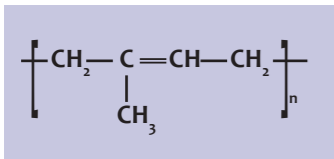


NATURGUMMI (NR) Del 1/3

ARTIKELN ÄR HÄMTAD UR BOKEN GUMMITEKNOLOGI-MATERIALKUNSKAP
UTGIVEN AV LÄROVERKET I SMÅLAND.

Strukturformel för NR



Inledning

År 2011 uppgick världens totala gummiproduktion till nästan 26 miljoner ton varav 42 procent naturgummi (källa: International Rubber Study Group, IRSG). Naturgummi är en polymer som främst utvinns ur växtsaft, så kallad latex från gummiträdet *Hevea Brasiliensis* av familjen Euphorbiaceae (törelväxter). Naturgummi förekommer som latex och i fast form, efter att latexen koagulerats. När latex koagulerar sker en utfällning eller hopklumpning av dispergerade partiklar, vilket leder till att gummipartiklarnas repellerande förmåga avtar.

Hevea Brasiliensis växte ursprungligen i Brasilien men odlas idag främst på plantager och hos småbönder i Indonesien, Malaysia och Thailand och inte mindre än cirka 95 procent av världsproduktionen av naturgummi kommer från Asien. *Hevea Brasiliensis* odlas i varma områden med lämpligt växtklimat, 25-28°C och en luftfuktighet omkring 80 procent. Naturgummit från dessa odlare säljs efter klassificering och packning till stor del via börserna i Singapore, Kuala Lumpur, Tokyo och London medan storförbrukare ofta handlar direkt i respektive produktionsland.



Även andra träd och plantor producerar latex som innehåller gummi, såsom ytterligare trädslag av familjen Euphorbias, de flesta fikusarter och Guayule shrubs (kaktusliknande från Mexiko) samt rysk dandelion (maskros). I detta sammanhang kan även nämnas två gummiproducerande växter vid namn Guttaperka och Balata.

Dessa producerar ett mer läderartat material och har i dag ingen större industriell betydelse. Guttaperka används emellertid för att fylla ut rotkanaler vid tandrotfyllning och är som fast kärnmateriale i kombination med cement (*sealer*) den klart mest använda metoden.

Tabell 1 Produktion av naturgummi

Produktionsland	2005 kt (IRSG)	2010 kt (ANRPC)
Thailand	2 937,2	3 072,0
Indonesien	2 271,0	2 843,0
Malaysia	1 126,0	970,0
Indien	771,5	845,0
Kina	428,5	750,0
Vietnam	509,0	645,0
Afrika	369,5	
Latinamerika	165,6	
Sri Lanka	104,4	148,0
Filippinerna	79,0	102,0
Övriga	59,8	2 720,0
Totalt	8 821,0	(totalt 2011) 10 974 (IRSG)

ANRPC står för the Association of Natural Rubber Producing Countries

Årlig utvinning från gummiträd har ökat i jämförelse med starten i slutet av 1800-talet, då cirka 400 kg/ha, till att i dag uppgå till mellan 3.000-5.000 kg/ha. Klimatförhållanden, jordart, gödsling, sjukdomar och ålder hos träden, men även andra faktorer såsom till exempel tappningsmetoder påverkar omfattning av produktionen.

Kvaliteten på naturgummi skiftar väsentligt trots att man genom växtförädling, exempelvis kloning av plantor, lyckats ta fram träd som ger latex med betydligt jämnare kvalitet än tidigare. Förädlingen går till på följande sätt; på en hårdig rot ympas en stam från ett högvakastande träd och på denna ympas sedan en stadig krona med god beständighet mot insekter och som tål hårda stormar.

Kemisk stimulering av träden förekommer också, i syfte att ytterligare förbättra avkastningen och på gummplantagerna konstgödsas det i stor skala.

Latexen från *Hevea Brasiliensis* består av naturligt polymeriserad isopren, till allra största delen cis-1,4-polyisopren samt en mindre del andra komponenter såsom protein och fettsyror. Polyisopren kan även framställas syntetiskt.



Naturgummi har, i motsats till flertalet syntetiska gummityper, en förmåga att kristallisera¹ under töjning. Denna kristallisering är reversibel, det vill säga återgår när materialet avlastas. Effekten av kristalliseringen blir att materialets modul ökar kraftigt vid töjning, vilket resulterar i en hög draghållfasthet även utan förstärkande fyllmedel.

Naturgummi är ett rent kolväte utan polära grupper, vilket innebär att glastemperaturen (T_g)² är låg, samtidigt som beständighet mot olja och bensin är dålig. Det stora antalet dubbelbindningar ger hög vulkhastighet men samtidigt har det vulkade materialet hög känslighet för oxidation, ozon och värme.

Vid lagring styvnar naturgummi, vilket beror på förekomsten av små mängder polyfunktionella karbonylgrupper. Denna förstuvning kan motverkas genom att vid koaguleringen tillsätta 0,5 procent hydroxylaminhydroklorid, vilket görs i typer som skall behålla en jämn viskositet, till exempel TSR-5 CV.

I början av 1900-talet var naturgummi mycket dyrt, vilket givetvis stimulerade intresset för att framställa gummi på syntetisk väg, så kallat syntetgummi (SR). Priset på naturgummi kom dock att sjunka kraftigt åren före första världskriget och intresset för att utveckla syntetgummi avstannade under några år för att återupptas under 1930-talet.

