते. काही इतर संश्लेषित रबरांचेही तैलभरित प्रकार बनविले जातात. तैलभरण हा संश्लेषित रबरे स्वस्त करण्याचा एक महत्त्वाचा मार्ग आहे.

संश्लेषित रबर-कारखाना

संश्लेषित रबर बनविण्याच्या कारखान्याची रचना आणि कार्यपद्धती यांची 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 टाक्यांमध्ये भरून ठेवतात. दोन्ही पदार्थ ज्वालाग्राही आहेत. ब्युटाडीन व हवा यांची मिश्रणे स्फोटकही असतात. त्यामुळे साठा करण्याची व्यवस्था कारखान्यापासून थोड्या अंतरावर स्वतंत्र केलेली असून प्रत्येक टाकीच्या सभोवार ठेंगणी भिंत असते. त्याचप्रमाणे वायु-अभिज्ञातकाची योजनाही केलेली असते. त्यामुळे गळती होऊन पदार्थ सभोवारच्या वातावरणात मिसळले तर धोक्याची सूचना आपोआप दिली जाते.

अनुक्रमणिका

साठवणीच्या काळात या पदार्थांमध्ये विक्रिया होऊन ते बिघडू नयेत म्हणून त्यात प्रतिबंधक द्रव्ये मिसळलेली असतात.

कारखान्यातील विक्रिया घडविण्याची पात्रे सामान्यतः दंडगोलाकार व पोलादाची असून त्याची धारणा सु. १८००० लिटर (४००० गॅलन) असून ती सु. ९ किग्रॅ./चौ.सेंमी. (१२० पौंड/चौ.इंच) इतका दाब सहन करू शकतील अशी असतात. पात्रातील द्रव पदार्थ ढवळता यावे यासाठी यांत्रिक प्रक्षोभक बसविलेले असतात. पात्रांच्या भोवती आवरण असून त्यातून थंड अथवा गरम पाणी खेळविण्याची व्यवस्था असते. त्यामुळे बहुवारिकीकरण होताना बाहेर पडणारी उष्णता शोधून घेता येते किंवा आवश्यक असेल तर पात्रे तापविता येतात व इष्ट तापमान राखता येते. पात्राच्या आतील बाजूंनीही शीतक द्रव्य खेळवितील अशी नळ्यांची 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, ब्यूटाडीन ७५ भाग, पाणी १८० भाग, साबण (पायसीकारक) ५ भाग, डोडेसिल मरकॅप्टन (नियमनकारक) ०.५ भाग, पोटॅशियम परसल्फेट (प्रारंभकारक; उत्प्रेरक) ०.३ भाग व विक्रिया थांबविण्यासाठी हायड्रोक्विनोन, अल्प प्रमाणात.

सुरूवात करताना पाणी, साबण, व प्रारंभकारक यांचे मिश्रण पात्रात सोडतात व पात्रातील हवा नायट्रोजन वायूचा प्रवाह आत सोडून बाहेर घालवितात. त्यानंतर एकवारिके आणि नियमनकारक त्यात समाविष्ट करतात व तापमान ५०° से. इतके आणतात व मिश्रण ढवळतात. विक्रिया सुरू 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 हायड्रोक्विनोन-द्रावण समाविष्ट करून ती थांबवितात. यावेळी विक्रिया मिश्रणात तयार झालेले रबर पायस-रूपात असून विक्रिया न झालेले स्टायरीन, ब्युटाडीन, पाणी व साबण हेही त्यात असतात. विक्रिया-पात्रातील मिश्रण दुसऱ्या पात्रात घेऊन त्यामधील दाब नाहीसा करतात. त्यामुळे ब्युटाडीन वायुरूप होऊन बाहेर पडते. ते थंड करून व दाब घालून परत द्रवरूप बनवितात आणि पुनः वापरण्यासाठी साठवितात. त्यानंतर शिल्लक राहिलेले मिश्रण एका उंच व पोकळ मनोऱ्याच्या माथ्यावर चढवितात व तेथून मनोऱ्यातून खाली सोडतात. याचवेळी मनोऱ्यातून पाण्याची वाफ खालून वर जाईल अशी योजना केलेली असते. मनोऱ्यात जागजागी अडथळे निर्माण केलेले असतात. त्यामुळे मिश्रण घटक एकमेकांत चांगले मिसळले जातात आणि त्यात असलेले स्टायरीन वेगळे होते व वाफेबरोबर मनोऱ्याच्या 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 ऑक्सिजन-प्रतिरोधक उदा. फिनिल बीटा-नॅफथिल अमाइन व नंतर मीठ मिसळतात. पायसरूप मिश्रण साखळते व रबर लोण्यासारखे पृष्ठभागावर तरंगते. त्यानंतर अम्ल समाविष्ट करतात. त्यामुळे साखळण्याची क्रिया पूर्ण होते आणि साबणाचेही विघटन होते. रबराचे गोळे बनतात. ते धुवून स्वच्छ करून घेतात व फोडून व पुनः धुऊन वाळवितात. नंतर गठ्ठे करण्याच्या यंत्राने गठ्ठे बनवितात व पोत्यात भरतात. रबर-निर्मितीच्या प्रक्रिया वरील प्रमाणे खंडित पद्धतीने किंवा अखंड पद्धतीनेही केल्या जातात. अखंड पद्धतीमध्ये विक्रियापात्रे एकमेकांना

जोडलेली असून विक्रिया पूर्ण झालेले मिश्रण काढून घेणे व रिकाम्या पात्रात पुनः विक्रिया-मिश्रण भरणे इत्यादी क्रिया एका मागोमाग सतत चालू राहतात.

इ.स. १९५० पूर्वी वरीलप्रमाणेच हा रबर-प्रकार बनवीत असत. त्यानंतर ‘रेडॉक्स’ नावाची उत्प्रेरके उपलब्ध झाली. त्यामध्ये दोन मुख्य घटक असतात उदा. पॅरामेंथेन 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.

खजिन तेलांपैकी नॅफ्थीनिक व ॲरोमॅटिक या प्रकारची तेले याकरिता उपयोगी पडतात.

त्रिमिति-विशिष्ट रबर-प्रकार बनविण्यासाठी त्सीगलर व नाट्टा यांची उत्प्रेरके लागतात. ती वापरण्यासाठी विद्राव-तंत्र लागते. कार्बनी विद्रावके त्याकरिता उपयोगी पडतात.

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

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

ब्युटाडीन - ॲक्रिलो नायट्राइल रबर : (एन्‌बीआर, ब्यूना एन्; जीआर-आय) यासाठी ब्युटाडीन व ॲक्रिलोनायट्राईल ही एकवारिके लागतात. एका आधुनिक पद्धतीप्रमाणे प्रॉपिलीन, अमोनिया आणि हवेतील ऑक्सिजन यामध्ये बिस्मथ फॉस्फोमॉलिब्डेट या उत्प्रेरकाच्या योगाने विक्रिया घडवून ॲक्रिलोनायट्राइल बनविता येते.

$$2H_2C{=}CH{-}CH_3 + 2NH_3 + 3O_2 = 2CH_2{=}CH{-}CN + 6H_2O$$

प्रॉपिलीन   अमोनिया   ऑक्सिजन   ॲक्रिलोनायट्राइल   पाणी.

त्याचे ब्युटाडिनाबरोबर पायसरूपात बहुवारिकीकरण घडविले म्हणजे ते रबर मिळते. ॲक्रिलोनायट्राइलाचे प्रमाण २५-५०% या मर्यादेत असलेले या रबराचे वेगवेगळे प्रकार आहेत. सामान्य प्रकारात हे प्रमाण ३४% असते.

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

अनुक्रमणिका

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

आंकुचन-प्रसरण वारंवार झाल्यामुळे रबरी वस्तूच्या, उदा. टायरच्या, तापमानात होणारी वाढ हे रबर वापरले असता नैसर्गिक रबरापेक्षाही कमी होते. तथापि हे एकटे वापरण्याऐवजी नैसर्गिक रबर व एसबीआर यांच्याबरोबर मिश्र करून, मध्यम आकाराच्या मोटारींच्या टायरसाठी वापरणे फायद्याचे असते असे दिसून आले आहे.

वाहक पट्ट्यांकरिताही हे मिश्रणात वापरतात.

पॉलिसल्फाइड रबरे - ही रबरे आतापर्यंत वर्णन केलेल्या रबरासारखी लहान एकवारिकांच्या बहुवारिकीकरणाने बनवीत नाहीत. ती रासायनिक संघननाने सोडियम टेट्रासल्फाइड या संयुगावर एथिलीन डायक्लोराइडाची, (तसेच १, ३ प्रॉपिलीन डायक्लोराइड, पेंटामिथिलीन क्लोराइड व तत्सम संयुगांची) विक्रिया घडवून बनविली जातात.

एथिलिनाच्या क्लोरिनीकरणाने एथिलीन डायक्लोराइड बनते.

$$H_2C{=}CH_2 + Cl_2 = Cl\,H_2C{-}CH_2Cl$$

एथिलीन क्लोरीन एथिलीन डायक्लोराइड

एथिलिन डायक्लोराइड तरंगत असलेले द्रवरूप मिश्रण सोडियम टेट्रासल्फाइडाच्या विद्रावात समाविष्ट केले म्हणजे पुढीलप्रमाणे रासायनिक विक्रिया होऊन 'थायोकोल ए' हे नाव असलेले पॉलिसल्फाइड रबर बनते.

$$ClCH_2{-}CH_2Cl + Na{-}S_4Na + Cl\,CH_2{-}CH_2{-}Cl$$

थिलीन डायक्लोराइड सो. टेट्रासल्फाइड एथिलीन डायक्लोराइड

$$\downarrow$$

$$ClCH_2{-}CH_2{-}(S)_4{-}CH_2{-}CH_2{-}Cl + 2NaCl$$

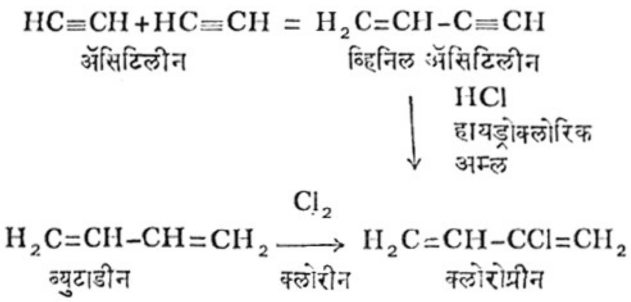
मीठ

अशीच विक्रिया पुनः पुनः होऊन लांब साखळीचे बहुवारिक बनते. त्यालाच यायोकोल ए म्हणतात.

या रबरांवर विद्रावकांचा परिणाम होत नाही. यांचा उपयोग मुख्यतः खनिज तेलांच्या नळासाठी आणि तेलांच्या सान्निध्यात येणाऱ्या गास्केटांसाठी केला जातो. याचे विलेपन केलेल्या कापडापासून हवा भरून फुगविण्याच्या घडीच्या नावा, तराफे इत्यादी वस्तू बनवितात. छापखान्यातील रूळ आणि ब्लँकेटे बनविण्यासाठी ती उपयोगी पडतात.

