

PRODUCTIE VAN BANDEN

VACO

Vereniging VACO, Bedrijfstakorganisatie
voor de Banden- en Wielenbranche

Postbus 33, 2300 AA Leiden
Archimedesweg 31, 2333 CM Leiden
Telefoon (071) 568 69 70
Fax (071) 568 69 71
E-mail vaco@kcleiden.nl
Internet www.vaco.nl



Colofon

Hoewel Stichting SUBP bij het samenstellen van deze uitgave uiterste zorgvuldigheid heeft betracht, kan zij op geen enkele wijze aansprakelijkheid aanvaarden voor schade ten gevolge van onvolledigheden of onjuistheden in deze uitgave.

Niets uit deze uitgave mag op welke wijze dan ook worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt, zonder schriftelijke toestemming van Stichting SUBP.

Redactie	Stichting SUBP
Tekst	Stichting SUBP
Vormgeving	Branchekompas b.v.
Fotografie	Brigitte Dompig
Druk	Grafisch Compleet

Met speciale dank aan:

Vredestein Banden b.v. & Yokohama Nederland B.V.

INTRODUCTIE

Bij banden denken de meeste mensen aan de zwarte banden die onder de auto zitten, noodzakelijk voor vervoer. Een band is echter veel meer. Dankzij de technologische ontwikkelingen kunnen we spreken van een hoogwaardig high-tech product.

De geschiedenis van banden gaat terug tot halverwege de 19^{de} eeuw. In die tijd ontwikkelde de Schot Robert W. Thomson de volrubberen band. De eerste luchtband werd ontwikkeld in 1888 door John Boyd Dunlop, eveneens een Schot. Deze luchtband vertoonde veel gelijkenissen met de band waarop Thomson in 1845 patent had aangevraagd. Zijn patent verliep echter onopgemerkt, terwijl dat van Dunlop op de juiste tijd kwam. Transport werd steeds belangrijker en de ontwikkelingen in de rubberindustrie waren volop in gang. In 1891 stichtte Dunlop de eerste bandenfabriek die gericht was op massaproductie.

In de loop der jaren heeft de band vele technologische ontwikkelingen doorgemaakt. Deze ontwikkelingen zijn vandaag de dag nog volop in gang. De productie van banden kan grofweg worden verdeeld in drie stappen: ontwikkeling, grondstoffenopbouw en productie. In dit boekje beschrijven we de band van grondstof tot eindproduct.



ONTWIKKELING

De markt voor autobanden is altijd in beweging, zowel aan vraagzijde als aan aanbodzijde. Allerlei factoren kunnen een verschuiving in de vraag veroorzaken. Een voorbeeld is de toegenomen verkoop van meer terreinwagens (SUV's). Maar ook een technologische vinding kan leiden tot een verbeterd aanbod. In beide gevallen staan bandenfabrikanten voor de taak om nieuwe banden te ontwikkelen.

Een nieuw type band wordt pas op de markt gebracht na een gedegen ontwikkelingsperiode, die ruwweg uiteenvalt in drie stappen: het idee, de ontwerpfase en de testfase



Idee

Het idee voor een nieuwe band volgt meestal uit een systematische en continue marktverkenning waarbij gekeken wordt naar veranderend klantgedrag. Voorbeeld is de gestegen verkoop van SUV's en dus de toegenomen vraag naar terreinwagenbanden. Als het idee voor een nieuwe band eenmaal is geboren, kunnen de tastbare ontwikkeldoelen worden geformuleerd. Ligt het accent op de sportieve eigenschappen? Of op het rijden onder wintercondities? Hoe moet de band zich verhouden tot bestaande banden? Met behulp van deze en talrijke andere vragen wordt het karakter van de nieuwe band gespecificeerd.

Eigenschappen van een band

Het rijden met een zware lading belast een band op een andere manier dan het rijden met hoge snelheid. Of een band geschikt is voor een bepaalde toepassing, hangt af van zijn specifieke eigenschappen. Zo valt er voor personenauto's onderscheid te maken tussen zomerbanden, winterbanden, all season banden, terreinbanden (SUV), etc. De eigenschappen van deze banden verschillen per type. Autobanden moeten een voldoende scoren met betrekking tot draagvermogen, grip op de weg, comfort (opvangen van oneffenheden), stureigenschappen, slijt-vastheid, aquaplaning (afvoer regenwater), zelfreinigend vermogen (modder en sneeuw), rolweerstand en geluid. Het verbeteren van één eigenschap gaat vrijwel altijd ten koste van een aantal andere eigenschappen. Er zijn 3 manieren om de eigenschappen van een band te beïnvloeden: via de constructie, via het rubbermengsel of via het profielontwerp.



Constructie

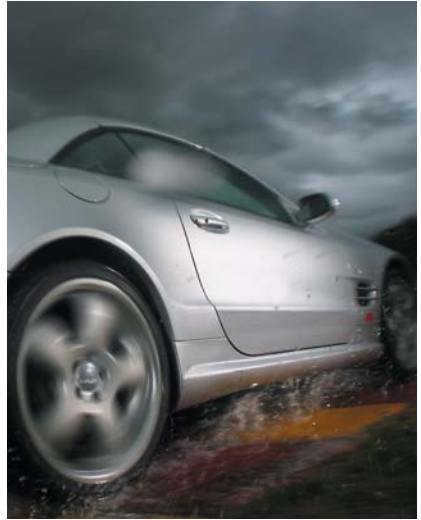
Bij hoge snelheid ondervindt een band door het ronddraaien grote centrifugaalkrachten. Om de band zijn vorm te laten behouden, krijgt deze een extra laag ter versteviging onder het loopvlak.

Rubbermengsel

Het loopvlakmengsel van een winterband moet extra zacht zijn, zodat de band ook bij zeer lage temperaturen grip blijft houden op de ondergrond.