Diagram 1. Prisutveckling för naturgummi under 110 år

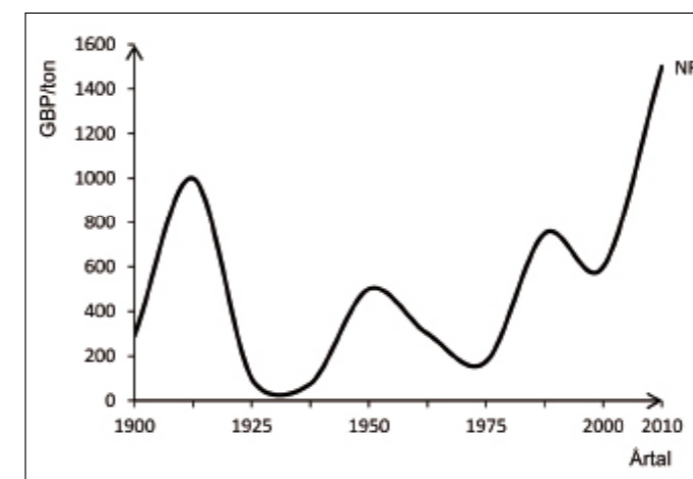
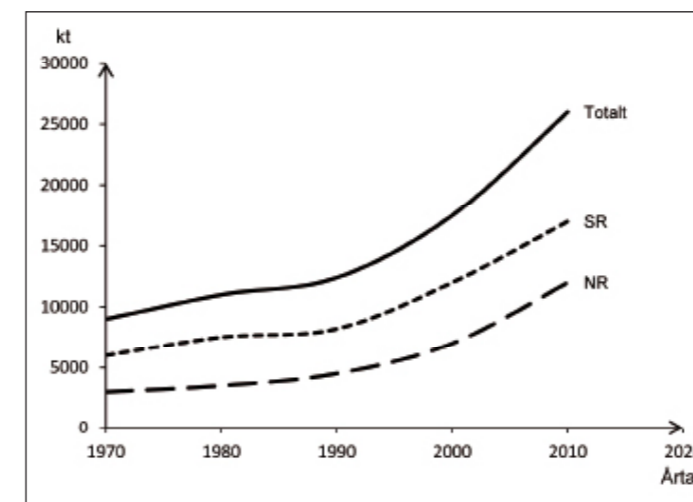


Diagram 2. Världsförbrukningen av NR och SR 1970-2012



¹ Kristallisera/kristallisering - innebär hos en polymer en orientering av molekylkedjorna. Lästips: VERT, Rawmaterial, Natural Rubber

² Glas temperatur/glasomvandlingstemperatur (T_g) är när en amorf polymer övergår till ett hårt glasartat material

Naturgummi levereras i fem olika typer:

- Koncentrerad latex (Preserved Latex Concentrates)
- Tekniskt specificerat gummi (Technical Specified Rubbers) (TSR)
- *Sheets* (arkgummi)
- *Crepes* (kräppgummi)
- Specialtyper av modifierat naturgummi

Av dessa typer är TSR den största och viktigaste, medan gummi i arkform (*sheets*) och i form av kräpp (*crepes*) stadigt minskar i betydelse och TSR uppgår idag till cirka 60 procent av allt naturgummi. Kräppgummits årsproduktionen uppgår inte till mer än cirka 75 kt. Den mest betydande typen är ljus kräpp (*pale crepe*) som främst används för tillverkning av mycket rena produkter och i rågummisulor till skor. Producentländer av ljus kräpp är i första hand Indien och Sri Lanka.

Latexitvinning

Gummiträdsodlingar förökas genom att frön från träden drivs fram till sticklingar som sedan ympas på sätt som beskrivits ovan och därefter planteras ut på odlingsplatserna med ungefär 3,5 meters mellanrum. Tappningen av gummiträd börjar först när trädet är 6-8 år och kan pågå upp mot en ålder av 25 år med maximal utdelning av latex vid trädets ungefärliga halva livslängd.

Från ett produktivt träd kan man få ut upp till 4,5 kg torr gummiprodukt per år. När trädet inte längre producerar tillräckligt mycket gummi föra att vara lönsamt att tappas, avverkas det och blir till virke eller pappersråvara.

Trädets latex avsöndras i en mängd små celler mellan barken och veden.

Tappningen görs med en specialkniv via ett nedåtgående snitt från vänster till höger i barken (20-30 graders vinkel mot horisontalplan) med ett djup på cirka 1 mm från trädets kambium³. Detta görs för att latexkärnen skall öppnas.



³ Kambium är den växtvävnad där tjocktillväxten sker. Skadas trädets kambium slutar trädet att växa.



Snittet öppnar således cellerna och latexen rinner ut av sig själv på grund av ett hydrostatiskt tryck på 1-1,9 MPa varierande över dygnets timmar. Snittets form gör det lätt att samla upp latexen via en metallpip till en skål. Skålen är vanligtvis av plast, glas, aluminium eller emaljerad metall men även ett halvt kokosnötskal förekommer. Skålen sitter fastbunden runt trädet.

Latexen är en mjölkliknande vätska som rinner i några timmar tills snittet sluts av koagulerat gummi och minskat tryck. Varannan dag öppnas snittet åter, om vädret så tillåter, genom att hinnan skrapas bort och ytterligare lite bark avlägsnas och flödet fortsätter och det är dags för nästa tappning. Den latex som torkat i snittet bildar ett skinn som på ett naturligt sätt skyddar trädet mot skador.

Växtsaften består av en suspension av gummipartiklar i vatten som i genomsnitt innehåller 62 procent vatten, 35 procent gummi och 3 procent icke-gummi-substanser, de sistnämnda bestående av olika proteiner, fettsyror och oorganiska ämnen.

Beståndsdelar	Procent
Vatten	55-70
Gummi	30-40
Hartser	1,5-2
Protein	1,5-3
Aska	0,5-1
Socker	1-2

En del av dessa icke-gummi-substanser är fästa vid gummipartiklarna och andra är upplösta i vätskan, så kallad serumet. Mellan 5-10 procent av dessa substanser blir kvar i gummit. Trots att icke-gummi-substanserna endast utgör en liten mängd av serumet, har de en betydande inverkan på naturgummits egenskaper och

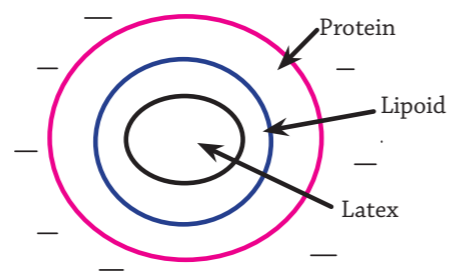
förklarar skillnader i egenskaper mellan naturgummi och motsvarande syntetiskt isoprenogummi. Bland annat skyddar de mot oxidation, bidrar till materialets klubb och aktiverar vulkprocessen. De kan emellertid påverka åldringsegenskaperna och de elektriska egenskaperna negativt och samtidigt öka gummits svällning i vatten och dess benägenhet att angripas av mikroorganismer på grund av att de är lätt hygroskopiska.

För att erhålla en helt ren polyisopren har försök gjorts att utvinna icke-gummi-substanser ur serumet efter koagulering av latexen, men utan större framgång.