अनुक्रमणिका

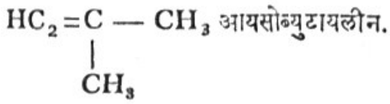
पॉलिक्लोरोप्रीन - यासाठी क्लोरोप्रीन हे एकवारिक लागते. ब्युटाडिनाच्या क्लोरिनीकरणाने ते सुलभतेने मिळते. पूर्वी त्यासाठी प्रथम ॲसिटिलिनाचे व्हिनिल ॲसिटिलीन बनवीत व नंतर त्यावर हायड्रोक्लोरिक अम्लाची विक्रिया घडवीत.



पाण्यात क्लोरोप्रिनाचे पायस बनवून त्यात पोटॅशियम परसल्फेट हे उत्प्रेरक व गंधक हे नियमनकारक मिसळले म्हणजे ४०° से. तापमानास बहुवारिकीकरण घडते. ते पुरेशा प्रमाणात झाल्यावर टेट्रॉएथिल थाययूराम डायसल्फाइड हे विक्रियांतक वापरून विक्रिया थांबवितात. त्यानंतर अम्लाच्या योगाने पॉलीक्लोरोप्रीन साखळवितात. ते वेगळे करून व धुवून आणि कोरडे करून कारखान्यांना पुरवितात. हे बळकट असून ऑक्सिजन-रोधी आहे, पेटत नाही, आणि खनिज तेलांच्या सान्निध्यात नैसर्गिक रबरापेक्षा जास्त काळ टिकते. उष्णता व घर्षण यांचाही त्यावर अनिष्ट परिणाम होत नाही. या गुणधर्मांमुळे खनिज तेलाशी संपर्क येणारे यंत्राचे भाग, गास्केटे, इत्यादींसाठी आणि खाणींमधील मालाची वाहतूक करण्याच्या वाहक पट्ट्यांसाठी याचा उपयोग केला जातो. हे नियोप्रीन या व्यापारी नावाने ओळखले जाते. याचे अनेक प्रकारही आहेत.

ब्युटिल रबरे - ही रबरे बनविण्यासाठी विद्राव-बहुवारिकीकरण तंत्र वापरावे लागते. मिथिल क्लोराइड या विद्रावकात आयसोब्युटायलीन आणि अल्प प्रमाणांत ब्युटाडीन किंवा आयसोप्रिन (३ टक्के) विरघळवून घेतात व ॲल्युमिनियम क्लोराइड किंवा बोरॉन ट्रायफ्लुओराइड हे प्रारंभकारक (उत्प्रेरक) वापरून विक्रिया -५०° से. पेक्षा कमी तापमानास घडवून आणतात. तयार झालेले रबर अविद्राव्य असल्यामुळे वेगळे होते. त्यावर विविध संस्कार करून रबर मिळवितात.

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

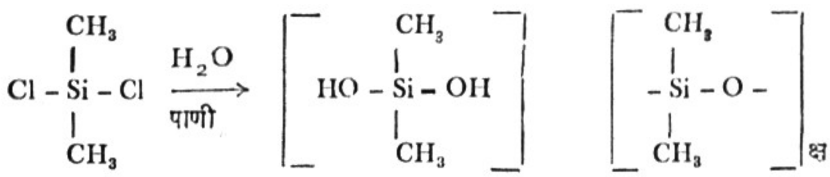


ही रबरे उच्च व नीच तापमान सहन करू शकतात. तसेच त्यांच्यावर रासायनिक पदार्थांचा परिणामही होत नाही. वाफ, अम्ले इत्यादींसाठी नळ्या, वाहक पट्टे आणि मोटारींच्या ट्यूब्ज यासाठी हे फार सोयीचे पडते.

फ्लुओरो रबरे : ज्यांच्या घटनेत फ्लुओरिन (F) आहे अशा हायड्रोकार्बनी संयुगावर उष्णतेचा व ऑक्सिडीकारकांचा परिणाम होत नाही हे प्रसिध्द आहे. अशा संयुगांपासून बनलेली सहबहुवारिकेही अशीच स्थिर असतात व या गुणवैशिष्ट्यांमुळे बहुमोल ठरली आहे. उदाहरणार्थ क्लोरोट्रायफ्लुओरो एथिलीन आणि व्हिनिलिडीन फ्लुओराइड यांच्या सहबहुवारिकीकरणाने बनणारे 'केईएल् एफ्' हे रबर वाफाळणाऱ्या नायट्रिक अम्लाच्या सान्निध्यातही टिकते. तसेच हेक्झाफ्लुओरो प्रॉपिलीन आणि व्हिनिलिडीन फ्लुओराइड यांच्या सहबहुवारिकीकरणाने मिळणारे 'व्हिटॉन' या व्यापारी नावाने ओळखले जाणारे रबर क्षरणकारी रासायनिक पदार्थांच्या सान्निध्यातही टिकते.

$CFCl = CF_2$ क्लोरोट्रायफ्लुओरो एथिलीन ; $CH_2 = CF_2$ व्हिनिलिडीन फ्लुओराइड ; $CF_2 = CF - CF_3$ हेक्झा फ्लुओरो प्रॉपिलीन

सिलिकोन रबरे : सिलिकॉन (Si) या मूलद्रव्याच्या अणूला ४ संयुजाबंध आहेत. त्यापैकी २ संयुजाबंधांना क्लोरिनचे अणू व उरलेल्या २ बंधांना अल्किल गट (CH_3; C_2H_5 इत्यादी) किंवा अरिल गट (C_6H_5 इत्यादी) जोडलेले आहेत अशी संयुगे बनविता येतात. अशा संयुगांची अम्लयुक्त पाण्याशी विशिष्ट परिस्थितीत विक्रिया घडविली असता त्यापासून डायॉल (दोन OH गट असलेली) वर्गाची संयुगे बनतात. या मध्यस्थ संयुगाचे योग्य उत्प्रेरकाच्या उपस्थितीत संघनन-बहुवारिकीकरण होऊ शकते. त्यावेळी पाण्याचे रेणू बाहेर पडतात व बहुवारिके तयार होतात. त्यांच्या संरचरनेमध्ये सिलिकॉन व ऑक्सिजन यांचे अणू एकाआड एक याप्रमाणे असलेल्या साखळ्या असतात. यांना सिलिकोन रबरे म्हणतात.



ही रबरे उच्च (३२५° से.) व नीच तापमानात टिकू शकतात. त्याचप्रमाणे सूर्यप्रकाश, ओझोन, खारे पाणी, प्राणिज व वनस्पतिज तेले, विरल अम्ले, व अल्कली यांचा त्यांवर अनिष्ट परिणाम होत नाही. यांचे व्हल्कनीकरण बेंझॉइल पेरॉक्साईडाने होते. ही महाग असतात पण कित्येक ठिकाणी त्याचा उपयोग करणे अपरिहार्य असते.

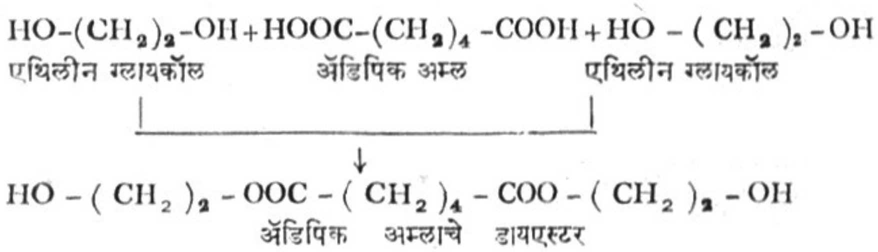
उष्मामृदू एसबीआर रबर

हे बनविण्याच्या एका कृतीत ठराविक प्रमाणात स्टायरीन, सायक्लोहेक्झेन या विद्रावकात विरघळवून घेतात व द्वितीयक ब्युटिल लिथियमाच्या योगाने त्याचे बहुवारिकीकरण सुरू करतात. स्टायरिनाचे रेणू जोडले जाऊन पॉलिस्टायरीन बनते. त्याचवेळी मिश्रणात, पेंटेन-सायक्लोहेक्झेनात 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 विक्रिया पूर्ण झाली म्हणजे पॉलिस्टायरीन-पॉलिब्युटाडीन-पॉलिस्टायरीन अशा तीन गट असलेल्या

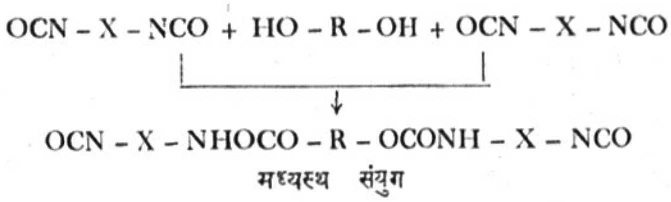
अनुक्रमणिका

संरचनेचे बहुवारिक तयार होते. पॉलिस्टायरीनाचा गटभार सु. २०,००० व पॉलिब्युटाडीनाचा ३५००० ते १५०,००० या मर्यादेत ठेवला तर एक उष्मामृदु रबर-प्रकार मिळतो. त्यापासून वस्तू बनवावयाची असल्यास इतर पदार्थांची त्यात भर घालावी लागत नाही किंवा व्हल्कनीकरणही घडवावे लागत नाही.

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

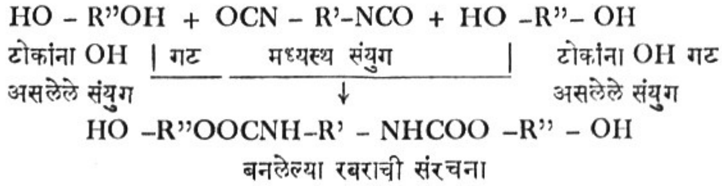


लेखनाच्या सोयीसाठी टोकाचे दोन OH गट वगळून ॲडिपिक अम्लाच्या डाय एस्टरचा रेणुभाग R या अक्षराने व 4, 4' डायआयसोसायनेटो डायफिनिल मीथेन, OCN-C_6H_4-CH_2- C_6H_4-NCO हे संयुग OCN-X-NCO असे मांडले तर त्या दोहोमध्ये होणारी विक्रिया पुढे दिल्याप्रमाणे होईल.



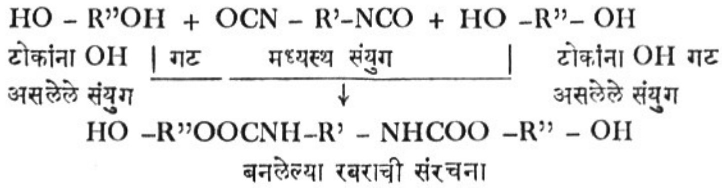
या मध्यस्थ संयुगाच्या सूत्रावरून हे लक्षात येईल की त्याच्याही दोन्ही टोकांना NCO हे विक्रियाशील गट आहेत. स्वाभाविकच या संयुगांत दोन OH गट असलेले संयुग मिसळले तर पुनः वरील प्रमाणेच विक्रिया घडून येतील. (पृ. ९८ पहा) अशा विक्रियांनी मिळणाऱ्या संयुगांच्या अंगी रबराचे गुणधर्म असतात असे दिसून आले आहे.