Profielontwerp

Eigenschappen als grip op een besneeuwde weg of weerstand tegen aquaplaning, kunnen worden beïnvloed door een ander ontwerp voor het loopvlak te kiezen.



Ontwerp

De geformuleerde doelen worden nu vertaald naar een eerste ontwerp waarin de maat en verhoudingen, het loopvlak, de opbouw van de band en het rubbermengsel worden vastgesteld. Voor de maat en verhoudingen van de band bestaan internationaal gestandaardiseerde voorschriften. Pas in het loopvlakontwerp komt het karakter van de band in technische zin tot uiting.

Ook moet het uiterlijk van de band de koper aanspreken. Computersoftware analyseert het geluidsspectrum van het ontwerp. Hieruit kan volgen dat het beter is om het formaat of de volgorde van de blokken aan te passen, zodat de geluidspieken worden gespreid. De opbouw of architectuur van de band bepaalt de rijeigenschappen, zoals de maximale spoorkracht. Dit bepaalt de snelheid waarmee een bocht kan worden genomen. De opbouw beïnvloedt ook het comfort en de rolweerstand.

Tot slot wordt de receptuur van de band bepaald: het rubbermengsel en de andere materialen worden gekozen. De rolweerstand, slijtvastheid en grip van de band staan hier centraal. Even belangrijk is de mate waarin de materialen in het productieproces toepasbaar en verwerkbaar zijn.



ONTWIKKELING

Profielontwerp

Het grove profiel van een schoenzool geeft een wandelaar grip op een natte ondergrond. Ook voor banden gelden dergelijke vuistregels. Bandenproducenten verbeteren hun banden voortdurend via innovatieve vindingen met betrekking tot het profiel. Zo kan een brede centrale baan voor verhoogde koersstabiliteit en goede stuuereigenschappen zorgen. Verticale banen voeren regenwater af ter voorkoming van aquaplaning. En het asymmetrisch plaatsen van blokken van verschillende afmetingen kan het geluidsniveau van de band verlagen. Bij winterbanden zijn de lamellen onmisbaar. Dit zijn smalle stroken rubber die ontstaan door fijne inkepingen in het loopvlak. Lamellen zijn goed vervormbaar en laten daardoor gemakkelijk de aangekoekte sneeuw of modder los.



6



Testen

In verschillende stadia worden tests uitgevoerd met de nieuwe band. Meestal wordt er eerst een ontwikkelserie gefabriceerd, waarvan het loopvlak met de hand wordt gesneden. Deze banden worden getest op rijeigenschappen.

Als de nieuwe band deze tests met goed resultaat doorloopt, worden er vulkanisatievormen besteld waarmee een kleine serie banden wordt gemaakt.

Deze banden worden getest op indoor testmachines. De testeisen zijn opgesteld om een defectvrije band te garanderen.

De band wordt onderworpen aan de hoge snelheidsproef en getest op vermoeidheidsweerstand, hielsterkte en penetratieweerstand.



Met speciale testauto's kan de performance van de band worden getest op een testcircuit. De kans op aquaplaning en de lengte van de remweg worden gemeten door in een waterbak te accelereren terwijl sensoren in de auto metingen verrichten. De rijeigenschappen worden vastgesteld op racecircuits. Het gedrag van de band op ijs wordt vaak 's nachts op ijsbanen getest. Indien gewenst kunnen na de tests nog veranderingen in het ontwerp van de band worden aangebracht. Pas als alle tests zijn doorlopen, kunnen de definitieve vulkanisatievormen in verschillende maten worden besteld en kan de productie beginnen.

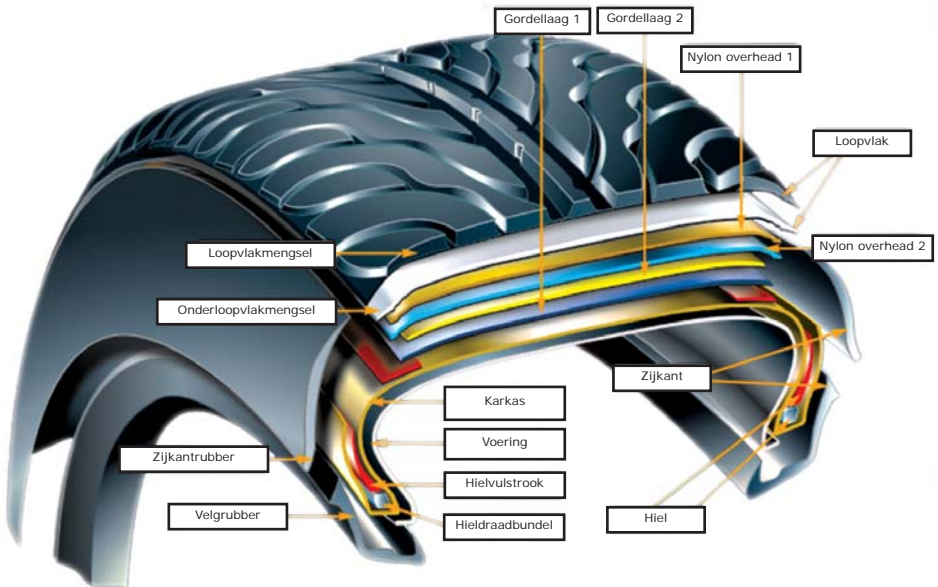


OPBOUW VAN EEN BAND

Als we een autoband doorsnijden, lijkt deze uit één geheel te bestaan. Door het vulkaniseren (chemisch uitharden) is het moeilijk om verschil te zien tussen de oorspronkelijke delen waaruit de band is opgebouwd. Toch verschillen deze delen onderling sterk. De samenstelling ervan is afgestemd op hun functie.