Gummipartiklarna är mycket små, inte större än 0,1-1 µm. Protein som omger gummipartiklarna förhindrar att de klumpar ihop sig vilket sker när proteinlagret bryts ned. Det är detta som benämns koagulering. För snabbare koagulering sänks pH-värdet i latexen genom tillsats av myrsyra eller ättiksyra. Notera att koagulatet omedelbart måste processas vidare utan uppehåll för att inte angripas av bakterier. Naturgummi, utvunnet från färsk latex och som omedelbart torkats

efter koagulering innehåller även små doser gel. Gelgummi¹ har ett högre innehåll av kväve och mineraler i jämförelse med solgummi².

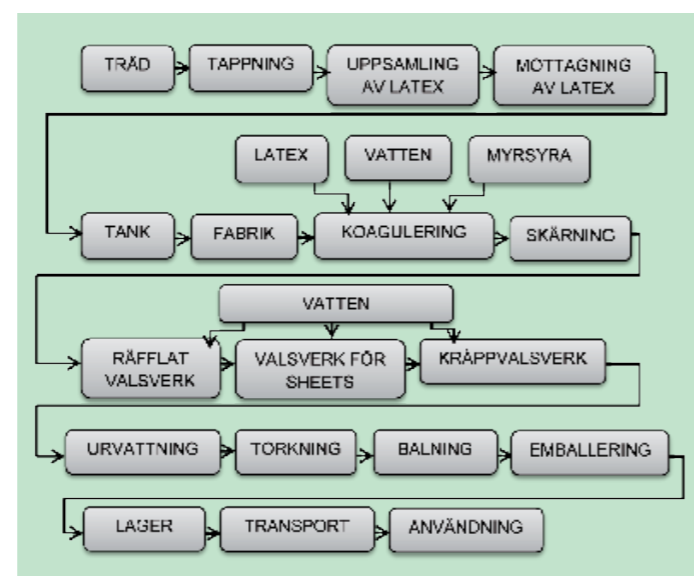
Figur 1 Latexpartikel omsluten av icke-gummi-substanser



Förutom den latex som samlas upp i skålarna tillvaratas även *cup lumps*, det vill säga rester av latex som lämnats i och utanpå skålen vid tappningen och koagulerat där under inverkan av bakterier. Så kallad *lace* tillvaratas också, vilket är självkoagulerade trådar av gummi som bildats runt tappnings-skåran. Cup lumps och lace går under den gemensamma beteckningen *field coagulate*, här kallat fältkoagulat. Tillsammans med den uppsamlade latexen utgör det råvara för ett stort antal naturgummityper.



Figur 2 Från träd till användning:



4 Gelgummi utgör den del av gummit som är olösligt i ett visst lösningsmedel
5 Sologummi utgör den del av gummit som är lösligt i ett visst lösningsmedel

NATURGUMMI (NR) Del 2/3

Koncentrerad gummilatem (Preserved Latex Concentrates)

Färsk latex bevaras i flytande form genom att pH-värdet höjs med tillsats av ammoniak. Därefter centrifugeras, gräddsätts¹ eller indunstat² latexen för att erhålla en mer koncentrerad, oftast 60-procentig produkt. Vanligast av dessa metoder är centrifugering.

För att erhålla den mest lämpliga konsistensen för olika användningsområden tillsätts varierande mängd ammoniak till koncentratet. Största delen av produktionen utgörs av High Ammonia Latex (HAL) eller Low Ammonia Latex (LAL) i vilken ingår förutom ammoniak en mycket låg halt accelerator av tiuramtyp.

Krav på latex av centrifugerade och gräddsatta respektive indunstate typer återfinns i ISO 2004 och ISO 2027.

För att sänka transportkostnaderna och möjliggöra lång lagringstid, kan latexen överföras till ett fint pulver genom att den atomiserats³ och torkas med varmluft.

Tekniskt specificerat naturgummi (Technical Specified Rubbers) (TSR)

Det äldre, konventionella sättet att klassificera naturgummi, som beskrivs nedan under rubriken arkgummi, sker visuellt och har många nackdelar. Den klassificeringen grundar sig på en subjektiv bedömning och endast synliga skillnader observeras och systemet saknar en teknisk beskrivning. Utvecklingen av ett system baserat på tekniska krav blev ett stort steg framåt mot mer sofistikerad klassificering av naturgummi.

ISO publicerade första gången 1964 en teknisk standard för naturgummi, ISO 2000. Med denna standard som grund introducerade Malaysia året därpå en nationell standard, Standard Malaysian Rubber (SMR). Efter det har flertalet länder som producerar naturgummi utarbetat nationella standarder baserade på ISO-standarderna och idag står TSR-specificerat naturgummi som nämnts för ungefär 60 procent av världsproduktionen av naturgummi.

TSR är alltså naturgummi klassificerat på tekniska grunder och parametrar. Standardiserade internationella kontrakt för TSR anammades första gången av International Rubber Association i september 1971 vid dess konstituerande möte.

Benämning på TSR-standard i olika länder

TSR	Land	Benämning
SMR	Malaysia	Standard Malaysian Rubber
SIR	Indonesien	Standard Indonesian Rubber
SSR	Singapore	Specified Singapore Rubber
SLR	Sri Lanka	Standard Lanka Rubber
TTR	Thailand	Thai Tested Rubber
NSR	Nigeria	Nigerian Standard Rubber
ISNR	Indien	Indian Standard Natural Rubber
SVR	Vietnam	Standard Vietnamese Rubber
SPR	Filippinerna	Standard Philippine Rubber

Ett av målen med ett tekniskt baserat klassificeringssystem var att införa nya transport- och leveransformer. TSR levereras på pall och varje pall består av 36 balar á 33,3 kg, undantaget ISNR från Indien vars balar väger 25 kg/st. Balarna är inplastade i polyetenfolie som är dispergerbar och kompatibel med gummi och som smälter när gummit bearbetas i blandningsmaskinen vid en temperatur av cirka 100 °C.

Naturgummi är tekniskt klassificerat i överensstämmelse med följande regler, vilka är inkorporerade i respektive lands nationella standard:

A-Technical Specifications: Som nämnts är TSR klassificerad utifrån tekniska egenskaper i stället för visuella bedömningar. Tekniska parametrar uttrycks i max- och minvärden, vilka finns fastställda i TSR-systemet. För varje kvalitet ställs krav i fråga om smuts, aska, kväve och plasticitet. Provmethoderna är fastställda av ISO.

B-Packing Specifications: Specifikation med krav på nominella dimensioner och vikt av balarna och häckarna, liksom särskilda krav på förpackningsmaterialet.