या विक्रियांचे एक वैशिष्ट्य म्हणजे त्यांच्या उपयोगाने ओतकामाने वस्तू 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 वस्तू 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-



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

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



हे सच्छिद्र रबर नैसर्गिक सच्छिद्र रबरापेक्षा हवे तसे हलके अथवा जड बनविता येते. ते मजबूत व टिकाऊ असते. योग्य त्या संरचनेची डायआयसोसायनेटे वापरून कमीजास्त मृदू किंवा कडक पण सच्छिद्र रबर-प्रकारही या विक्रियांनी बनविता येतात.

एक अत्यंत टिकाऊ रबर प्रकार :- ओझोन आणि नायट्रिक, सल्फ्यूरिक, हायड्रोफ्लुओरिक, क्रोमिक, अम्ले व इतर क्षरणकारी पदार्थांनाही दाद देणार नाही असा एक रबर-प्रकार संश्लेषणाने साध्य झाला आहे. तो 'हायपॅलॉन' या व्यापारी नावाने ओळखला जातो. याच्या निर्मितीत बहुवारिकीकरण वापरीत नाहीत. पॉलिएथिलीन हे तयार बहुवारिक घेऊन त्यावर क्लोरीन व सल्फर डायऑक्साइड यांच्या विक्रिया विशिष्ट परिस्थितीत घडवितात. त्यामुळे पॉलिएथिलिनाच्या रेणूच्या कार्बन-शृंखलेला अधूनमधून क्लोरीन Cl व सल्फोक्लोराइड SO_2Cl हे गट जोडले जातात. याचे अनेक प्रकारही आहेत.

रबर-संश्लेषण विषयक संशोधन सतत चालू असून मागणीप्रमाणे बळकट, 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.

संश्लेषित रबर-चीक : पायस-तंत्राने बनविलेले रबर, चिकाच्या रूपातच प्रथम मिळते. विद्राव-तंत्र वापरले तर प्रक्रियेअखेर मिळणाऱ्या द्रावणापासून रबरचीक बनविता येतो हे मागे आलेच आहे. हे चीक नैसर्गिक रबरचिकासारखे संहतही करता येतात. एसबीआर, पॉलिक्लोरोप्रीन, नायट्राइल व ब्युटिक रबरे इत्यादींचे चीक उपलब्ध आहेत.

अनुक्रमणिका

त्यांचा उपयोग सच्छिद्र रबर, हातमोजे इत्यादी वस्तू बनविण्यासाठी करता येतो. आसंजके आणि विलेपन-रंग यासाठीही ते वापरले जातात.

भारतीय उत्पादन-योजना : स्टायरीन-ब्युटाडीन (एस्‌बीआर), ब्युटाडीन ॲक्रिलोनाट्राइल (एनबीआर) व पॉलिब्युटाडीन ही रबरे तयार करण्याचे कारखाने भारतात आहेत.

साखर उद्योगापासून अल्कोहॉल व पोलाद उद्योगातून बेंझीन हे पदार्थ कच्चा माल म्हणून उपलब्ध असल्यामुळे १९५७ मध्ये उत्तर प्रदेश-राज्य, भारत सरकार व किलाचंद उद्योगसमूह यांनी ख्यातनाम अमेरिकन कंपन्यांचा सल्ला व सहकार्य मिळवून एसबीआर रबर बनविण्याचा कारखाना सुरू केला. त्याची उत्पादनक्षमता दरसाल ३०,००० टनांची आहे. इ.स. १९६३ मध्ये सिंथेटिक्स व केमिकल्स लि. या कारखान्याने कॅनडातील पॉलिसार कंपनीच्या सहकार्याने एसबीआर व एनबीआर यांच्या उत्पादनास सुरूवात केली. बडोदा येथील इंडियन पेट्रोकेमिकल्स कॉर्पोरेशन लि. हा कारखाना दरसाल २०,०० टनपॉलिब्युटाडीन निर्माण करण्याच्या क्षमतेचा आहे. (पृष्ठ २० पहा)

भारताची संश्लेषित रबरांची बहुतांश मागणी आयात करून भागविली जाते.

***

अनुक्रमणिका

प्रकरण ७

भवितव्य

पंधराव्या शतकात रबर माहीत झाल्यापासून त्याला आजचे जागतिक महत्त्व प्राप्त होईपर्यंत कसकशा घडामोडी होत गेल्या, याची कल्पना आतापर्यंतच्या विवेचनावरून वाचकास आली असेल. या घडामोडींचा आढावा घेतला, तर नजीकच्या भविष्यकाळात या क्षेत्रात कोणते फेरबदल होण्याची शक्यता आहे, याची थोडीफार कल्पना करता येईल.

दुसऱ्या महायुद्धानंतर नैसर्गिक रबर-उत्पादक देशांनी उत्पादनात वाढ व्हावी या दृष्टीने चांगल्या जातींची 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 करण्याइतके होण्याची शक्यता वाटत नाही. मागणी व उत्पादन यांमध्ये जी तफावत पडेल ती सामान्योपयोगी संश्लेषित रबरांनी भरून काढली जाईल, अशी चिन्हे दिसतात.

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

रबरी वस्तूंच्या निर्मितीमध्ये जी रसायने सध्या वापरली जातात त्यापैकी कित्येकांपासून आरोग्यास अपाय होण्याचा संभव असतो असे दिसून येत आहे. त्यामुळे भविष्यकाळात अशा रसायनांच्या उपयोगावर नियंत्रणे येतील. म्हणून त्यांच्याऐवजी वापरता येतील अशी पण बिनधोक 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 कारखानदारासच कराव्या लागतात. त्यामुळे त्याला कच्चे रबर व मिश्रण करावयाचे नानाविध पदार्थ यांचा साठा करावा लागतो आणि मिश्रण-यंत्रांचा वापर करावा लागतो. प्लॅस्टिक वस्तुंच्या कारखान्यांचे तसे नाही. त्यांना वस्तू बनविण्याची मिश्रणे तयार मिळतात आणि व्हल्कनीकरणाची गरजच नसते. भावी काळात रबर-धंद्यात या दृष्टीने सुधारणा होण्याचा संभव आहे. आवश्यक ते पदार्थ मिसळलेली तयार मिश्रणे मिळू लागतील. अर्थात त्यासाठी अगोदरच व्हल्कनीकरण न होता वापरण्याच्या कालापर्यंत मिश्रणे टिकावी यासाठी उपाय शोधून काढावे लागतील. अशी काही मिश्रणे प्रयोगावस्थेत आहेत, त्यावरून या दृष्टीने प्रगतीची शक्यता वाटते.

व्हल्कनीकरण करावे लागणार नाही. अशी काही संश्लेषित रबरे आता ज्ञात झाली आहेत, त्यांना उष्मामृदू रबरे (थर्मोप्लॅस्टिक रबर्स) म्हणतात. व्हल्कनीकरणात गंधकाच्या योगाने रबररेणूंमध्ये परस्परात पार्श्वबंधन होते. या नवीन नवीन रबर-प्रकारात असलेल्या घटकांच्या संरचनेमुळे पार्श्वबंधनाचे कार्य घडून

येते. त्यासाठी गंधकाची गरज लागत नाही. मागील प्रकरणात यांचा उल्लेख झालाच आहे. अजून ही रबरे महाग असल्यामुळे टायर किंवा सर्वसामान्य वस्तूंसाठी वापरता येत नाहीत; पण पुढेमागे ही स्वस्त होणे शक्य आहे.

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

टायरसारख्या वस्तू बनविण्यासाठी सध्या जो खटाटोप करावा लागतो, तो वाचविण्याचा एक मार्ग म्हणजे ओतकामाने टायर बनविता येणे हा होय. यामध्ये तंतूचा 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 दृष्टीने रबराचे काही नवीन उपयोग अस्तित्वात येण्याचाही फार संभव आहे.

जेथे भुयारी रेल्वेगाड्या आहेत तेथे भुयारांच्यावर बांधलेल्या इमारतींना हादरे बसतात. ते नाहीसे करण्यासाठी रबराचा उपयोग केला जाईल. त्याचप्रमाणे काही ठिकाणी मोटारींच्या वाहतुकीसाठी घरांच्या माथ्यावरून रस्ते बांधावेत, अशा योजना केल्या जात आहेत. तेथेही घरांना हादरे बसू नयेत म्हणून घराचा माथा आणि रस्ता यांमध्ये रबराच्या लाद्यांचा समावेश केला जाण्याची शक्यता आहे. घरांची छप्परे जलाभेद्य व्हावीत यासाठी सध्या अस्फाल्टासारख्या पदार्थांचा उपयोग केला जातो. त्या ऐवजी ब्युटिल रबरे वापरली जातील. कारण ती जास्त कार्यक्षम आहेत.

भूकंपाच्या धक्क्यांनी मानवी जीवित आणि मालमत्ता यांचे जे नुकसान होते ते टाळण्यासाठी, निदान कमी करण्यासाठी तरी, रबराचा उपयोग भविष्यकाळात होईल अशी चिन्हे दिसतात. जमिनीला बसणाऱ्या हादऱ्यांचे शोषण व्हावे व इमारतीपर्यंत ते पोचू नयेत या हेतूने नैसर्गिक रबराचे 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 शास्त्रज्ञांना विश्वास वाटतो.

संश्लेषित रबरांसाठी लागणारी बहुसंख्य एकवारिके खनिज तेलापासून इंधने बनविण्याच्या उद्योगातून मिळतात. दिवसेंदिवस खनिज तेलांचे साठे कमी होत आहेत आणि नवीन साठे सापडले नाहीत, तर खनिज तेल संपण्याचा धोका आहे. त्यामुळे संश्लेषित रबरांना कठीण परिस्थितीला तोंड द्यावे लागणार आहे. खनिज तेलांपासून एकवारिके मिळणे अशक्य झाले, तर जैवप्रक्रियांचा अवलंब करावा लागेल. त्यासाठी रबराच्या वनस्पतींच्या पेशींमध्ये फेरफार घडवून आपणास आवश्यक त्या संरचनांची एकवारिके कशी मिळवावी, यासंबंधी संशोधन केले जाईल. अशा तऱ्हेच्या प्रयोगांची पूर्वतयारी सध्या चालूही झाली आहे.

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

अनुक्रमणिका

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

***

अनुक्रमणिका

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 लागवड, डी.एच्. भाटे, आर.जी. केतकर व जी.एम्. दिवेकर.

(9) Rubber Industry - Potentialitics for growth of small scale Industry, by W.G.Desai, 'Laghu Udyog' Annual 1969/1971.

अनुक्रमणिका

परिशिष्ट : १ रसायनशास्त्राचा थोडक्यात परिचय

आपल्या सभोवारच्या परिसरात आपण अनेक पदार्थ पाहतो व त्यापैकी कित्येक नित्याच्या व्यवहारात वापरतो. त्यामध्ये, गुणधर्मांच्या दृष्टीने कमालीची विविधता आढळते. काही पदार्थ घनरूप असतात तर काही द्रवरूप व वायुरूप; काही सुगंधी 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. कित्येक पदार्थ या दोहोंची मिश्रणे असतात.

मूलद्रव्ये म्हणजे संयुगे बनण्याचा कच्चा माल म्हणता येईल. एकंदर मूलद्रव्ये सुमारे १०० आहेत. त्यापैकी बहुतेक सर्व स्वयंभू आहेत. काही मूलद्रव्ये मानवाने बनविली आहेत हे खरे पण ती अपवादात्मकच होत. मूलद्रव्यांपैकी सुमारे ३० महत्त्वाची असून त्यापासून आपल्या वापरण्यातील बहुसंख्य पदार्थांचा भरणा होतो. सोने, ॲल्युमिनियम, तांबे इत्यादी धातू, हवेमध्ये असलेले ऑक्सिजन व नायट्रोजन हे वायू ही मूलद्रव्यांची काही उदाहरणे होत. पाणी, मीठ, व हवेतील कार्बन डाय ऑक्साइड वायू ही सामान्य संयुगे होत.