De belangrijkste delen van een band zijn:

- Karkas (de ply-lagen)
- Hielen
- Voering
- Loopvlak
- Gordels
- Zijkanten



Karkas

De basis van elke band is het karkas. Afhankelijk van het type autoband bestaat het karkas uit één of twee lagen kunststofvezels (polyester of rayon) ingebed in rubber. Een dergelijke laag noemen we een ply-laag. In een radiaalband liggen de vezels in de ply-lagen dwars op de rolrichting van de band.

Hielen

Het omleggen van een autoband om de velg is een karwei dat bijna niet met de hand kan worden gedaan. De reden is dat een band uiterst strak om de velg moet liggen

om de krachten van remmen en accelereren over te kunnen brengen zonder op de velg te slippen. Ook moet de afdichting luchtdicht zijn. De benodigde stevigheid wordt geleverd door staaldraad; we noemen dit de hiel.

De kern van de hiel is een pakket verbronsde en berubberde staaldraden. Dit pakket wordt in een omslag van het karkas gevouwen. Om dit goed te laten aansluiten, zonder luchtinsluiting, wordt op het dradenpakket een vulstrook aangebracht. Het harde, stugge rubber dat voor de vulstrook wordt gebruikt, geeft extra steun en stevigheid. Bij sportieve banden levert een hoge hielvulstrook ook een bijdrage aan de spoorstijfheid.

Voering

Banden worden doorgaans zonder aparte binnenband uitgevoerd. De binnenzijde van de autoband is luchtdicht gemaakt door een laag butylrubber.

Loopvlak

Het loopvlak verzorgt het contact met de weg. Het loopvlakrubber moet slijtvast zijn en ook voldoende grip op de weg hebben om krachten die optreden bij verandering van snelheid of richting op te vangen. Het profiel moet berekend zijn op het afvoeren van grote hoeveelheden regenwater.

Gordels

Op de band werken de volgende krachten:

- Zijwaarts gerichte kracht in een bocht;
- Middelpuntvliedende kracht bij snel rondraaien (hoge snelheid);
- Indeuken op een hobbelige weg.

Om deze krachten op te vangen bevinden zich tussen karkas en loopvlak 2 gordellagen. Een gordel bestaat uit staaldraden ingebed in rubber. De gordels vormen samen met het loopvlak één stijf geheel, dat vrijwel niet kan vervormen. Het houdt daardoor onder alle omstandigheden optimaal contact met het wegdek. Om dit effect te bereiken, maken de staaldraden een hoek met de rolrichting en liggen de gordellagen kruislings op elkaar. Soms ligt een extra cap ply (overhead) van berubberd nylon op de gordellaag. Het nylon krimpt tijdens latere bewerkingen en versterkt de gordellaag. Dit is voornamelijk nuttig voor het rijden met hoge snelheid.

Zijkanten

De zijkanten van een band vangen trillingen, schokken en stoten op en ze beschermen het onderliggende karkas. Door te vervormen zorgen de zijkanten dat het loopvlak ook in de bochten goed contact met de weg houdt. Zijkanten bestaan uit 2 rubbermengsels: stug rubber dat met de velg in contact komt en zacht rubber, dat bepalend is voor het rijcomfort. Speciaal voor lichtmetalen velgen wordt de zijkant van de band veelal voorzien van extra velgrandbescherming.

GRONDSTOFFEN

Een autoband lijkt vrijwel geheel uit rubber te bestaan, maar in werkelijkheid maakt zuiver rubber nog niet de helft uit van de totale hoeveelheid grondstoffen. Naast rubber bestaat een autoband uit versterkende vulmiddelen, kunststof vezels en staaldraden en chemicaliën. Vulmiddelen en chemicaliën worden aan rubber toegevoegd om de juiste eigenschappen te krijgen. Deze techniek heet **compounding**: het ontwikkelen van rubber met de juiste samenstelling.

Natuurlijk rubber

Natuurlijk rubber wordt gewonnen uit rubberbomen in de tropen (Thailand, Brazilië). Door een snee in de bast te maken, druppelt de latex naar buiten. Latex is een melkachtige massa, bestaand uit water met uiterst kleine bolletjes rubber er fijn in verdeeld. Onder invloed van natuurlijke stoffen kleven deze bolletjes niet aan elkaar. Deze bolletjes bestaan uit lange, onvertakte molecuulketens. In de rubberfabriek laat men de bolletjes samenklonteren. Men spoelt ze schoon en perst ze tot balen voor de export. Natuurlijk rubber heeft weinig weerstand tegen vervormen: het kan tot maar liefst 9 maal de eigen lengte worden opgerekt. In natuurrubber vindt minder warmteopbouw plaats door vervorming dan in synthetisch rubber. Dit is vooral van belang voor hoge snelheidsbanden en bij hoge belasting.

10

Synthetisch rubber

Synthetische rubbers, zoals butyl-rubber, butadiëen rubber en styreen-butadiëen rubber, worden langs scheikundige weg gemaakt.



Voor de geringe beschikbaarheid van natuurlijk rubber in oorlogstijd heeft de productie van synthetisch rubber sterk gestimuleerd. De reden dat er tegenwoordig nog steeds natuurrubber wordt gebruikt, is het feit dat het niet lukt om de eigenschappen van natuurrubber volledig na te bootsen. Er is veel onderzoek gemoeid met het selecteren van de juiste rubbersoort voor een bepaalde toepassing.