C-Registration: Leverantörer av TSR måste registreras hos respektive lands registreringsmyndighet och utfärdat certifikat skall bifogas leveransen. Balar med TSR skall vara märkta med en specifik symbol och ange aktuell TSR-beteckning.

TSR-framställning

De olika kvaliteterna av TSR framställs från såväl ren latex som från fältkoagulat, bestående av cup lumps och lace eller från bitar av arkgummi. För de typer som tillverkas av latex späds latexen först till cirka 20 procent torrhalt. Därefter rörs myrsyra (0,5 %) eller ättiksyra (1 %) ned i latexen varvid gummit på grund av det sänkta pH-värdet koagulerar. Koagulatet består av en vit, mjuk och svampig massa. Efter några timmar pressas koagulatet flera gånger genom valsverk och kvarvarande syra och andra icke-gummimaterial tvättas bort med vatten. Arken hängs slutligen upp på bommar för torkning och pressas därefter till balar.

TSR-CV

TSR-L

TSR-5

TSR-10

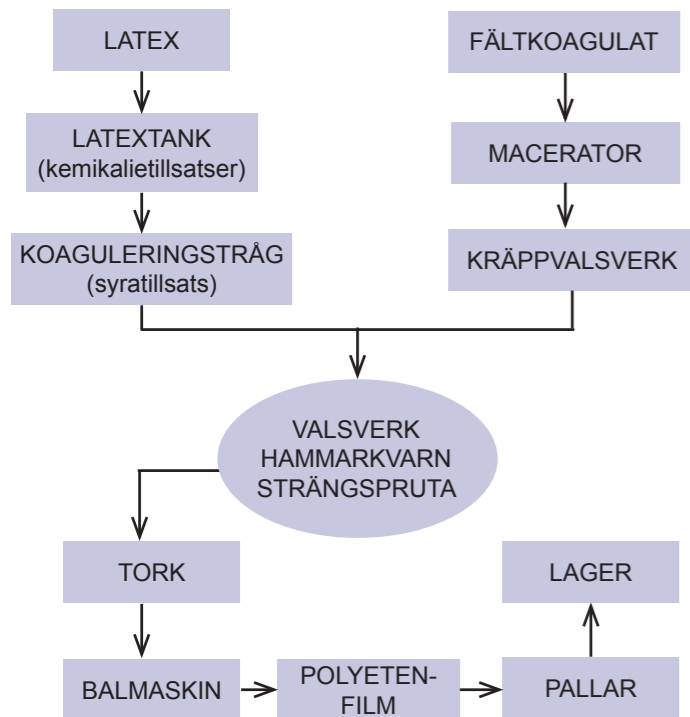
TSR-20

TSR-50

1 Gräddsättning, separation av en koncentrerad fraktion av en emulsion från huvuddelen av emulsionen
2 Indunsta/indunstning är ett sätt att genom förångning koncentrera en lösning eller suspension
3 Atomiserat - latexen finfördelas genom till exempel spraytorkning med dysor eller spridare under högt tryck

Vid tillverkning från fältkoagulat och arkgummi används främst två olika metoder, antingen en process kallad Heveacrumb-process eller Dynatprocess. I den första metoden pressas materialet genom valsverk med friktion mellan de räfflade valsarna så att materialet bryts ned till pulver (*crumbs*) som komprimeras till balar. I den andra metoden granuleras materialet med hjälp av roterande knivar varefter det tvättas och torkas vid en temperatur upp mot 140 °C och därefter komprimeras.

Framställning av TSR



TSR-klassificering

ISO-standarden består av följande sex kvaliteter av TSR.

TSR-CV - CV står för konstant viskositet. Denna kvalitet är framställd av enbart latex och har en fastställd Mooney-viskositet. För att erhålla en stabil viskositet tillsätts hydroxylaminhydroklorid i storleksordningen 0,15 procent. Denna fungerar som stabilisator i latexen. Hänsyn tas till att gummi i viss mån hårdnar vid lagring. TSR-CV är normalt ett mjukare gummi än konventionellt TSR. Detta tillsammans med att viskositeten är konstant innebär att masticering inte krävs, vilket ger klara kostnadsfördelar jämfört med övriga typer. Vid blandning på öppet valsverk bildar gummit nästan omedelbart en sammanhängande fäll.

Ytterligare fördelar med TSR-CV är:

- Minskning av blandningstiden och därmed högre produktivitet.
- Lägre energiförbrukning i tillverkningsprocessen.
- Bättre motstånd mot att bitar slits bort från däckets slitbana vid vissa typer av påkänningar, så kallad ”chunking”.
- Ökad råhållfasthet.

TSR-CV levereras med olika Mooney-viskositet, vanligast är kvaliteterna CV50 och CV60. Detta är kvaliteter som ofta blandas med andra typer av naturgummi i syfte att styra kostnader och balansera egenskaper, bland annat blandningsegenskaper.

TSR-L - Denna kvalitet är ljus till färgen och framställs av

högkvalitativ latex. TSR-L har ett lågt ask- och smutsinnehåll. Fördelarna är dess ljusa färg, tillsammans med dess renhet och goda åldringsbeständighet. TSR-L visar hög draghållfasthet och stor brottöjning i det vulkade materialet.

TSR-5 - Denna kvalitet är framställd av färskt fältkoagulat och *Air Dried Sheet (ADS)*, lufttorkat arkgummi eller *Smoked Sheet Rubber (RSS)*, rökt arkgummi som ännu inte gått igenom röningsprocessen. Båda gummityperna beskrivs nedan. Siffran 5 anger att smutshalten får vara max 0,05 procent.

TSR-10 - Denna kvalitet framställs av rent och färskt fältkoagulat eller av sheets som är orökt. Smutshalten i TSR-10 tillåts vara 0,1 procent.

TSR-10 har goda tekniska egenskaper som är i paritet med de bättre typerna av sheets och har i jämförelse med dessa följande fördelar:

- Lägre viskositet
- Lättare nedbrytning vid blandning
- Den tekniska klassificeringen

TSR-20 - Med hänsyn taget till kvantitet är TSR-20 en mycket viktig kvalitet av teknisk klassificerad naturgummi. Den framställs främst av fältkoagulat samt lägre kvaliteter av rökt såväl som orökt arkgummi. TSR-20 har goda processegenskaper och mekaniska egenskaper. Dess låga viskositet och därmed bättre blandningsegenskaper jämfört med arkgummi, minskar avsevärt masticerings- och blandningstiden.