शास्त्रीय व्यवहारामध्ये मूलद्रव्याचा उल्लेख करणे सोयीचे व्हावे याकरिता शास्त्रज्ञांनी त्यांसाठी संक्षिप्त चिन्हे योजिली आहेत. पुढील कोष्टकात काही सामान्य मूलद्रव्ये, त्यांची संकेत चिन्हे आणि सामान्य गुणधर्म दिले आहेत.

मूलद्रव्यांच्या सर्वांत सूक्ष्म कणाला अणू ही संज्ञा 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 प्रघात आहे. उदा. H_2 याचा अर्थ हायड्रोजनचे दोन अणू. हायड्रोजन दोन अणू एकत्र असलेल्या कणाच्या (रेणूच्या) रूपात अस्तित्वात राहतो, म्हणून H_2 या चिन्हाचा अर्थ हायड्रोजनचा एक रेणू असाही होतो. याचप्रमाणे O_2 म्हणजे ऑक्सिजनाचे दोन अणू तसेच ऑक्सिजनचा एक रेणू N_2, नायट्रोजनाचे दोन अणू व नायट्रोजनाचा एक रेणू होय. रेणूंची संख्या दाखवावयाची असेल तर संख्यादर्शक आकडा चिन्हाच्या प्रारंभी लिहितात. $3H_2$ याचा अर्थ हायड्रोजनांचे 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 ऑक्सिजनचा एक रेणू, ज्यामध्ये दोन अणू असतात असा.

कोष्टक

मूलद्रव्यांचे नाव	चिन्ह	सामान्य गुणधर्म
ॲल्यूमिनियम	Al	हलका, रूपेरी धातू
ऑक्सिजन	O	वर्णहीन वायू
कार्बन	C	काळा घन पदार्थ; हिऱ्याच्या रूपात स्वच्छ स्फटिक
क्लोरीन	Cl	हिरवट पिवळा वायू
गंधक	S	पिवळसर ठिसूळ स्फटिक
जस्त	Zn	ठिसूळ व निळसर पांढरा धातू
टिटॅनियम	Ti	चकाकणारा शुभ्र धातू
नायट्रोजन	N	वर्णहीन वायू
पोटॅशियम	K	हलका, मऊ रूपेरी धातू
फ्युओरीन	F	पिवळसर वायू
ब्रोमीन	Br	जड, तांबडा द्रव पदार्थ
सिलिकॉन	Si	ठिसूळ राखी स्फटिक
सोडियम	Na	हलका, मऊ रूपेरी धातू
हायड्रोजन	H	हलका वर्णहीन वायू.

संयुगे कशी बनतात?

काही मूलद्रव्यांमध्ये परस्परांबद्दल 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, बेंझॉइल पेरॉक्साइड इत्यादी पदार्थ उत्प्रेरकांचे कार्य करतात. अनेक पदार्थांच्या निर्मितीत उत्प्रेरके महत्त्वाची ठरली आहेत.

रासायनिक संयोग म्हणजे मूलद्रव्यांचे अणू एकमेकांत मिसळणे नव्हे. संयोग होतो तेव्हा संयोग पावलेल्या अणूंमध्ये एक प्रकारचे बंधन निर्माण होते व त्यांचे स्वतंत्र व्यक्तित्व लोप पावते. रासायनिक संयोगाने निर्माण झालेल्या पदार्थाचे गुणधर्म घटक मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मापेक्षा वेगळे असतात. उदाहरणार्थ मीठ हा पदार्थ सोडियम व क्लोरिन या मूलद्रव्यांपासून बनला आहे. सोडियम हा एक रूपेरी हलका धातू आहे; क्लोरिन हा हिरवट पिवळा वायू विषारी आहे. पण ह्या मूलद्रव्यापासून बनलेले मीठ एक जीवनोपयोगी द्रव्य आहे!

अनुक्रमणिका

रासायनिक संयोग होतो तेव्हा एका मूलद्रव्याचे किती अणू दुसऱ्या मूलद्रव्याच्या 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 दुप्पट आहे. नायट्रोजन अणूची तिप्पट व कार्बन अणूची चौपट आहे. संयोग पावण्याची ही शक्ती व्यक्त करणे सोपे पडावे यासाठी अणूंना त्यांच्या संयोगशक्तीनुसार कमीअधिक संयुजाबंध आहेत असे मानले जाते व ते मूलद्रव्याच्या संकेत चिन्हाला जोडून आखूड रेषेने 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 आखूड रेषा आडव्या, उभ्या, तिरक्या 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 अणूशी संयोग पावून पाणी बनते. ही रासायनिक क्रिया झाल्याने बनलेले पाणी H-O-H या सूत्राने दाखविता येते. जेथे प्रत्यक्ष बंध दाखविण्याची गरज नसते अशा ठिकाणी या सूत्राचेच संक्षिप्त रूप H_2O असे करतात. अशी संक्षिप्त रूपे सुटसुटीत व जास्त सोयीची असल्यामुळे नेहमी वापरली जातात, अवश्य असेल तेथे मात्र प्रत्यक्ष संयुजाबंधयुक्त रचना दाखवितात.

कार्बनचे रसायनशास्त्र

हायड्रोजन, ऑक्सिजन इत्यादी मूलद्रव्याप्रमाणेच 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 'सेंद्रीय रसायनशास्त्र' (ऑरगॅनिक केमिस्ट्री) म्हणत. कारण त्यावेळी अशी समजूत होती की प्राणी व वनस्पती या इंद्रिये असलेल्या कोटीतील पदार्थांचे रसायनशास्त्र हे, खनिज म्हणजेच निरिंद्रिय वर्गातील पदार्थांच्या रसायनशास्त्रापेक्षा वेगळे आहे. परंतु हा समज चुकीचा आहे असे नंतर दिसून आल्यावरून सेंद्रीय रसायनशास्त्र याऐवजी आता कार्बनचे रसायनशास्त्र हा शब्दप्रयोग वापरण्यात येतो.

कार्बन या मूलद्रव्याचा एक वैशिष्ट्यपूर्ण गुणधर्म म्हणजे त्याचे अनेक अणू एकमेकांशी संयोग पावून लांबच लांब कार्बन-साखळ्या बनवू शकतात हा होय. हा गुणधर्म इतर मूलद्रव्यांच्या अंगी फारसा आढळत नाही.

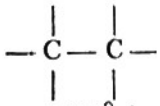
कार्बन-अणूंच्या साखळ्या

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

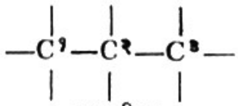
कार्बन-अणूंच्या काही साखळ्यांचा आता विचार करू. दोन कार्बन अणूंची साखळी पुढीलप्रमाणे दाखविता येईल. (आकृती १) दोन्ही कार्बन-अणूंचा प्रत्येकी एक संयुजाबंध परस्परांस जोडण्यासाठी वापरला जाईल व त्यामुळे प्रत्येकाजवळ ३ संयुजाबंध इतर अणूंशी संयोग पावण्यास उरतील. तीन कार्बन

अनुक्रमणिका

अणूंची साखळी झाली तर पुढीलप्रमाणे संरचना होईल. या साखळीतील कार्बन क्र. १ व कार्बन क्र. ३ यांचा प्रत्येकी एक बंध कार्बन क्र. २ ला जोडण्यासाठी वापरला जाईल व त्या प्रत्येकाचे ३ बंध शिल्ल्क राहतील. कार्बन क्र. २ चा एक बंध कार्बन क्र. १ ला जोडण्यासाठी व एक बंध कार्बन क्र. ३ ला जोडण्यासाठी असे एकंदर २ बंध साखळी बनविण्यासाठी वापरले जातील व त्यामुळे त्याचे २ बंधच इतर अणूंशी संयोग पावण्यास शिल्लक राहतील हे उघड आहे. (आकृती २)

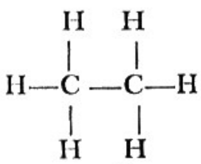


आकृती १

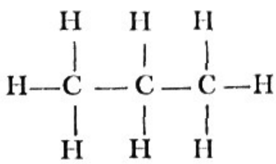


आकृती २

हे शिल्लक राहिलेले बंध 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 H_3C-CH_3 व $H_3C-CH_2-CH_3$ या सूत्रांनी सुटसुटीतपणे दाखविता येतील. याच संयुगाची सूत्रे आणखी संक्षेप केला तर C_2H_6 व H_3C_8 अशी होतील. चार कार्बन अणूंच्या साखळीत संयुजाबंधांची विभागणी कसकशी होते याचा आता विचार करू. येथे चारही कार्बन अणू एका पुढे एक अशी रचना करता येईल. तीमधील पहिल्या व चौथ्या कार्बन अणूंचा प्रत्येकी एक बंध व कार्बन क्र. २ व ३ यांचे प्रत्येकी २ बंध, साखळी बनविण्यासाठी वापरले जातील व त्यामुळे कार्बन क्र. १ व ४ यांचे प्रत्येकी ३ संयुजाबंध व कार्बन क्र. २ व ३ यांचे प्रत्येकी २ बंध इतर अणूंशी संयोग पावण्यास शिल्लक राहतील. (आकृति ५)



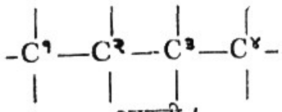
आकृती ३



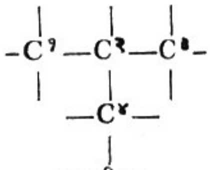
आकृती ४

थोडा विचार केला तर असे दिसून येईल की ४ कार्बन अणूंची साखळी आणखी एका प्रकारेसुद्धा होऊ शकेल, तीमध्ये कार्बन क्र. २ पासून, झाडाला जशी एखादी फांदी फुटावी, त्याप्रमाणे कार्बन क्र. ४ जोडून पुढीलप्रमाणे रचना करता येईल. अशा ठिकाणी कार्बन क्र. १, ३ व ४ यांचा प्रत्येकी एक बंध साखळी बनविण्यासाठी वापरला जाईल व त्यामुळे प्रत्येकाचे ३ बंध शिल्लक राहतील. कार्बन क्र. २ चे ३ बंध साखळी होताना वापरले जातील व एकच बंध शिल्लक राहील (आकृती ६). सर्व शिल्लक राहिलेल्या संयुजाबंधांना हायड्रोजनचे अणू जोडले गेले आहेत असे मानले तर पुढीलप्रमाणे संरचना निर्माण होतील. (आकृती ७ व ८)