Vulkanisatie

Zowel natuurlijk als synthetisch rubber bestaat uit lange molecuulketens. Deze kunnen gemakkelijk langs elkaar schuiven, vooral bij hogere temperaturen. Een voorwerp van rubber kan daarom gemakkelijk blijvend worden vervormd: het is plastisch. Om de eigenschappen van rubber in een band goed te benutten moet het daarom worden ge vulkaniseerd. Vulkaniseren is een scheikundige reactie bij verhoogde temperatuur, waarbij zwavelbruggen tussen de losse rubberketens worden gebouwd. Hierdoor ontstaat een ruimtelijk netwerk. Ge vulkaniseerd rubber kan nog wel worden vervormd, maar het zal daarna zijn oude vorm weer aannemen: het is elastisch. Ook de weerstand tegen inscheuren van ge vulkaniseerd rubber is groter en het is meer slijtvast.



Vulstoffen

Vulstoffen als roet en silica verbeteren de slijtvastheid van het rubber. Hoe meer vulmiddel wordt toegevoegd, hoe sterker de grip van het rubber. De slijtvastheid vertoont een maximum. Banden hebben doorgaans een roetgehalte boven dit maximum, zodat een afweging moet worden gemaakt waarop het accent ligt voor de betreffende band: grip of slijtvastheid.

Roet

Roet ontstaat als een brandstof met te weinig zuurstof wordt verbrand. Er ontstaan dan kleine deeltjes die voornamelijk uit koolstof bestaan. Dit fijne stof wordt goed door rubber opgenomen en is verantwoordelijk voor de zwarte kleur van de band.

Silica

Silica is een anorganische vulstof, waarvan de samenstelling sterk lijkt op die van zand, maar met een andere structuur. Het is duurder dan roet. Daar staat tegenover dat het de band op vele fronten verbetert. Allereerst verbetert het de grip op de weg (kortere remweg). Daarnaast verlaagt silica de rolweerstand, wat het brandstofverbruik ten goede komt. Bovendien wordt de band slijtvast, waardoor deze langer meegaat. Als silica wordt toegevoegd is een hulpstof nodig om de binding tussen silica en rubber te verbeteren.



GRONDSTOFFEN

Niet-versterkende vulstoffen

De overeenkomst tussen roet en silica is dat beide versterkend werken. Er bestaan ook vulmiddelen die het rubber niet versterken, zoals krijt en klei. Chinese klei wordt toegevoegd aan butylrubber. Dit gasdichte rubber vormt de voering van de tubeless band. De minuscule kleideeltjes hebben de vorm van plaatjes, die de luchtdichtheid van het rubber nog verder verhogen.

Staal en kunststofkoord

Zoals staal in beton wordt toegepast om de maximale trekkrachten te verhogen, wordt rubber gewapend met staaldraad en kunststof koord. In het karkas en in verstevigingsstroken bevindt zich kunststofkoord dat aan beide zijden is berubberd. Staaldraad in de hiel houdt de band strak om de velg. Staal in de gordels zorgt voor een sterk en moeilijk te vervormen loopvlak; bovendien bemoeilijken de gordels het lekrijden van de band.



Chemicaliën

Er worden allerlei chemische stoffen aan het rubber toegevoegd om de eigenschappen te beïnvloeden. Soms wordt gewerkt met een nauwkeurigheid in grammen, op een lading van 200 kg. Veel gebruikte chemicaliën die worden toegevoegd in de receptuur van een band zijn dispergatoren, weekmakers, antidegradanten hechtingsmiddelen en chemicaliën voor het vulkaniseren.

Dispergatoren

Dispergatoren zorgen ervoor dat chemicaliën en vulstoffen zich goed door het rubbermengsel verspreiden.

Weekmakers

Weekmakers vervullen een dubbele functie: zowel in het productieproces als in het eindproduct. Deze stoffen verlagen de stroperigheid van het rubbermengsel zodat het gemakkelijker verwerkbaar wordt.

Ook het energieverbruik daalt hierdoor. Tevens beïnvloeden weekmakers de uiteindelijke stijfheid van het rubber en de plakkracht (Engels: tack).



Hoge plakkracht helpt luchtinsluiting tijdens het bouwen van de band te voorkomen; dit is immers funest voor de kwaliteit van de band.

Antidegradanten

Stoffen die aantasting van rubber door zuurstof en ozon in de lucht tegengaan, staan bekend onder de verzamelnaam antidegradanten. Deze stoffen verdedigen de band ook tegen UV-straling in het zonlicht, zodat de kleur van de band beter behouden blijft.

Hechtingsmiddelen

Staaldraad en kunststof vezels worden berubberd. De hechting van rubber aan de draden wordt verbeterd door een hechtingsmiddel toe te voegen.



Chemicaliën voor het vulkaniseren

Voor het vulkanisatieproces worden zwavel, versnellers, activatoren en vertragers toegevoegd. Een versneller versnelt het vulkaniseren als het eenmaal op gang is gebracht. Dit verhoogt de productie en bespaart energie. Een activator brengt het vulkaniseren op het gewenste moment op gang en zorgt voor een gelijkmatig verloop; deze stof werkt alleen bij hoge temperatuur. Een vertrager stelt het vulkaniseren uit, zodat het niet op een ongewenst moment begint. Bandenproducenten doen veel onderzoek naar het afstemmen van de rubbersoorten van de band, die immers tegelijk en gedurende dezelfde tijd moeten vulkaniseren.



PRODUCTIE

Met een goed ontwerp en een uitgekende rubbersamenstelling kan de productie van de band beginnen. Maar er is een lange reeks van bewerkingen nodig om van rubberbalen en andere grondstoffen een kant en klare band te maken. Dit productieproces valt uiteen in vier fasen: de rubberbewerking, de halffabricage, de bouw van de greentyre en de vulkanisatie.

Rubberbewerking

Om een breed assortiment autobanden te kunnen voeren, moeten bandenproducenten tientallen rubbermengsels produceren, uitgaande van verschillende soorten rubber, en onder bijmenging van wisselende hoeveelheden vulstoffen en chemicaliën. Dit mengen gebeurt in mengers. Een menger werkt in beginsel niet anders dan een keukenmixer bij het maken van cakebeslag. In de mengkamer kneden walsrollen met schoepen (rotoren) met grote kracht alle ingrediënten door het rubber. Het doel is een zo hoog mogelijke graad van menging te bereiken, zodat een gelijkmatig rubbermengsel (beslag) ontstaat.