TSR-50 - Denna kvalitet som tillåts innehålla upp till 0,5 procent smuts utgör därmed den lägsta av TSR-kvaliteterna och framställs av torkat fältkoagulat eller delvis deklasserat avfallsgummi.

TSR-specifikation (källa: ISO 2000)

Parameters	Quality					
	TSR-CV	TRSL	TSR-5	TSR-10	TR-20	TSR-50
Dirt (max) % wt	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,50
Ash (max) % wt	0,60	0,60	0,50	0,75	1,00	1,50
Nitrogen (max) % wt	0,60	0,60	0,50	0,60	0,60	0,60
Volatile matter (max) % wt	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Initial Wallace Plasticity Po (min)		30	30	30	30	30
Plasticity Retention Index PRI (min)	60	60	60	50	40	30
Colour Lovibond Scale (individual value, max)		6				
Mooney viscosity (ML1+4, 100 °C) (units)	60±5					

Bland kraven i tabellen ovan ingår ett minvärde på Plasticity Retention Index, PRI. Detta värde anger gummits motstånd mot nedbrytning genom oxidation vid förhöjd temperatur, en egenskap som har betydelse både för tillverkningsprocessen och för den färdiga produkten. PRI-provningen består av mätning av Wallace-plasticiteten (WP)¹ före och efter åldring av gummit i 30 minuter vid 140 °C. Indexet PRI är åldrat WP i procent av oåldrat WP.

¹ Wallaceplasticitet/Wallace plastometer är ett instrument i vilket materialets plasticitet mäts genom sammantryckning

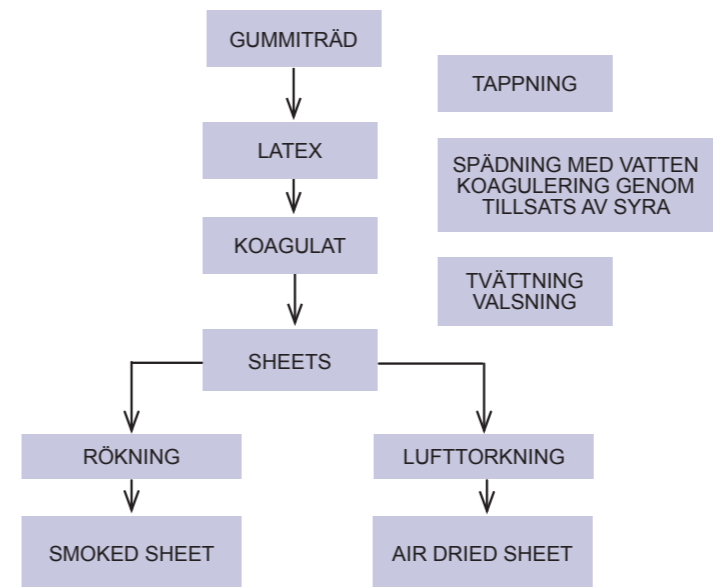
Sheets (arkgummi)

Dessa typer av gummi klassificeras enligt IRQPC (International Rubber Quality and Packing Conference) och bedöms med utgångspunkt från en standarbeskrivning och är ett kommersiellt gångbart system för att klassificera naturgummi. Det innebär att en sändning efter en visuellt genomförd undersökning klassificeras. Normalt gäller för naturgummi, ju renare gummi, ju ljusare färg och ju jämnare egenskaper, desto högre kvalitet.

Systemet som återfinns i ”The Green Book” utvecklades först av Rubber Manufacturers Association (RMA) och sammanställdes av IRQPC. Ett antal icke tillåtna företeelser är uppsatta för sheets; oxiderade fläckar och ränder, mjuka, under- eller överrökta bitar och ogenomskinliga eller brända ark. Gummit måste vara rent och fritt från främmande ämnen, såsom bark, rost och sand och vara helt felfritt. Se tabellerna nedan vad som inte är tillåtet och vad som kan accepteras för de olika kvaliteterna.

Framställning av sheets

Två olika former av sheets saluförs på marknaden, nämligen Ribbed Smoked Sheet (RSS) och Air Dried Sheet (ADS) varav RSS är den mest vanliga.



Vid framställning av smoked sheet tappas latexen i en långsträckt tank. Utspätt koaguleringsmedel (myrsyra) rörs ned i latexen och skiljeväggar placeras i tanken, där det långsamt bildas koagulat i facken. Totalt tar koaguleringen cirka 16 timmar. Skiljeväggarna lyfts därefter bort och koagulatet valsas ut och avvattnas på grovt räfflade valsar. Valsarna ger arken ett typiskt ribbmönster som bildar luftfickor när de packas. Mönstret underlättar även torkningen och gör det lättare för slutanvändaren att dra isär arken.

Sheets tvättas inte lika noggrant som TSR och crepes och kommer därför att innehålla högre proportioner av serumbeståndsdelar, något som kan orsaka mögel. För att förhindra utveckling av mögel utförs rökning genom att arken hängs upp på bommar för att torka i rökhus i en till sju dagar i cirka 60 °C. Elden matas med färska träd, till exempel Hevea Brasiliensis och kokospalm och röken leds upp till de upphängda arken i den övre våningen av rökhuset. I röken bildas fenoler som skyddar gummit från att angripas av mögel. Det är rökningen som ger arkgummi den rödbruna färgen och den karakteristiska lukten som präglats av eldningsmaterialet.

Endast ren naturgummilatex som koagulerats med syra, tillverkats som ark, torkats riktigt och röckts får användas till RSS. Nedan beskrivs olika typer av Ribbed Smoked Sheet, RSS.

Innan gummit kvalitetsmärks som RSS, separeras och inspekteras arken och fläckar skärs bort för hand och defekt material plockas bort. Arken pressas samman och packas till balar och sveps därefter in i ett skyddsark. Ytterhöljet på balen skyddas mot oxidation genom att det stryks på en gummilösning innehållande talk och kaolin.

Air Dried Sheet(ADS) framställs, som visas i flödesschemat ovan, på samma sätt som RSS med undantag av att natriumbisulfat tillsätts för att bibehålla den ljusa färgen och att arken torkas i varmluft i stället för i rök. Det kreosotiska ämne som finns i röken vid torkning av RSS fastnar på arken och förebygger mögeltillväxt. Som en följd av detta har inte ADS ett lika gott skydd mot bakterieangrepp som RSS har. ADS är något mer transparent och har en mindre frän lukt. Röktorkning som används för RSS är billigare än varmluftstorkning.