अनुक्रमणिका

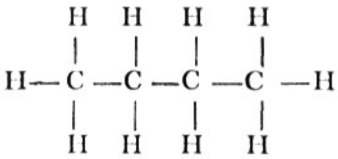


आकृती ५

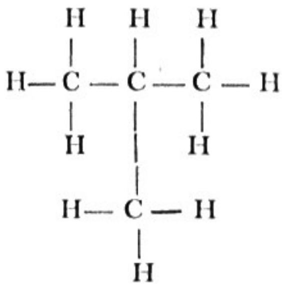


आकृती ६

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



व



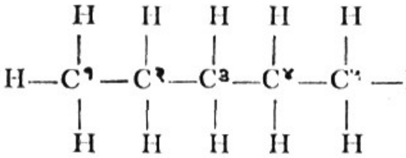
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ किंवा $H_3C-CH-(CH_3)-CH_3$

$= C_4H_{10}$ $= C_4H_{10}$

आकृती ७ आकृती ८

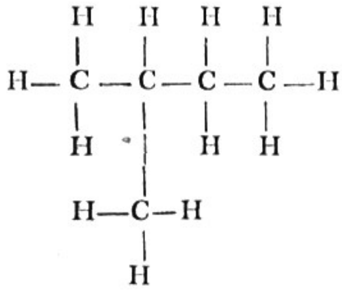
पदार्थांचे गुणधर्म त्यांच्या रेणूमध्ये कोणती मूलद्रव्ये आहेत व त्यांचे किती अणू आहेत यावरच केवळ अवलंबून नसतात. अणू एकमेकांस कसे जोडले गेले आहेत (संरचना) यावरही ते अवलंबून असतात. त्यामुळे रेणूमध्ये ४ कार्बन व १० हायड्रोजन अणू असलेली भिन्न गुणधर्माची २ संयुगे असावीत असा निष्कर्ष निघतो. प्रत्यक्ष प्रयोगाने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

अनुक्रमणिका



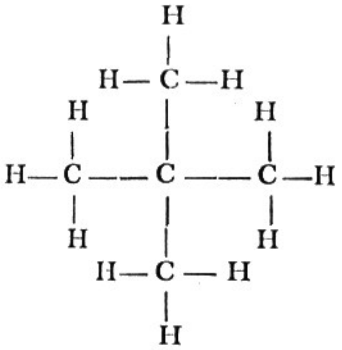
वा $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3 = C_5 H_{12}$

आकृती ९



किंवा $CH_3-CH(CH_3)CH_2-CH_3=C_5H_{12}$

आकृती १०



किंवा $H_3C-C-(CH_3)_3 = C_5 H_{12}$

आकृती ११

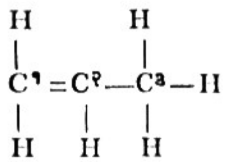
पाच कार्बन अणू व १२ हायड्रोजन अणू यांची भिन्न गुणधर्मांची ३ च संयुगे आढळतात; कितीही प्रयत्न केला तरी या घटनेची जास्त संयुगे बनविता येत नाहीत असा अनुभव आला आहे. अशाच प्रकारे सहा कार्बन अणू व १४ हायड्रोजन अणू ज्यांच्या रेणूमध्ये आहेत अशी ५, ७ कार्बन व १६ हायड्रोजन अणू असलेली ९, ८ कार्बन व १८ हायड्रोजन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

प्राणी व वनस्पतीसृष्टीपासून हजारो 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 तेव्हा शास्त्रज्ञांना आश्चर्याचा धक्काच बसला. कारण अशा थोड्या मूलद्रव्यापासून इतके भिन्न पदार्थ बनणे त्यावेळच्या कल्पनेप्रमाणे शक्य नव्हते. तथापि कार्बनचे अणू साखळ्या बनवू शकतात व त्यांच्या वेगवेगळ्या रचनांमुळे वेगवेगळे गुणधर्म येऊ शकतात हे कळून आले व सर्व गोष्टींचा उलगडा झाला.

अनुक्रमणिका

द्विबंधयुक्त रचना

वरील संयुगामध्ये, कार्बन-अणूंशी संयोग पावण्यास पुरेसे हायड्रोजन अणू उपलब्ध आहेत व त्यामुळे साखळी बनविण्यास लागणाऱ्या कार्बन अणूंच्या संयुजाबंधाशिवाय बाकीचे संयुजाबंध हायड्रोजन अणूंनी तृप्त झाले आहेत. अशी संयुगे स्थिर असतात; परंतु काही वेळेस संयुगातील सर्व कार्बन अणूंना पुरे पडतील इतके हायड्रोजन (अथवा तत्सम) अणू उपलब्ध नसतात. अशा वेळी जे हायड्रोजन अणू उपलब्ध असतील ते कार्बन-अणू आपापसांत वाटून घेतात. अर्थात् काही संयुजाबंधांना पुरेसे अणू मिळत नाहीत व त्यामुळे ते रिकामे राहतात. अशा वेळी शिल्लक राहिलेले संयुजाबंध, कार्बन-अणू परस्परांस जोडण्यासाठी वापरतात व वेळ निभावून नेतात. उदाहरणार्थ ३ कार्बन-अणूंच्या साखळीला जोडण्यास ६ हायड्रोजन अणूच उपलब्ध असले तर काही कार्बन-अणू परस्परास जोडण्यास एकापेक्षा जास्त संयुजाबंध वापरून वेळ निभावून नेतात. अशा वेळी पुढे दाखविल्याप्रमाणे रचना होते (आकृती १२). या रचनेत कार्बन क्र. १ व २ हे द्विबंधाने एकमेकांस जोडले गेले आहेत व त्यामुळे कार्बन अणूंचे सर्व संयुजाबंध वापरले गेले आहेत.



आकृती १२

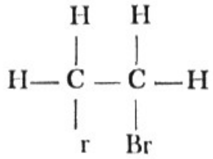
येथे हे मात्र लक्षात ठेवले पाहिजे की द्विबंधाने झालेली जोडणी ही एकबंधाने झालेल्या जोडणीपेक्षा जास्त बळकट असते असे मात्र नाही. खरी परिस्थिती त्याच्या उलट आहे. परस्परांस जोडण्यासाठी एक बंध वापरणे कार्बन-अणू जास्त पसंत करतात. कारण त्यामुळे संयुजाबंधावर ताण पडत नाही. तथापि जेव्हा पुरेसे इतर अणू (येथे हायड्रोजन) उपलब्ध नसतात तेव्हा परस्परांस जोडण्यासाठी कार्बन-अणू एकापेक्षा जास्त संयुजाबंध वापरतात; परंतु ते केवळ वेळ निभावून नेण्यासाठी. हा जादा बंध मोकळा करावा व तो वापरून इतर अणूंशी संयोग पावावे यासाठी अशी संयुगे वाट पाहत असतात व त्यामुळे स्थिर असतात. संरचनेत एकापेक्षा जास्त द्विबंध असलेली संयुगेही ज्ञात आहेत; ती एक द्विबंध असलेल्या संयुगापेक्षा अर्थातच जास्त अस्थिर असतात. विशेषतः असे द्विबंध जेव्हा एकाआड एक असे असतात तेव्हा ते संयुग द्विबंध नाहीसा करण्यास अतिशय उत्सुक असते व त्यामुळे इतर अणूंशी किंवा संयुगांशी संयोग पावण्याची संधी शोधीत असते. या गुणधर्माचे उदाहरण म्हणजे $H_2C=CH-CH=CH_2$ या सूत्रांचे ब्युटाडीन हे संयुग. संश्लेषणाने रबरे बनविण्यासाठी ब्युटाडीन व आयसोप्रीन ही संयुगे उपयोगी पडतात ती त्यामुळेच.

संयुजाबंधांची त्रिमितीय मांडणी

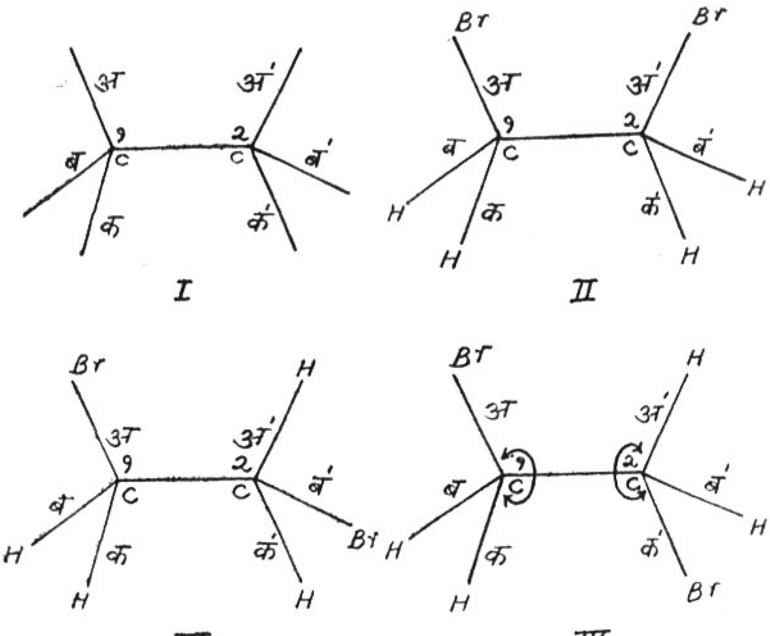
कार्बन अणूंचे संयुजाबंध एकाच पातळीत नाहीत. ते अवकाशात नियमित चतुष्फलकाच्या चार कोपऱ्यांच्या दिशेने विखुरलेले आहेत असे सिद्ध झाले आहे. (पृ. ६८ पहा). या वस्तुस्थितीमुळेसुद्धा कार्बनी संयुगांच्या संरचनांमध्ये फरक पडू शकतो.

अनुक्रमणिका

प्रथम आपण २ कार्बन अणू; ४ हायड्रोजन अणू व २ ब्रोमीन अणू यापासून बनलेल्या पुढील संयुगाचा विचार करू. (आकृती १३) कार्बनच्या संयुजाबंधाची त्रिमितीय मांडणी लक्षात घेतली तर या संयुगाच्या ३ भिन्न मांडण्या संभवतील. आकृती १४ मधील I मध्ये, जोडलेल्या २ कार्बन अणूंच्या संयुजाबंधांच्या अवकाशातील मांडण्या अ, ब, क व अ', ब', क' यांनी दाखविल्या आहेत. या संयुजाबंधांनी हायड्रोजन अणू व ब्रोमीन अणू Br जोडले म्हणजे II, III, व IV यामध्ये दाखविल्याप्रमाणे ३ त्रिमितीय दृष्टीने भिन्न संयुगे संभवतात; पण प्रत्यक्षात मात्र असे एकच संयुग कितीही प्रयत्न केला तरी मिळते. याचे कारण एक-बंधाने जोडलेले कार्बन-अणू आकृती IV मध्ये दाखविलेल्या बाणांच्या दिशेने (तारेत ओवलेल्या गोट्या जशा तारेभोवती फिरू शकतात तसे) फिरू शकतात. त्यामुळे II, III, व IV या मांडण्यांचे एकमेकात रूपांतर होऊ शकते. याचा परिणाम असा होतो की ह्या संयुगाची एकच मांडणी संभवते. प्रत्यक्ष प्रयोगाने असेच सिद्ध झाले आहे.



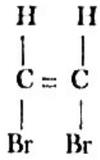
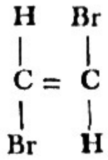
आकृती १३



आकृती १४

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

अनुक्रमणिका

 व 

समपक्ष मांडणी

आकृती १५

विपक्ष मांडणी

आकृती १६

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

कार्बन अणू लांबच लांब साखळ्या बनवू शकतात त्याचप्रमाणे साखळीची टोके एकमेकास जोडली जाऊन वलयी रचनाही कित्येकदा बनतात.