14

Het kneden van rubber kost veel energie. De wrijvingswarmte die daarbij ontstaat wordt door het rubber opgenomen, zodat de temperatuur in de menger snel oploopt (tot 180°C). De hoge temperatuur verlaagt de stroperigheid van de massa, zodat het mengen gemakkelijker gaat. Toch mag de temperatuur niet ongelimiteerd worden opgevoerd; de lange molecuulketens kunnen uiteen vallen, waardoor de eigenschappen verloren gaan. Daarom wordt de menger gekoeld. Het mengen gebeurt in (minimaal) twee stappen. De reden hiervoor is dat een warm rubbermengsel dat zwavel bevat, spontaan in de menger zou kunnen vulkaniseren. Zwavel wordt daarom pas tijdens de laatste mengstap aan het voormengsel toegevoegd. De final mix (rubbermengsel met zwavel) wordt bereid bij maximaal 120°C. De mengtijd is veel korter dan tijdens de 1e mengstap.

Ingrediënten van een rubbermengsel

Rubber wordt aangeleverd in balen en pakketten en opgeslagen in het grondstoffenmagazijn. Bij aanvang van het mengproces wordt de juiste hoeveelheid afgeknipt en via een aanvoerband in de menger gebracht. Mengers kunnen gemakkelijk 200-300 kg per keer verwerken.

Vulstoffen bevinden zich in silo's buiten. Roet is voor een goede menging zo fijn verdeeld, dat het zich over grote oppervlakken kan verspreiden. Het wordt via een gesloten doseersysteem in de menger gebracht.

De meeste chemicaliën zijn poedervormig. Deze worden automatisch op recept afgewogen. Om vergissingen uit te sluiten krijgt de plastic zak met chemicaliën een codering

die overeenkomt met die van het rubber op de band. Vloeibare weekmaker wordt uit een opslagtank buiten in de menger gepompt. Chemicaliën met een gunstig smeltpunt, zoals de antidegradanten, worden in smelttanks vloeibaar gemaakt en in de menger gepompt.

Mengerij

In de mengerij worden in 2 tot 4 stappen zeer veel verschillende rubbermengsels geproduceerd. Mengers kneden vulstoffen en chemicaliën door het rubber. Het toerental van de menger, de hoeveelheid koeling en de mengtijd worden afhankelijk van het rubbermengsel ingesteld. Soms is tussenstep in het mengproces noodzakelijk. Dit 'remillen' kan bijvoorbeeld nodig zijn bij een mengsel met een hoog natuurrubbergehalte. Als dit na de eerste menging nog te taai is, zal de temperatuur tijdens de 2e mengstep (met toevoeging van zwavel) te hoog kunnen oplopen. Een andere reden om te remillen is een betere verwerking van silicahoudend rubber. De binding tussen silica en rubber komt tot stand via een koppelstof. De bijbehorende chemische reactie moet de tijd krijgen om in zijn geheel te verlopen.

Omdat de temperatuur in de menger niet te hoog mag oplopen, stroomt er koelwater door kleine kanalen in de mengerwand en de rotoren. Voor optimale controle van het mengproces kan de operator de koelwatertemperatuur zelf instellen. Als de olieachtige weekmaker wordt toegevoegd, ontstaat tijdelijk slip van de rotoren. Dit wordt verholpen door de stempel op en neer te bewegen. Het rubber kan zich dan heroriënteren. Aan het snel oplopende vermogen van de menger is te merken dat dit effect heeft.

Walsen

Na de mengtijd gaat de menger aan de onderzijde open. De batch heet rubber komt dan via het zadel naar buiten en wordt tussen walsrollen opgevangen. Walsen zijn grote metalen deegrollers die paarsgewijs tegen elkaar indraaien. De serie walsrollen - dumpwals, mengwals en sheeterwals - vormt het rubber tot een slab (een lang plat vel) van ongeveer 70 cm breed, zodat het rubber gemakkelijk kan afkoelen. Tijdens het walsen neemt het rubber door het vervormen veel energie op. Het walsen kan daarom worden gebruikt om rubber op te warmen. Ook vindt er nog enige menging plaats. De operator kan het walsproces beïnvloeden door de afstand tussen de walsrollen (nip) of het onderlinge



verschil in draaisnelheid (frictie) te wijzigen. Om te zorgen dat de slab niet aan elkaar kleeft, wordt deze door een bad met promol-oplossing (krijt) gehaald. De gekoelde slab wordt zigzag gevouwen op een pallet en enige uren opgeslagen om te besterven. De ketens van de rubbermoleculen krijgen nu de gelegenheid om tot rust te komen; eventueel aanwezig silica krijgt de kans om volledig uit te reageren.

Voor de tweede stap van het mengproces wordt de rubber slab van de voormix door een mill feeder in stukken gesneden. De repen rubber worden samen met zwavel en de activator in de menger gebracht. Tijdens de korte menging mag de temperatuur niet boven de 120°C komen. Na de tweede stap brengt een stempelwiel een code aan op het rubber (ordernummer, ploeg, receptcode).