Klassificering enligt IRQPC av sheets

Tabell nedan visar en sammanfattning av kriterierna för sheets. Av tabellen framgår att desto mörkare färg desto lägre kvalitet och noteras kan att RSS 1 i praktiken är den högsta kvaliteten och RSS 4 en typisk lägre kvalitet.

I kommentarer till IRQPC:s tabeller beskrivs i detalj omfattningen av tillåtna mängder av rost, mögel och liknande. För de lägre kvaliteterna beskrivs också mängden av tillåtna främmande partiklar, exempelvis bark men även hur mycket klabbighet och överrökta partier som är tillåtet.

Sammanfattning av krav på sheets

Kvalitet	RSS 1 X	RSS 1	RSS 2	RSS 3	RSS 4	RSS 5
	Mögel	nej	mycket obetydligt	obetydligt	obetydligt	obetydligt
Mögel på ytterhölje	nej	nej	mkt obetydligt	obetydligt	obetydligt	obetydligt
Ogenomskinligt/fläckar	nej	nej	nej	obetydligt	obetydligt	obetydligt
Överrökta fläckar	nej	nej	nej	obetydligt	obetydligt	obetydligt
Oxiderade fläckar	nej	nej	nej	nej	nej	saknas info
Brända ark	nej	nej	nej	nej	nej	nej

NATURGUMMI (NR) Del 3/3



Crepes

Som tidigare framhållits har crepes minskat kraftigt i användning under senare år. De olika typerna av crepe indelas i *latex crepe* och *field coagulate crepe* beroende på råvaran. Den viktigaste typen är i dag latex crepe även kallad Pale Crepe Rubber (pale crepe) som tillverkas ur ren, förstklassig latex. Pale crepe används för tillverkning av ljusa gummidetaljer och exempelvis i farmaceutiska applikationer där risk för allergiska reaktioner föreligger.

Vid tillverkning av pale crepe koaguleras latexen på så sätt som beskrivits för latexbaserat TSR. Latexen tas från träd med låg halt av gult pigment (karotin). Önskas extra ljust crepe byts en tredjedel av myrsyra ut mot oxalsyra och natriumbisulfit tillsätts för att förhindra att gummit skall mörkna. Koagulatet består av en vit, mjuk och svampig massa. Efter några timmar pressas koagulatet flera gånger mellan valsar, så kallad *crepers* (kräppvalsverk) och kvarvarande syra och andra icke-gummimaterial tvättas därefter bort genom att gummit besprutas med vatten. De tunna arken hängs slutligen upp för att lufttorkas i omgivningstemperatur och packas därefter till balar som är klara för transport.

För vita och transparanta gummidetaljer tillverkas en speciell kvalitet av pale crepe som framställs i en koaguleringsprocess i två steg: en mindre och gulare del av gummit falls först ut eftersom den innehåller mer karotin, därefter kan ett extra vitt gummi koaguleras i det andra steget av koaguleringsprocessen.

En specialvariant av pale crepe är *sole crepe*, vilket som namnet anger används till rågummisulor. Detta är den enda slutprodukt som tillverkas i latexindustrin och består av 2-12 mm tjocka plattor som för hand pressats ihop från de tunna koagulerade arken.

Klassificering enligt IRQPC av Pale Crepe Rubber

Tabellen högst upp till höger visar en sammanfattning av kriterierna för crepes. Beskrivningen stämmer överens med den i ”The Green Book”.

På samma sätt som i IRQPC:s tabell för arkgummi beskrivs i kommentarer hur de högsta kvaliteterna i klass 1 inte får innehålla några orenheter eller ha färgvariationer. För de lägre kvaliteterna accepteras mindre avvikelser i färg medan inga främmande partiklar är tillåtna.

Sammanfattning av krav på crepes

Klass	1 X	1 X	1 X	1	1	1	2
Kvalitet	Thin White Crepe	Thick Pale Crepe	Thin Pale Crepe	Thin White Crepe	Thick White Crepe	Thin Pale Crepe	Thick Pale Crepe
Färg	mycket vit	ljus	ljus	vit	ljus	ljus	något mörk
Jämnhet	jämn	jämn	jämn	något mörk	något mörk	något mörk	något mörk
Fläckar/strimmor/bark	nej	nej	nej	<10 % av balarna	<10 % av balarna	<20 % av balarna	<20 % av balarna
Lukt	nej	nej	nej	nej	nej	nej	nej
Damm	nej	nej	nej	nej	nej	nej	nej
Oljestänk	nej	nej	nej	nej	nej	nej	nej
Oxidation	nej	nej	nej	nej	nej	nej	nej

Sammanfattning av krav på vulkad naturgummi

I den mån framställning sker av crepes i lägre kvaliteter används för dessa fältkoagulat såsom vid TSR-framställning. De typer som finns specificerade i IQRPC omfattar följande:

Estate Brown Crepe (EBC)	Framställt av <i>estate cup lumps</i>
Thin Brown Crepe (Remills)	Framställt från cup lump, lace, örökt arkgummi och otorkat koagulat
Thick Blanket Crepe (Amber)	Framställt av cup lumps, lace, örökt arkgummi och otorkat koagulat
Smoked Blanket Crepe	Bestående av enbart RSS-bitar
Combo Crepe	Bestående av cup lumps, lace, RSS-bitar och otorkat koagulat
Flat Bark Crepe	Bestående av alla typer av avfall inklusive avfall samlat från marken

Sammanfattning av krav på vulkad naturgummi

Ovan beskrivna typer är specificerade i IRQPC med angivande av tillåten missfärgning, fukt, förekomst av främmande partiklar, tecken på oxidation eller andra avvikelser.

Specialvarianter av naturgummi

Oljeutdrygat naturgummi (OE-NR)

Oljeutdrygat naturgummi (OE-NR)¹ framställs genom sam-polymerisation av naturgummi och en emulsion av mineralolja. OE-NR används främst vid tillverkning av vinterdäck eftersom det visat sig minska sladdrisken på halt underlag.

Kimröksmasterbatch

Kimröksmasterbatch med naturgummi. En vattendispersion av kimrök inblandas i naturgummilatex, varefter blandningen koaguleras. Detta ger även en god dispersion av finkornig kimrök. Finkornig kimrök kan annars vara svår att i blandningsprocessen dispergera i fast naturgummi.