रासायनिक समीकरणे

रासायनिक विक्रियांची कल्पना स्पष्ट व चटकन यावी यासाठी रासायनिक समीकरणे लिहिण्याची एक सोयिस्कर पद्धत आहे. अशा समीकरणात रासायनिक क्रियेत भाग घेणारी मूलद्रव्ये अथवा संयुगे यांचे प्रत्येकी किती रेणू भाग घेतात ते लिहून प्रत्येकानंतर + चिन्ह घालून त्यापुढे = हे चिन्ह लिहितात व उजव्या बाजूस विक्रियेने निर्माण होणारी संयुगे अथवा मूलद्रव्ये त्यांच्या रेणूंच्या संख्यांसह + चिन्हासहित लिहिली जातात.

उदा. $2H_2 + O_2 = 2H_2O$

हायड्रोजनचे २ रेणू (ज्यांमध्ये प्रत्येकी २ अणू असतात असे) ऑक्सिजनच्या एका रेणूबरोबर संयोग पावतात व त्यामुळे पाण्याचे २ रेणू तयार होतात. समीकरणाच्या डाव्या बाजूस विक्रियेत भाग घेणारे म्हणून ४ हायड्रोजन अणू व २ ऑक्सिजन अणू आहेत व त्यापासून झालेल्या पाण्याच्या २ रेणूतील हायड्रोजन व ऑक्सिजन अणूंची संख्याही तितकीच आहे. त्यामुळे सर्वांचा हिशेब बरोबर लागला आहे.

$H_2C{=}CH_2$	+	HCl	=	CH_3-CH_2Cl
एथिलीन		हायड्रोक्लोरिक अम्ल		एथिल क्लोराइड

हे समीकरण द्विबंधयुक्त संयुगावर होणारी हायड्रोक्लोरिक अम्लाची विक्रिया दर्शविते. कित्येकदा 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 जरूरी नसते तेथे अशी पद्धत वापरली जाते.

* * *

परिशिष्ट : २ पारिभाषिक शब्दसूची मराठी- इंग्रजी

अखंडित-Continuous. न थांबता चालणारी.

अडथळा- Baffle प्रवाहास आडविण्यासाठी केलेली योजना.

अणू-Atomमूलद्रव्याच्या सर्वांत सूक्ष्म कण.

अनुकूलक-Conditioner. विक्रिया घडण्यास योग्य परिस्थिती निर्माण करणारे.

अम्ल-Acid सामान्यतः आंबट चव असलेले व निळा लिटमस तांबडा करणारे द्रव्य. विद्रावाच्या रूपात असताना यातील हायड्रोजन धनविद्युत्भारित असतो (H^+)

ॲसिटोन- Acetone.

CH_3-CO-CH_3.कीटोन वर्गाचे एक संयुग.

असंतृप्त (संयुग)-Unsaturated (compound)ज्या संयुगाच्या संरचनेत दोन कार्बन अणू एकमेकांस द्विबंधाने किंवा त्रिबंधाने जोडलेले असतात असे संयुग.

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

अल्किल गट-Aklyl group एक अथवा अधिक कार्बन अणूची एक संयुजा वगळून बाकीच्या सर्वांना हायड्रोजन अणू अथवा कार्बन अणू जोडले आहेत, असा अणुगट, उदा. - CH_3; CH_3 -CH_2-

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

आल्डिहाइड-Aldehyde. कार्बनी संयुगांचा एक वर्ग. यामध्ये CO हा गट एक अल्किल गट व एक हायड्रोजन अणू यांना जोडलेला असतो. उदा., CH_3 -CHO

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

पायसीकारक- Emulsifying agent - पायस बनण्यास सहाय्य करणार पदार्थ.

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

पार्श्वबंध- Cross link एकमेकांशेजारच्या रेणूंना जोडणारा दुवा.

पार्श्वबंधन- Cross linking. पार्श्वबंधाने जोडले जाणे.

पार्श्वशाखा- Side chain. रेणूच्या मोठ्या भागाला जोडून असलेली कार्बनसाखळी.

प्रारंभकारक- Initiator. सुरूवात करणारे.

pH मान, पीएच् मान, pH Value. अम्लता किंवा अल्कता दर्शक अंक. ७ पेक्षा कमी अंक अम्लता व ७ पेक्षा जास्त अंक अल्कता दर्शविते.

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

पुनः प्रापण- Reclaiming. पुनः परत मिळविणे.

पुनः प्रापित Reclaimed. पुनःप्रापणाने मिळविलेले.

पुनर्रचना- Rearrangement. रचनेत बदल घडणे.

पेट्रोलियम ईथर- Petroleum ether. खनिज तेलाच्या ऊर्ध्वपातनात मिळणारा एक विद्रावक द्रव पदार्थ.

बहिःसारण- Extrusion. दाब देऊन इष्ट आकाराच्या काटछेदामधून पदार्थ घालवून

अनुक्रमणिका

ऑक्सिजन-प्रतिरोधक-Antioxidant ऑक्सिजनच्या परिणामास विरोधक.

ईथर- Ether. कार्बनी संयुगाचा एक वर्ग; दोन अल्किल गट ऑक्सिजन अणूंनी जोडले जाऊन हे बनलेले असते. उदा. CH_3-O-CH_3

उत्खनन-Excavation. अवशेषांचे 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.

उपारूण-Infra-red. सूर्य प्रकाशाच्या वर्णपटातील तांबड्या पट्ट्याच्या नंतरचे.

ऊष्मामृदू-Thermoplastic. उष्णतेने मऊ बनणारे व थंड केल्याने कडक होणारे.

ऋणायन-Cation. विद्युत्-विच्छेदनात ऋण विद्युत् अग्राकडे जाणारे आयन.

ऋणविद्युत्भार-Negative charge. पदार्थावर 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.

एकांतरित द्विबंध-Conjugated double bond. कार्बनी संयुगातील कार्बन अणूंमध्ये द्विबंधाची

त्याला काटछेदाच्या आकाराच्या वस्तूचे रूप देण्याची प्रक्रिया.

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

बाष्प-प्रक्रिया- Vapour cure. सल्फर मॉनोक्लोराइडच्या वाफेत रबरी वस्तू ठेवून व्हल्कनीकरण घडविण्याची पद्धत.

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

$$CH_2=CH-CH=CH_2$$

बेंझीन- Benzene. ॲरोमॅटिक वर्गाचे एक कार्बनी संयुग; C_6H_6

ब्रोमीन- Bromine. Br. एक विक्रियाशील मूलद्रव्य.

भंजक ऊर्ध्वपातन Destructive distillation. पदार्थाचे विघटन होईल इतके उच्च तापमान वापरून बंद पात्रात 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 Elementस्वयंभू व सर्वात साधी घटना असलेले द्रव्य.

मोठ्या खपाची Large tonnage विपुल मागणी असलेली.

एकाआड एक अशी रचना.

ओझोन-Ozone एक विक्रियाशील वायू.

ओझोन-प्रतिरोधक-Antizonant. ओझानाच्या परिणामास विरोध करणारे.

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

अंतःक्षेपण-साचेकाम-Injection moulding. पिचकारीतून द्रवपदार्थ जसा बाहेर फेकला जातो, त्याप्रमाणे उष्ण व प्रवाही पदार्थ पिचकारीसारख्या योजनेने साच्यात भरून त्यास वस्तूचा आकार देण्याची प्रक्रिया.

क्लृप्ती-Contrivance. छोटी यांत्रिक योजना.

कॅलेंडर-Calander. लाटण्याची किंवा पसरविण्याची क्रिया करणारे, अनेक रूळ असलेले यंत्र.

कॅलेंडर-प्रकिया-Calendering.

कार्बनडाय सल्फाइड-कार्बन व गंधकयुक्त एक संयुग; CS_2

कार्बन परसल्फेट-Organic persulphate कार्बन, गंधक व ऑक्सिजनयुक्त संयुग.

कोटीन-Ketone कार्बनी संयुगांचा एक वर्ग. यामध्ये दोन अल्किल गट CO न जोडलेले असतात; उदा. CH_3-CO-CH_3

कोलटार नॅप्था-Coaltar naphtha. दगडी कोळशाच्या भंजक ऊर्ध्वपातनाने मिळणाऱ्या डांबरीतील एक पदार्थ; विद्रावक म्हणून उपयोगी.

क्लोरिनीकरण-Chlorination. संयुगामध्ये क्लोरिनचा अंतर्भाव करण्याची प्रक्रिया.

यदृच्छया- Random योगायोगाने; कोणत्याही नियमानुसार न झालेले.

रासायनिक संरचना- Chemical constitution.संयुगातील अणू एकमेकांस ज्या तऱ्हेने जोडले गेले आहेत, ती तऱ्हा व ती दाखविणारे सूत्र.

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

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

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

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

लवण-पहा क्षार.

लाइफ जॅकेट- Life jacket. पाण्यात पडल्यास संकटकाळी तरंगत राहता यावे यासाठी वापरावयाचा हवा भरून हलका केलेला कोट.

वलयी- Cyclic, cyclo. कार्बन अणूंच्या साखळ्यांची टोके जोडली गेल्याने होणारी रचना

वायु-अभिज्ञातक- Gas detector. विशिष्ट वायूची उपस्थिती ओळखणारे व सूचना देणारे उपकरण.

वाहक पट्टा- Conveyer belt.सामानसुमान. कच्चा माल, इत्यादींची वाहतूक करण्यासाठी वापरण्याचा गतिमान पट्टा.

अनुक्रमणिका

क्लोरिनीकृत-Chlorinated. क्लोरिन युक्त.

खंडित (प्रक्रिया)-Batch (process). अखंडित नसलेली. हप्त्याहप्त्याने घडणारी (प्रक्रिया).

खजिन-Inorganic खाणीतून काढलेल्या पदार्थांच्या जातीचे. अकार्बनी.

खवले-Treads. उठावदार नक्षी असलेला, टायरच्या पृष्ठाचा, रस्त्याशी संपर्क होणारा भाग.

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

घटना-Composition, घटक अणू व त्यांच्या संख्या.

घनता-Density. एक मिलिलिटर पदार्थांचे ग्रॅममध्ये वजन.

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

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

चुंबकीय पृथक्कारी - Magnetic separator. लोहचुंबकाच्या योगाने लोखंड वेगळे करणारे

जटिल-Complex गुंतागुंतीची रचना असलेले

जलरोधक, जलरोधी, जलाभेद्य - Waterproof. पाणी शोषण न करणारे. पाणी आरपार न जाऊ देणारे.

जंबुपार-Ultra-violet. सूर्यप्रकाशाच्या वर्णपटातील जांभळ्या पट्ट्यानंतरचा भाग.

झिंक क्लोराइड - Zinc Chloride.जस्ताचा एक क्षार.

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

वॉशर- Washer पहा गास्केट.

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

विक्रिया- Chemical reaction. रासायनिक परिणाम.

वितळ-बिंदू- Melting point. घनपदार्थ तापविला असता ज्या तापमानाला द्रवरूप बनतो ते तापमान.

विक्रियाशील- Reactive. विक्रिया घडण्यास किंवा घडविण्यास उत्सुक असलेले.