Extruderen

Met een extruder worden het loopvlak en de zijkanten van een band geproduceerd. Een extruder kan worden voorgesteld als een enorm kitpistool, dat met grote kracht een pasta door een kleine opening drukt. De pasta (het rubber) neemt de vorm aan van de opening. Net als tussen de walsrollen neemt het rubber in de extruder veel vervormingsenergie op. Waterkoeling is nodig om de temperatuur in de hand te houden en voortijdige vulkanisatie te voorkomen. In de extruder draait een schroef rond om het rubber onder druk te zetten. Sommige extruders zijn voorzien van metalen pennen in de baan van het rubber om de menging te verbeteren. Al het rubber komt zo in beweging, waardoor opwarming van het rubber door het vrijkomen van vervormingsenergie gelijkmatig plaatsvindt. Door 2 of 3 verschillende extruders via een gemeenschappelijke spuitkop te laten produceren, kunnen verschillende rubbersoorten aan elkaar worden gehecht zonder lijm te gebruiken, zoals de verschillende rubbers van het loopvlak.

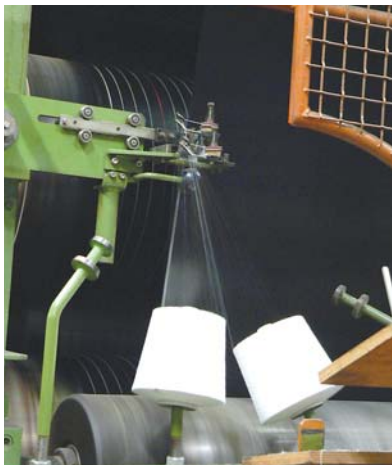
16

Testen

De viscositeit van het voormengsel wordt steekproefsgewijs aan een standaardtest onderworpen (Mooney-viscositeit). Ook wordt altijd een dichtheidsmeting gedaan. Het vulkanisatiegedrag van de final mix wordt steekproefsgewijs met een rheometer getest.

Halffabricage

Een band bestaat uit verschillende onderdelen met verschillende samenstelling, zoals het karkas, het loopvlak en de zijkanten. Deze onderdelen noemen we halfabrikaten en ze hebben ieder hun eigen productieproces. Bijvoorbeeld in het verwerken van vezels en staaldraad in het rubbermengsel.



Kalenderen

Een kalender of mangel bestaat uit walsrollen waartussen bijvoorbeeld papier wordt glad gemaakt of textiel bedrukt. Bandenproducenten gebruiken kalenders om textiel en staalkoord aan beide zijden te voorzien van een laagje rubber, zodat het in de band kan worden verwerkt. Belangrijk is dat er geen vocht of lucht met het textiel of koord wordt ingesloten in het rubber. Ook de luchtdichte voering wordt met een kalender uitgewalst tot exact de gewenste dikte.

Kalendersnelheid en de nip van de rollen kunnen niet zonder consequenties worden gewijzigd. Gebeurt het kalenderen te traag, dan vulkaniseert het mengsel; gebeurt het te snel, dan is de hechting onvoldoende. Er moet altijd voldoende rubber tussen de walsrollen aanwezig zijn om te homogeniseren en om kaalkoord te voorkomen.



Snijden

De kalenders leveren een strook berubberd materiaal af, waarin de koorden (staal of textiel) in lengterichting lopen. Maar dat is meestal niet de voorkeursrichting voor toepassing. Het karkas van een personenwagenband bestaat doorgaans uit één of twee ply-lagen, met de koorden dwars over de band, van zijkant naar zijkant; vandaar de naam radiaalband. Dat kan alleen als de ply van het karkas in stroken wordt gesneden en aan de zijkant weer aan elkaar geplakt. Het plakken (of lassen) gebeurt met behulp van de natuurlijke plakkracht van rubber. De strookbreedte hangt af van de bandenmaat omdat de koorden van hiel tot hiel lopen.

De sterkte van het karkas is afhankelijk van het aantal koorden en de sterkte van het materiaal. De breedte van de staalkoordstroken is erg belangrijk, omdat een kleine afwijking de rijeigenschappen al nadelig kan beïnvloeden.



De gordel en ply

Op de kalender wordt het koord voor de ply-lagen en gordels aan beide zijden van een dun laagje rubber voorzien. Het koord (eigenlijk: doek met trekkracht in lengterichting) loopt tussen de middelste rollen. De buitenste rollen voeren van 2 kanten rubber aan. Vocht wordt uit het doek verwijderd door het op stoomrollen te verhitten. De toegepaste temperatuur hangt af van het materiaal. Voor het produceren van gordels (gordelrun) wordt staaldraad van 1000 haspels tegelijk ingevoerd. Hieraan gaan enkele uren voorbereiding vooraf.



Het berubberde koord moet overal van gelijke dikte zijn om onbalans in de band te voorkomen. Daarom wordt de rubberdikte nauwkeurig bewaakt en elektronisch bijgestuurd. Om te voorkomen dat het gekalanderde materiaal aan elkaar plakt, wordt het tussen textiel (liners) gewikkeld en opgeslagen in de stelling voor berubberd koord.

De voering

De luchtdichte voering van de band wordt gemaakt op een kalender. De voering maakt een aparte binnenband overbodig. De walsrollen van de kalender worden gevoed door een extruder. De gekalanderde voering wordt hetzij los in liner gewikkeld, of tegen de ply-laag van het karkas geplakt (als vaste voering).

18

De zijkanten

Op de pre-assembly machine worden de voering en de zijkanten samengevoegd. Beide delen worden aangevoerd vanaf een afwikkelpositie. Het product komt op de opwikkelpositie terecht. Het eindproduct van de pre-assembly machine is het basismateriaal voor de greentyre van de halfautomatische bandenbouwmachine.



De hielen

Een hiel bestaat uit berubberd staalkoord, dat rond een wielvorm wordt gewikkeld. Hierop wordt een vulstrook aangebracht om luchtinsluiting tijdens het bouwen van de greentyre te voorkomen. Het aantal draadlagen, de hoogte van de vulstrook en de diameter van de hielring variëren afhankelijk van het type band en de bandenmaat.