Partiellt tvärbundet naturgummi (SP-rubber)

Partiellt tvärbundet naturgummi, SP-Rubber där SP står för Superior Processing kallas även PA-Rubber (Process Aid Rubber). Denna typ tillverkas genom att man blandar ovulkad och vulkad naturgummilatex och därefter koagulerar blandningen. Vanligaste SP-typerna är SP-20 som består av 20 delar vulkat och 80 delar ovulkat naturgummi och PA-80 med det omvända förhållandet och slutligen en oljeutdrygad variant av PA-80 benämnd PA-57. Gummit som levereras i såväl sheets som crepes karakteriseras av goda bearbetningsegenskaper, främst ökad släthet vid strängsprutning och kalandrering.

Skim rubber

Skim Rubber framställs av skim latex. Det är en typ av naturgummi som tillverkas som en biprodukt vid framställning av koncentrerad latex. Den har mycket låg torrhalt, 3–7 procent. Samtidigt har materialet låg smutshalt. Koagulering av skim latex kan antingen ske spontant eller med hjälp av syra-tillförsel. I övrigt framställs skim rubber på samma sätt som smoked sheet.

Flytande naturgummi (LNR)

Flytande naturgummi, LNR² framställs genom depolymerisering av naturgummi, antingen genom bearbetning av gummit en viss tid vid 220-240°C eller genom en redoxreaktion³ med fenylylhydrasin i luft. LNR används bland annat som bindemedel i slipskivor och i tryckeribranschen.

Polymetylmetakrylatympat naturgummi (MG-Rubber)

Polymetylmetakrylatympat naturgummi, MG-Rubber⁴ framställs genom att metylmetakrylatmonomer reagerar i naturgummilatex med hjälp av en initiator. MG-Rubber finns med olika halter av metylmetakrylat och har mycket hög drag-spänning vid låg töjning. Det används främst för tillverkning av lim och i skoindustrin.

Polystyrenympat naturgummi (SGNR)

Polystyrenympat naturgummi, SGNR⁵ används vid cellgummi-produktion.

Proteinfritt naturgummi (DPNR)

Proteinfritt naturgummi, DPNR⁶ är en ren form av naturgummi med mycket låg kväve- och smutshalt. DPNR framställs oftast med hjälp av ett enzym som hydrolyserar proteinet till en vatten-löslig form vilken tvättas bort senare i processen. DPNR används bland annat i gummi för elektriska applikationer.

Derivat av naturgummi

Klorerat naturgummi

Klorerat naturgummi framställs genom att klor i gasform leds in i antingen latex eller i fast gummi som lösts i ett lösningsmedel till dess blandningen innehåller 65 procent klor. Produkten är svårantändbar och har mycket god kemikaliebeständighet och används främst i korrosionsskyddande färg och i lim.

Epoxiderat naturgummi (ENR)

Epoxiderat naturgummi, ENR⁷ har egenskaper som naturgummit i sig saknar, såsom oljebeständighet, hög dämpning och låg gaspermeabilitet. ENR tillverkas med två olika nivåer av epoxidering, ENR 25 och ENR 50 med 25 respektive 50 molprocentig epoxidering. Materialet har på senare tid tilldragit sig ett ökat intresse bland bildäcksproducenter då det vid förstärkning med kiseldioxid bidrar till ett bra våtgrepp och lågt rullmotstånd. Stora försöksserier av däck med slitbanor base-rade på ENR och tillverkade huvudsakligen av icke-petroleum-baserade råvaror har av japanska däckproducenter presenterats på marknaden.

Cykliserat naturgummi

Cykliserat naturgummi är ett hårt och sprött termoplastiskt derivat av naturgummi som framställts genom att naturgummi behandlats med exempelvis svavelsyra, tennklorid och fluorider. Cykliserat naturgummi används för att åstadkomma hårda gummi-blandningar, till exempel i skosulor och som bindemedel i färg.

Termoelastiskt naturgummi (TPV-(NR+PP))

Termoelastiskt naturgummi, TPV-(NR+PP)⁸ är en typ av dynamiskt vulkad termoelast baserad på naturgummi blandat med polypropen. Materialets egenskaper behandlas i bokens kapitlet om termoelaster.

Receptsammansättning av fast naturgummi

Polymerblandningar

Naturgummi är en opolär polymer vilket innebär att den lätt kan blandas med ett stort antal andra opolära syntetiska gummityper. Blandningar av naturgummi och styregummi (SBR) eller butadiengummi (BR) eller regenererat gummi (*reclaim*) förekommer därför ofta.

Det är även möjligt att blanda naturgummi med polära polymerer, såsom nitrilgummi (NBR) eller kloroprengummi (CR). Dessa blandningar förekommer då materialspecifikationen med-ger att exempelvis oljebeständigheten kan minskas. Skälet till att man blandar naturgummi med dessa gummityper kan vara att man vill utnyttja naturgummits goda elasticitet och slitstyrka

^[1] OE-NR står för Oil Extended Natural Rubber

^[2] LNR står för Liquid Natural rubber

^[3] Redoxreaktion står för samtidig reduktion och oxidation

^[4] MG-Rubber står för Methacrylate Grafted Rubber

^[5] SGNR står för Styrene Grafted Natural Rubber

^[6] DPNR står för Deproteinized Natural Rubber

^[7] ENR står för Epoxidized Natural Rubber

^[8] TPV-(NR+PP) står för dynamiskt vulkad blandning av NR och PP och benämns ibland även TPNR som står för Thermoplastic Natural Rubber

eller att man önskar tillföra blandningen naturgummits goda klibbegenskaper. En kostnadssänkning kan också åstadkommas på detta sätt.

Vid blandning av naturgummi med andra polymerer måste givetvis vulkssystemet anpassas så att det motsvarar båda polymerernas behov. Detta kan vara ett problem i blandningar med polymerer som halogenerat butylgummi och EPDM som besitter helt andra vulkegenskaper än naturgummi.

Vulkssystem

Även om naturgummi kan vulkas med peroxid så är vulkning med svavelvulkssystem helt dominerande. Jämfört med flertalet syntetiska gummityper krävs i allmänhet något högre svavelhalt (2-3 phr¹) och något lägre acceleratormängd cirka 0,3–1,2 phr. Svavel kan även ersättas med svavelavgivare men då krävs en ökad halt acceleratorer liksom även vid låga svavelhalter. Med korrekt sammansatt vulkssystem är naturgummi-blandningar både anvulkningssäkra² och lagringsdugliga.