विक्रियांतक- Short stopper. विक्रिया थांबविणारे.

विद्रावक - Solvent. पदार्थ विरघळविण्यासाठी वापरलेले द्रव.

विपक्ष- Trans. द्विबंधयुक्त कार्बनी संयुगात एकाच प्रकारचे अणू किंवा अणुगट द्विबंधाच्या प्रतलाच्या वेगवेगळ्या बाजूला असतात तेव्हा त्या मांडणीला विपक्ष म्हणतात.

विश्लेषण- Analysis. पदार्थांची घटक द्रव्ये वेगळी करणे.

विषारी वायूसंरक्षण- मुखवटा- Gas mask.

विशेषोपयोगी- Special purpose. विशेष कामासाठी उपयोगी पडणारे.

विसर्जन- Dissipation. काढून टाकणे.

व्ही बेल्ट- V belt. चालक पट्ट्याचा एक प्रकार. याचा छेद V या अक्षरासारखा असतो.

शीतोपचार- Cold cure. कमी तापमानास व्हल्कनीकरण घडविण्याची एक कृती.

श्यानता- Viscosity. दाटपणा.

अनुक्रमणिका

तळी - Platen. दाब-यंत्रात साचे ज्यावर ठेवतात किंवा ज्याला अडकवितात, तो भाग.

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

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

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

तैलभरण - Oil extension - तेलाचा अंतर्भाव करणे; (रबरात)

तैलभरित - Oil extended. तेलाचा अंतर्भाव केलेले (रबर).

त्रिमिति - नियमित - Steroregular. ज्या संगुणातील अणूंची अवकाशातील मांडणी काही नियमांस धरून आहे, अशी.

त्रिमिति-विशिष्ट - Sterospecific इष्ट ती त्रिमितीय संरचना असलेले,

त्रिमितीय मांडणी Three dimensional arrangement. संयुगातील अणूंची अवकाशात (वेगवेगळ्या प्रतलांत) झाली असलेली रचना.

दंडगोलाकार - Cylindrical दंडगोल आकाराचे.

दाब-यंत्र- Press; Hydraulic press साच्यांवर दाब देण्याची योजना असलेले यंत्र, याचे कार्य द्रवांच्या गुणधर्मांवर आधारलेले असते.

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

द्विबंध — Double bond. दोन अणू एकमेकांस दोन संयुजाबंधांनी जोडले गेले म्हणजे त्यामध्ये द्विबंध आहे, असे म्हणतात.

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

संघनन- Condensation. रासायनिक विक्रियेने पाणी, अमोनिया इ. सारखे साधे रेणू बनून बाहेर पडणे व नवीन पदार्थ निर्माण होणे.

सक्रियीकारक - Activator. क्रिया करण्यास प्रवृत्त करणारे.

समपक्ष- Cis. द्विबंधयुक्त कार्बनी संयुगातील एकाच प्रकारचे अणू अथवा अणुगट द्विबंध प्रतलाच्या एकाच बाजूला असलेली मांडणी.

समावेशन- Addition. सामावून घेण.

सल्फर मानोक्लोराइड - Sulphur monochloride. S_2Cl_2. गंधक व क्लोरीनयुक्त संयोग.

सल्फ्यूरिक अम्ल- Sulphuric acid. H_2SO_4

सहबहुवारिकीकरण - Copolymerisation. एकापेक्षा अधिक प्रकारच्या एकवारिकांचे एकत्र बहुवारिकीरकण.

संधारक- Suspending agent, घनपदार्थांचे सूक्ष्म कण द्रवात तरंगत राहाण्यास सहाय्य करणारा पदार्थ.

संयुजा-बंध- Valency bond. अणू परस्परांना जोडले जाण्यासाठी उपयोगी पडणारी प्रेरणा.

संरचना- Constitution. संयुगातील अणू एकमेकास जोडण्याची तऱ्हा.

संश्लेषित- Synthetic रासायनिक कृतींनी मानवाने बनविलेले.

संहत-विद्राव- Concentrated solution. विद्राव्य पदार्थांचे प्रमाण मोठे असलेला विद्राव.

स्फटिकक - Crystallite. बहुवारिकांच्या रेणूंचे काही भाग समांतर होऊन बनलेला भाग.

साखळणे- Coagulation. द्रवात तरंगत असलेले कण अथवा बिंदू एकत्र होऊन वेगळे होणे.

अनुक्रमणिका

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

नयमनकारक- Modifier. बहुवारिक इष्ट तऱ्हेचे व्हावे या दृष्टीने नियंत्रण करणारे.

प्रक्रिया- Process. ठरावीक क्रमाने करावयाच्या क्रियांचा समुदाय.

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

प्रतल- Plane. ज्या पृष्ठावरील कोणतेही दोन बिंदू जोडणारी सरळ रेषा सर्वस्वी त्या पृष्ठावरच राहते असे पृष्ठ.

प्रत्यास्थता, पहा स्थितिस्थापकता.

प्रवेगक- Accelerator. व्हल्कनीकरण त्वरेने घडविणारे.

प्रक्षोभक- Agitator. ढवळणारे.

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

सामान्योपयोगी (रबर)- General prupose (rubber) टायर वगैरे सामान्य वस्तू बनविण्यास योग्य (रबर)

स्थितिस्थापकता- Elasticity. ताणल्यास अथवा दाबल्यास आकार बदलण्याचा व ताण किंवा दाब नाहीसा केल्यावर त्वरित पूर्ववत होण्याचा गुण. स्वाग्रहित्व. प्रत्यास्थता.

हॅलाइड- Halide. हॅलोजनचे संयुग.

हॅलोजन- Halogen. फ्लूओरिन, क्लोरिन, ब्रोमीन व आयोडिन या मूलद्रव्यांच्या गटापैकी कोणतेही मूलद्रव्य.

हॅलोजन-निरास De-halogenation संयुगामधून हॅलोजन अणू काढून टाकण्याची क्रिया.

हायड्रोकार्बन- Hydrocarbon कार्बन व हायड्रोजन यांचे बनलेले संयुग.

हायड्रोक्लोरिक Hydrochloric acid; HCl अम्ल हायड्रोजन व क्लोरीनयुक्त एक अम्ल.

क्षपण- Reduction. हायड्रोजनची भर घालणे, अथवा ऑक्सिजन काढून घेणे या क्रिया.

क्षरणकारी- Corrosive. पदार्थाचा किंवा धातूचा विनाश करणारे.

क्षार- Salt. लबण. अम्ल व अल्क यांच्या रासायनिक संयोगाने बनणारे संयुग, उदा. मीठ.

* * *

अनुक्रमणिका

परिशिष्ट : ३ पारिभाषिक शब्दसूची इंग्रजी-मराठी

Abrasive resistance	-	घर्षण-रोध.
Accelerator	-	प्रवेगक.
Acid	-	अम्ल.
Addition	-	समावेशन.
Activator	-	सक्रियीकारक.
Adhesive	-	आसंजक.
Alkyl group	-	अल्किल गट.
Amorphous	-	अस्फटिकी.
Analysis	-	विश्लेषण.
Anion	-	धनायन.
Antioxidant	-	ऑक्सिजन-प्रतिरोधक.
Atom	-	अणू.
Antiozonant	-	ओझोन-प्रतिरोधक.
Batch (process)	-	खंडित (प्रक्रिया)
Bulk polymerisation	-	पुंज-बहुवारिकीकरण.
Catalyst	-	उत्प्रेरक.
Cation	-	ऋणायन.
Chemical constitution	-	रासायनिक संरचना.
Chlorinted hydrocarbon	-	क्लोरिनीकृत हायड्रोकार्बन.
Chlorination	-	क्लोरिनीकरण.
Cis	-	समपक्ष.
Coagulate	-	साखळणे, साखळविणे.
Cold cure	-	शीतोपचार.
Complex	-	जटिल.
Composition	-	घटना.
Concentrated	-	संहत, दाट.
Condensation	-	संघनन.
Conditioner	-	अनुकूलक.
Conjugated double bond	-	एकांतरित द्विबंध.
Constitution	-	संरचना.

अनुक्रमणिका

Continuous	-	अखंड.
Contrivance	-	क्लृप्ती.
Conveyer belt	-	वाहतूक पट्टा.
Copolymerisation	-	सह-बहुवारिकीकरण.
Corrosive	-	क्षरणकारी.
Cross link	-	पार्श्वबंध.
Cross linking	-	पार्श्वबंधन.
Crystallite	-	स्फटिकक.
Cyclic	-	वलयी.
Cylindrical	-	दंडगोलाकार.
Dehalogenation	-	हॅलोजन-निरास.
Density	-	घनता.
Dipping	-	निमज्जन.
Dissipation	-	विसर्जन.
Destructive distillation	-	भंजक ऊर्ध्वपातन.
Double bond	-	द्विबंध.
Elasticity	-	स्थितिस्थापकता, प्रत्यास्थता, स्वाग्रहित्व.
Element	-	मूलद्रव्य.
Emulsifying agent, Emulsifier	-	पायसीकारक.
Emulsion	-	पायस.
Excavation	-	उत्खनन.
Extrusion	-	बहिःसारण.
Gas detector	-	वायु-अभिज्ञातक.
Gasket	-	गास्केट.
General purpose (rubber)	-	सामान्योपयोगी (रबर).
Hydraulic press	-	दाबयंत्र.
Hydrochloric acid	-	हायड्रोक्लोरिक अम्ल.
Infra-red	-	उपारुण.
Initiator	-	प्रारंभकारक.
Injection (molding)	-	अंतःक्षेपण (साचेकाम).
Inorganic	-	अकार्बनी. खनिज.
Ketone	-	कीटोन.

अनुक्रमणिका

Life jacket	-	लाईफ जॅकेट.
Magnetic separator	-	चुंबकीय पृथक्कारी.
Mastication	-	तिंबणे.
Melting point	-	वितळ-बिंदू.
Methyl group	-	मिथिल गट.
Modifier	-	नियमनकारक.
Molecule	-	रेणू.
Molecular formula	-	रेणुसूत्र.
Molecular weight	-	रेणुभार.
Monomer	-	एकवारिक.
Month piece; die	-	मुखाग्र.
Negative charge	-	ऋण विद्युत्भार.
Neutralisation	-	उदासिनीकरण.
Non -crystalline	-	अस्फटिकी.
Oil extended	-	तैलभरित.
Oil extension	-	तैलभरण.
Organic persulphate	-	कार्बनी परसल्फेट.
Patent	-	एकस्व.
pH value,	-	pH-मान.
Plane	-	प्रतल, पातळी.
Plasticity	-	आकार्यता.
Platen	-	तळी.
Polymer	-	बहुवारिक.
Polymerisation	-	बहुवारिकीकरण.
Press	-	दाबयंत्र.
Process	-	प्रक्रिया.
Random	-	यदृच्छ; यदृच्छया.
Reaction	-	विक्रिया.
Reactive	-	विक्रियाशील.
Reclaimed	-	पुनःप्रापित.
Reclaiming	-	पुनःप्रापण.
Redox cataltyst	-	रेडॉक्स उत्प्रेरक.