Een trekstel trekt een aantal staalraden parallel door een extruder om deze gelijktijdig te berubberen. Er ontstaat nu een tape. Het trekstel koelt de tape en buigt deze voor. Een festooner achter het trekstel bouwt een buffer op voor het wikkelen van de tape rond het vormwiel. Vormwielen zijn bijzonder nauwkeurig

gefabriciseerd (op ca 0,1 mm). Dit omdat hielen binnen een kleine foutentolerantie moeten worden geproduceerd. Het vormwiel bevindt zich in de Vulstrook Aanbreng Machine. Deze machine voert tegelijkertijd een vulstrook aan vanuit een extruder. De aangevoerde vulstrook wordt op maat gesneden en zonder tussenkomst van de operator op de hielring aangebracht.

De bouw van de greentyre

Na al het voorbereidende werk, wordt het tijd om te zien hoe de halffabrikaten in elkaar worden gezet tot greentyres. Greentyres zijn complete banden die nog niet chemisch zijn uitgehard en dus nog moeten worden ge vulkaniseerd. De verschillende onderdelen van de band hechten aan elkaar door de natuurlijke plakkracht van het rubber. Essentieel bij het bouwen is dat luchtinsluiting wordt voorkomen.



Radiaal of diagonaal

Vroeger liepen de koorden in de plylagen altijd kruiselings over de band. Deze sterke diagonale constructie wordt in veel landbouwbanden nog steeds toegepast. Het rijcomfort bij hoge snelheid is bij de diagonale band echter niet optimaal. In de bocht heeft de band de neiging om van de velg te lopen. Bij hoge snelheid heeft het loopvlak de neiging te vervormen door de werking van de centrifugaalkracht. Om dit te verbeteren is de radiaalband ontwikkeld. Moderne autobanden zijn vrijwel uitsluitend radiaalbanden. De koorden lopen dwars over de band. Staalgordels zorgen voor extra stevigheid van het loopvlak, terwijl de zijkant kan vervormen: zo blijft het contact met de weg altijd optimaal. Bovendien is het rijden met een radiaalband comfortabeler.

Greentyres kunnen op verschillende manieren worden opgebouwd. Wereldwijd worden grofweg drie manieren toegepast: handmatige, halfautomatische en automatische bandenproductie. Verreweg de meeste bandenproducenten produceren halfautomatisch, maar vanzelfsprekend is niet elk halfautomatisch productieproces hetzelfde.

Bij automatische productie worden alle halffabrikaten naar een grote machine gevoerd, die de band zonder verdere inmenging van een operator in elkaar zet.



Halfautomatisch

De halfautomatische bandenbouwmachine neemt de meeste handelingen over van de bandenbouwer. Deze geeft alleen nog het startsein en drukt enkele kritische lussen aan. Het grote voordeel van de halfautomaat is de flexibiliteit en het gemak van omstellen. Daardoor is het mogelijk om snel kleine series te bouwen.

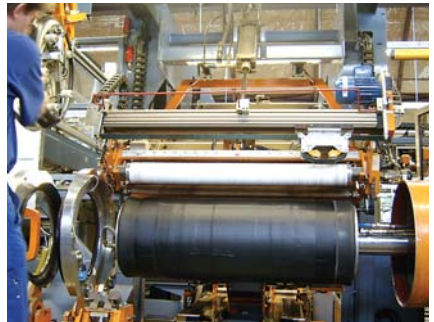
De zijkant en voering worden op de bouw-trommel aangebracht, gesneden en aangedrukt. Daarna wordt de ply-laag van het karkas aangebracht. De overlap die ontstaat bij het aanbrengen van een laag rubber noemen we de las. De lussen worden bij het bouwen automatisch over de band verdeeld. Hoe nauwkeuriger dit gebeurt hoe minder onbalans de band uiteindelijk heeft, waardoor weer minder balanceergewicht hoeft te worden gebruikt.



Daarna worden de hielen aangebracht, die door hielspanners strak worden gezet. De rubberlagen worden om de hielen heen geslagen, zodat de band zonder loopvlak ontstaat.

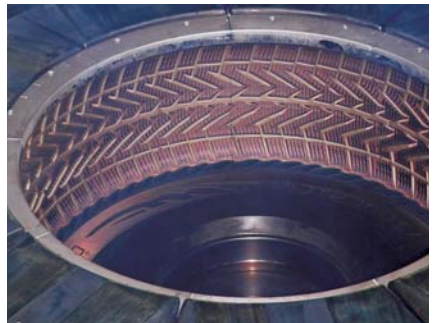
20

Op de wikkelklauwenkop zijn ondertussen 2 lagen gordelmateriaal aangebracht en eventueel een nylon overhead (cap ply). Hierop komt het loopvlak terecht; dit relatief dikke rubber wordt met een heet ultrasoon mes zeer nauwkeurig gesneden.



Vulkanisatie

Vulkaniseren is een scheikundige reactie, waarbij een elastisch netwerk ontstaat van lange polymeerketens die aan elkaar vastzitten door zwavelbruggen. Een andere naam voor dit proces is cross-linking. Na het vulkaniseren kunnen de lange ketens niet meer langs elkaar schuiven en is het rubber niet langer plastisch maar elastisch. Greentyres worden gevulkaniseerd door verhitting met stoom tot circa 180°C. Als een soort binnenband wordt een balg volgeperst



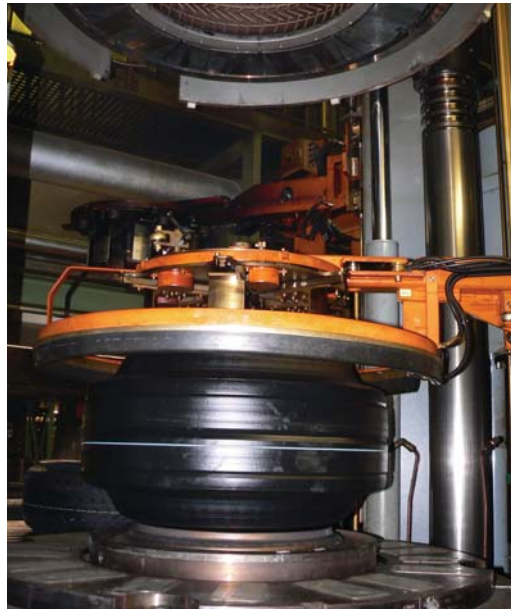
met stoom. Door de druk (14 bar) wordt de buitenzijde van de band in een verhitte metalen matrijs gedrukt. In deze matrijs zijn uitsparingen voor het loopvlakprofiel en de zijkantopdruk aangebracht.