Skyddsmedel

Eftersom omättnadsgraden³ är hög hos naturgummi krävs goda skyddssystem för åldrings- och ozonbeständighet. För detta ändamål används antioxidant, antiozonant och vaxer i naturgummimaterial som skall brukas i förhöjd temperatur och/eller utomhus.

Fyllmedel och mjukmedel

Som tidigare framhållits kristalliserar naturgummi under töjning och god hållfasthet erhålls därför även på ett ofyllt naturgummimaterial. Detta är möjligt med mycket få syntetiska gummityper. För att uppnå andra tekniska krav på gummi-materialet, exempelvis rätt hårdhet och modul, nötningsmotstånd och rivhållfasthet används emellertid i allmänhet såväl förstärkande som icke-förstärkande fyllmedel. De vanligaste förstärkande fyllmedlen är kimrök och kiseldioxid. Kaolin och krita är exempel på icke-förstärkande utdrygande fyllmedel. Hårdhet, modul och bearbetningsegenskaper modifieras med hjälp av mjukmedel av typen mineralolja.

Bearbetningsegenskaper

Bearbetningsegenskaperna är goda hos naturgummi och oftast bättre än för många syntetgummityper. Detta kan bland annat förklaras med att basutrustning för gummibearbetning såsom valsverk, blandningsmaskiner, kalandrar och strängsprutor genom sin tidiga utveckling anpassades just till hur naturgummit beter sig.

Vid blandning av naturgummimaterial kan krävas en masticering för att bryta ned den starka nerv som finns i gummit. Med nerv eller nervighet menas den deformerbarhet som finns hos ovulkat gummi. Gummits nerv medför att materialet efter bearbetning, till exempel valsning får en ojämn yta. Med det stora utbud av naturgummikvaliteter som finns idag kan man dock i många fall välja lämplig typ med viskositet anpassat till ändamålet och därigenom i hög grad korta ner tiden för masticering eller möjligen helt undvika denna del i processen och

därigenom höja produktiviteten. När masticering fordras utförs den oftast i samma operation som blandningen.

Blandningsarbetet görs i allmänhet i en sluten så kallad kammar-blandare⁴. Vid blandning av förblandningar utan tillsats av vulk-kemikalier kan man tillåta att temperaturen går upp till cirka 140-150 °C. För blandningar innehållande vulkkemikalier bör emellertid inte temperaturen överstiga cirka 110 °C.

Med rätt utförd masticering och lämpligt val av naturgummityp ger naturgummi slät yta vid kalandring och strängsprutning. Materialets goda råhållfasthet och ståndfasthet bidrar också till goda bearbetningsegenskaper.

För många processer krävs att man i tillverkningen har material som lätt fäster till sig själv (klibbar) under uppbyggnad av den ovulkade produkten. Naturgummit har en i detta hänseende oöverträffad klibbförmåga jämfört med syntetgummityperna.

Vulkanisatets egenskaper

Egenskaperna hos vulkat naturgummi kännetecknas i första hand av:

- God hållfasthet
- Hög slitstyrka
- Hög elasticitet
- Låg dämpning
- Hög studselasticitet
- God köldbeständighet

Den låga dämpningen medför att värmegenereringen (*heat-build-up*) vid dynamisk påkänning blir låg.

De goda mekaniska egenskaperna erhålls, som framgått tidigare, även i ofylld naturgummiblandningar på grund av naturgummits förmåga att kristallisera vid töjning. Detta medför att man kan kombinera låg hårdhet i området 30-40 IRHD5 med hög dragbrottgräns, upp mot 20-25 MPa.

Sättning och kvarstående deformation efter tryck- respektive dragpåkänning är god vid måttliga temperaturer. Naturgummit har också god beständighet mot icke-oxiderande syror och ett stort antal kemikalier.

Användningsområdet ligger väsentligen mellan -40 och +70 °C.

Naturgummi kan också användas för tillverkning av hårdgummi (ebonit) som är ett gummi med så hög svavelhalt att materialet förlorat sin gummikaraktär och blivit hårt och styvt. Hårdgummi har dåliga mekaniska egenskaper men har utmärkt god kemisk resistens och används därför exempelvis som korrosionssskyddande beklädnad av metall.

Till naturgummits nackdelar räknas främst begränsad värme- och ozonbeständighet samt att materialet inte är beständigt mot oljor och bränslen utan sväller kraftigt, till exempel i bensin och motorolja.

När vi i kommande avsnitt behandlar de olika syntetgummi-typerna används ofta naturgummi som ett referensmaterial, vilket innebär att när det till exempel anges att en gummityp har god värmebeständighet så är det i jämförelse med just naturgummi.

Användningsområden

Naturgummit har med sin unika kombination av kemiska och mekaniska egenskaper behållit en ledande position trots den enorma utvecklingen av syntetgummityper som skett under de senast sjuttio åren. Som nämndes inledningsvis utgör naturgummi över 40 procent av all gummiförbrukning.

Prognoser för de närmast kommande åren indikerar snarare en ökad än minskad andel naturgummi, vilket förklaras bland annat med ökad användning av tunga fordon i entreprenadindustrin. Däckindustrin är den största förbrukaren av naturgummi, främst då för tunga däck och vinterdäck för personbilar.

En annan stor produktgrupp där naturgummi dominerar är vibrationsisolering i såväl fordons- och verkstadsindustrin som i anläggningsverksamheter.

Naturgummi används i stor utsträckning för transport av slitande material i slangar och som skydd mot slitage i anläggningar, exempelvis inom gruvindustrin, samt som kemikalieskydd i kemisk industri och cellulosaindustri.

Sammanfattning av ett antal typiska produkter som är baserade på naturgummi:

- Däck till entreprenad-, skogs- och jordbruksmaskiner
- Vinterdäck för personbilar
- Massiva däck till truckar med mera
- Vibrationsisolatorer (dämpare) till fordon och maskiner
- Bärlager för broar och byggnader
- Slitskydd till bland annat gruvindustrin
- Kemikalieskyddande beklädnader av metallbehållare
- Slangar för slitande gods

^[1] phr står för per hundred rubber

^[2] Anvulkning är en önskad begynnande vulkning som orsakas av uppvärmning under bearbetning

^[3] Omättnadsgrad anger den mängd dubbelbindningar som finns mellan kolatomerna

^[4] Kammarblandare/sluten blandare är en blandare med två vingförsedda rotorer, som arbetar mot varandra i en sluten kammare

^[5] IRHD står för International Rubber Hardness Degrees