अनुक्रमणिका

Reduction	-	क्षपण.
Salt	-	क्षार. लवण.
Short Stopper	-	विक्रियांतक.
Side chain	-	पार्श्वशाखा.
Solvent	-	विद्रावक.
Special purpose	-	विशेषोपयोगी.
Specipication	-	गुणधर्म पत्रक
Solution	-	द्रावण, विद्राव
Stereoregular	-	त्रिमिति-नियमित
Sterecospecific	-	त्रिमिति-विशिष्ट.
Sulphuric acid	-	सल्फ्यूरिक अम्ल.
Suspending agent	-	संधारक.
Synthetic	-	संश्लेषित.
Tarpaulins	-	ताडपत्री.
Tensile strength	-	ताणबल.
Thermoplastic	-	ऊष्मामृदू.
Three dimensional arrangement	-	त्रिमितीय मांडणी.
Trans	-	विपक्ष.
Transmission belt	-	चालक पट्टा.
Treads	-	खवले.
Ultra-violet	-	जंबुपार.
Unit	-	एकक.
Unsaturated	-	असंतृप्त.
Valance bond	-	संयुजा-बंध.
V Belt	-	व्ही पट्टा.
Vapour cure	-	बाष्प-प्रक्रिया.
Vuleanisation	-	व्हल्कनीकरण.
Waterproof	-	जलरोधक, जलाभेद्य.

***

अनुक्रमणिका

परिशिष्ट : ४ सामान्य सूची

(व्यक्तींच्या उल्लेखात आडनाव प्रथम घेतले आहे.)

अपघर्षक,
अमेरिकन सोसायटी फॉर टेस्टिंग मटीरियल्स
ॲबट डब्ल्यू.
आयसोप्रिन
आयसोप्रिन, समपक्ष एकक
आयसोप्रिन, विपक्ष एकक
आर्कक्टिक रबर
ऑइल एकस्टेंडेड नॅचरल रबर
ऑक्सिजन-प्रतिरोधक
ऑक्सिडीकृत रबर
ऑन्स्लागर जॉर्ज
ऑल इंडिया रबर इंडस्ट्रीज ॲसोसिएशन
इस्टेट ब्राऊन क्रेप
इंटर्नल मिक्सर
इंडिया रबर
इंडियन रबर मॅन्युफॅक्चरर्स रिसर्च ॲसोसिएशन
उत्प्रेरक,
उष्ण एसबीआर
उष्मामृदू एसबीआर
उष्मामृदू रबरे,
एकवारिक
एथिलीन-प्रॉपिलीन रबर
एबोनाइट
एनबीआर
एस्बीआर
एसबीआर तैलभरित
एस्पी रबर
ओझोन-प्रतिरोधके
कच्चे संश्लेषित रबर;
कठीण रबर
कलॉइड मिल्
कॅलेंडर यंत्राने तक्ता
कॅलेंडर यंत्राने रबर-विलेपन
काउचुक्
कार्बन, संयुजाबंधाची अवकाशात मांडणी
कॉन्स्टंट व्हिस्कॉसिटी रबर
कॉलिन्स जेम्स
कँपाउंडिग
कृत्रिम रबरे
केइएल एफ
क्रॉस रॉबर्ट
क्लोरिनीकृत रबर
क्लोरोप्रिन
-क्लोरोब्युटाडीन
कोंदामीन चार्लस् मारी द ला
गट्टापर्चाचा रेणू
गुडइयर चार्लस्,
गॉसर्ट सी.
गुणधर्मपत्रके,
ग्वायूल
घन रबर
चॅफि एडविन
चिकाचे घटक
जीआरएस्
जॉनसन डब्ल्यू.
टायरची उभारणी,

अनुक्रमणिका

ओझोन-विक्रिया
ओझोनाइड
अंतःक्षेपण
अंतिम ताणबल
अंतिम प्रतिशत लांबीवाढ,
ताणबल
तैलभरण
तैलभरित थंड एसबीआर
त्रिमिति-विशिष्ट रबर
त्सीगलर कार्ल
त्सीगलर-नाट्टा उत्प्रेरके
थंड एसबीआर,
थायोकोल ए
थायोप्लास्ट
द्रवरूप रबर
दाब-यंत्र
नाट्टा जी.
निमज्जन,
निमज्जन पद्धत
नियोप्रिन,
पर्किन जॉन
पॅरिस ॲकेडमी
पॉझिटेक्स
पॉलिक्लोरोप्रिन
पॉलिब्युटाडिन,
पॉलिब्युटाडिन रबर
पॉलियुरेथेन रबरे,
पॉलिसल्फाइड रबरे,
पॉलिस्टायरीन,
प्रॉपिलीन,
, -पेंटाडीन
प्रत्यास्थता
टॉमसन आर. डब्ल्यू.
टिकाऊ चीक,
टोरक्वेमाडा ज्यूऑन डी.
डनलॉप जॉन बॉइड
, -डायमिथिल , - ब्यूटाडीन,
पुनः प्रापित रबर
प्लॅस्टिकीकारके
प्लायोफिल्म
फॅक्टिस
फॅरडे
फुंटुमिया इलॅस्टिका
फ्रेसन्यू फँकॉइस
फुओरो रबरे
बहिःसारण
बहुवारिकीकरण
बहुवारिकीकरण संघनन
बहुवारिकीकरण समावेशन,
बहुवारिकीकरण पायस,
बहुवारिकीकरण पुंज,
बहुवारिकीकरण विद्राव,
बॅनबरी मिश्रण-यंत्र,
बॉल मिल
ब्युटाडीन
ब्युटाडीन-ॲकिलोनाट्राइल रबर,
ब्युटिल रबर
ब्युना एन्
ब्लँकेट क्रेप
बेंझॉइल पेरॉक्साइड
भर घालण्याचे पदार्थ,
भारताचे रबर-मळे
भारतीय उत्पादन (रबर)
भारतीय रबर उद्योग

प्रत्यास्थवारिके
प्रबलके,
प्रवेगके
प्रसरण-आंकुचन, (तापमान वाढ)
प्रारंभकारक,
प्रीस्टले जोसेफ
पायसीकारक,
पार्कस् ॲलेक्झँडर
पाहल डब्ल्यू.
पिकल यंत्र,
पील सॅम्युएल
पुनःप्रापण
पुनः प्रापण रसायने
रबर, उत्पादक प्रदेश
रबर, उद्योगात शास्त्रीय ज्ञान
रबर, ओझोनाइड
रबर, चीक देणारी झाडे
रबर, जागतिक उत्पादन
रबर, भारतीय उत्पादन
रबर, प्रशिक्षणाच्या सोयी
रबर, फेस
रबर, बोर्ड
रबर, मळे
रबर, यंत्रसाम्रगी
रबर, रसायने
रबर, रेणू सहजावस्था
रबर, लागवडी
रबर, विलेपन,
रबर, विज्ञान
रबर, संरचना,
रबर, हार्ड फाइन पॅरा
रबर हायड्रोक्लोराइड
भंजक ऊर्ध्वपातन
भौतिक गुणधर्म
महाराष्ट्रात रबर लागवडी
मॅकिंटॉश चार्लस्
मॅक्यूर पी. जे.
मृदुकारके,
मंदायके,
मिचेलिन आंद्रे
मिचेलिन एड्युअर्ड
मिथिल रबर,
मिश्रण यंत्र,
मोट एस्. सी.
रचना करून वस्तू
विस्तारित रबर
वेल्च सी. के.
वॉलेस टॉमस
व्हल्कनाइट
व्हल्कनीकरण
व्हल्कनीकरण, थंड
व्हल्कनीकरण-प्रवेगके
व्हल्कनीकारके
व्हिटॉन
व्हिस्कॉसिटि स्टॅबिलाइज्ड रबर
व्हिनिलिडीन फ्लुओराइड
शीतोपचार
सक्रियीकारके,
सच्छिद्र रबर,
साचेकाम
संकीर्ण पदार्थ,
संश्लेषित रबर
संश्लेषित कारखाना
संश्लेषित नैसर्गिक

अनुक्रमणिका

रबरी धागा
रॉक्सबरी कंपनी
रिट्रेडिंग
रिडले एच्. एन.
रिब्ड स्मोकड् शीट
रूळांनी दाबून वस्तू बनविणे
लवचिक साचे
लँडोल्फिया
लांबीवाढीचा मापांक
लेव्ह्युलिनिक आल्डिहाइड,
वर्णदायके,
वस्तूचे अपेक्षित गुण,
वॉलेस टॉमस
विक्हॅम हेन्री,
विक्रिया-नियमनकारक,
विक्रियांतक
विद्युत्-प्रवाहरोध
विल्यम्स जी.
विशेषोपयोगी रबरे
हेविया बाझिलिएन्सिस
संश्लेषित भारतीय उत्पादन
संश्लेषित चीक
संहतचीक
स्टँडर्ड रिव्हटेंकस
स्टायरीन
स्टायरीन ब्युटाडीन रबर
स्थिर स्थानता रबर
स्पंज रबर
स्प्रूस रिचर्ड
सामान्योपयोगी रबरे,
सिलिकोन रबरे
सुपीरियर प्रोसेसिंग रबर
हॅनकॉक टॉमस,
हायपॅलॉन
हार्ड रबर,
हार्डझरलिंग सी.
हॉर्वे,
हेरिसाँ एल्. ए. पी.
हेविया कंब
होफमान फॉन

***

अनुक्रमणिका

डॉ. गो. रा. केळकर

- शालेय शिक्षण पूना हायस्कूल व न्यू इंग्लिश स्कूल पुणे, येथे.
- फर्ग्यूसन महाविद्यालयातून बी. एस्सी. (प्रथम श्रेणी) झाल्यावर त्यांनी एम्. एस्सी. व पीएच्.डी. या पदव्या रसायन-संशोधनाचे प्रबंध सादर करून मिळविल्या.
- काही वर्षे नवरोसजी वाडिया कॉलेजात रसायनशास्त्र शाखेचे प्रमुख व प्राध्यापक.
- मुंबईतील खटाव मकनजी स्पिनिंग अँड वीव्हिंग मिलमध्ये ते काही काळ संशोधनाधिकारी होते.
- पुण्याच्या नॅशनल केमिकल लॅबोरेटरीमधून शास्त्रज्ञ म्हणून सेवानिवृत्त झाल्यावर तेथेच गुणश्री वैज्ञानिक (सायंटिस्ट इमेरिटस) म्हणून त्यांनी संशोधनकार्य केले (१९७०-७५).
- एम्. एस्सी. व पी.एच्डी. या पदव्यांसाठी ते विद्यापीठांचे संशोधन-मार्गदर्शक होते व अनेक विद्यार्थ्यांनी त्यांच्या मार्गदर्शनाने या पदव्या मिळविल्या. संशोधनांवर आधारित ५० लेख देशी व परदेशी शास्त्रीय नियतकालिकात प्रसिद्ध.
- सृष्टिज्ञान मासिकाचे माजी संपादक; सृष्टिज्ञान, सकाळ, सह्याद्रि, केसरी, स्वराज्य, उद्यम, विज्ञानयुग इ. नियतकालिकांत त्यांचे अनेक सुबोध शास्त्रीय लेख प्रसिद्ध.
- महाराष्ट्र भाषासंचालनालयाच्या रसायनशास्त्र उपसमितीचे पुणे विद्यापीठाचे प्रतिनिधी.
- 'मराठी विश्वकोशां'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).

अनुक्रमणिका