De optimale duur van de vulkanisatie is zodanig dat alle in de band toegepaste rubbermengsels volledig vulkaniseren. Is de band onvoldoende gevulkaniseerd, dan is deze onbruikbaar. Is rubber overgeevulkaniseerd, dan gaan juist de nuttige eigenschappen van rubber verloren. De gevulkaniseerde banden worden geïnspecteerd terwijl ze nog warm zijn, omdat juist dan afwijkingen (bijvoorbeeld blaasjes door lucht- of vochtinsluiting) goed zichtbaar zijn.

Vulkanisatiepersen

Vulkaniseren speelt zich bij hoge temperatuur en druk af. Daarom zijn vulkanisatiepersen zwaar uitgevoerd. Ze brengen een kracht op de band over van 70 ton. Moderne persen worden elektrisch of hydraulisch aangedreven, waarbij de druk kan oplopen tot 200 bar. Dit komt overeen met de druk die 2000 meter onder het zeeoppervlak heerst.

De vulkaniseur controleert de banden die uit de pers komen op allerlei fouten die met het oog waarneembaar, of met de hand voelbaar zijn. Goedgekeurde banden gaan naar de Uniformity afdeling.



EINDCONTROLE

Bandenproducenten besteden veel zorg en aandacht aan de kwaliteitscontrole van hun product. Na het productieproces worden de banden getest op constructiefouten, materiaal fouten, bouwfouten en vulkanisatiefouten. De controles zijn, afhankelijk van het product, al of niet steekproefsgewijs. Als uit een steekproef blijkt dat een bepaalde partij teveel afwijkingen vertoont, dan worden de banden één voor één gecontroleerd.



Met een speciale röntgenmachine kunnen banden worden gecontroleerd op inwendig vuil en gordelafwijkingen met behulp van röntgenstraling. Spreidkoord is een voorbeeld van een afwijking; dit ontstaat als bijvoorbeeld de koordverdeling niet goed is.

Met andere tests worden de zijkanten en het loopvlak van de band op constructiefouten gecontroleerd. Bekende fouten in de constructie zijn bijvoorbeeld een verhoging of verlaging in de zijkant van de band (respectievelijk een bult of insnoering). Maar ook wordt getest op zijdelingse slag (slag in de band waardoor deze slinger-gedrag vertoont) of hoogteslag (slag in de band waardoor de ronding afwijkt ten opzichte van de wielen).



Tot slot worden de rijeigenschappen van de band getest. Men kijkt hoe de onder een auto gemonteerde band zich gedraagt. Tijdens de test wordt de band op een soort velg geplaatst, op spanning gebracht en korte tijd tegen een ronddraaiend wiel (loadwiel) gehouden. Een computer registreert afwijkingen; de afdeling Procesbeheer bestudeert de gegevens en stuurt zonodig het proces bij. De operator kan direct op extreme afwijkingen reageren.

Tijdens de controle worden naast de laterale en radiale krachten op een band ook de krachten ten gevolge van coniciteit en ply steer gemeten. Coniciteit ontstaat als de band een afwijkende vorm heeft, zoals van

een kegel. Een conische band rolt niet rechthoekig, maar wil steeds een bocht maken. Ply steer krachten ontstaan als de band wordt afgeplat door het gewicht van de auto. Hierdoor verbuigt de gordel, wat spanningen in de band tot gevolg heeft. Hierdoor wil de band, net als de conische band, tijdens het rollen een bocht maken.

Banden met kleine visuele afwijkingen kunnen worden verkocht als tweede soort (meestal met brandmerk of hielmarkering). Afgekeurde banden worden simpelweg vernietigd en als scrap verkocht aan bijvoorbeeld bandenrecyclingbedrijven.



TERMINOLOGIE

Cutter

Snijmachine

Die

Spuitplaat van extruder, die vorm geeft aan het rubber

Extruder

Spuitmachine met ronddraaiende schroef die rubber door een geprofileerde spuitplaat drukt

Festooner

Bufferlus

Greentyre

Niet ge vulkaniseerde band

Hiel

Onderdeel van de band; berubberde staaldraad die de band op de velg houdt

Kalander

Machine waarmee doek wordt berubberd

Karkas

Kern van de greentyre (dus nog zonder loopvlak en gordels)

Kendraad

Gekleurd katoenen draadje op ply dat het soort materiaal aangeeft.

Koordhoek

Hoek waaronder vezeldoek wordt gesneden en verwerkt in band



Las	Overlap van een rubberlaag
Liner	Doek om halffabrikaten tussen te wikkelen (voorkomt plakken)
Mill feeder	Machine die rubber klein snijdt en in de menger brengt
Painten	Spuiten van binnenkant van de greentyre om vastkleven aan vulkanisatie bladder te voorkomen.
Ply	Berubberd en op breedte gesneden koord
Stitcher	Rol die wordt gebruikt voor het aanrollen van materiaal en/of het maken van de omslag
Strip	Rubberstrook
Tack	De plakkracht van rubber
Trimmen	Het op de juiste breedte snijden van de voering
Tubeless	Band met voering die geen lucht door-laait, zodat binnenband niet nodig is

