TEKNISK RAPPORT #1

GUMMIBLANDNINGEN.

EN VINDLANDE VÄG

SHIBATAFENDERTEAM

on the safe side

Innehåll.

SFT:s serie av tekniska rapporter 02

SFT:s serie av tekniska rapporter – del I..... 03

A. Gummiblandningar – djävulen sitter i detaljerna..... 04

B. Kimrök – mängden är väsentlig..... 05

C. Kalciumkarbonat – bättre än sitt rykte..... 07

D. Den rätta blandningen – en vindlande väg..... 08

ShibataFenderTeam Group..... 10

Sammanfattning.

Första delen av SFT:s serie av tekniska rapporter om fendertillverkning anger huvuddragen för relevanta överväganden vid bestämning av hur man gör en bra fender. Den fokuserar på de råmaterial som används vid gummiproduktion, en fenders fysiska egenskaper och hur dessa korrelerar med blandningens sammansättning.

Det finns internationella standarder och riktlinjer som ger vägledning med avseende på gummifendrars fysiska egenskaper – t.ex. PIANC2002 och ASTM D2000. Dock finns det ingen internationell standard som specificerar den kemiska sammansättningen av den gummiblandning som används vid tillverkning av gummifendrar.

I rapporten konstateras att vid tillverkning av gummifendrar är de fysiska egenskaperna den enda tillförlitliga indikatorn på kvaliteten hos en gummiblandning som definieras genom internationella standarder. Dessutom rekommenderas det att halterna av fyllnadsämnen och förstärkningsmedel som kimrök (CB), kalciumkarbonat (CC) och kisel ska avgöras av specialister med djupgående materialkunskap, eftersom mängden och partikelstorleken i hög grad påverkar blandningen och dess prestanda och slitstyrka. I rapporten uppmärksammas också det faktum att gummiblandningar med korrekt inblandning av CC, utfört av erfarna tillverkare, överensstämmer med och överträffar internationella provningsstandarder.

SFT:s serie av tekniska rapporter.

Säkerhet, tillförlitlighet, slitstyrka – prestandakraven på en fender kokar ned till dessa tre aspekter, och med all rätt. **Fendrar är avsedda att skapa en säker miljö för fartyg och passagerare samtidigt som hamnens infrastrukturer och all personal som arbetar där skyddas – tillförlitligt under konstruktionens hela livslängd och även därefter.** Detta är idealet som hamnar och hamnoperatörer strävar efter.

I denna anda siktar SFT:s serie av tekniska rapporter, i fyra delar, på att tillhandahålla en opartisk syn på vad exakt som gör en bra fender – från råmaterialen till tillverkningsprocessen.

Del I närmar sig denna fråga genom att titta närmare på de komponenter som ingår i en fender och deras inverkan på fenderns prestandarelaterade fysiska egenskaper. Del II och III redogör i detalj för de omrörnings- och härdningsprocesser som är involverade vid tillverkning av en högklassig gummifender. Del IV sammanfattar serien med en detaljerad rapport om testning.

SFT:s serie av tekniska rapporter:
#1 Blandning | #2 Mixning | #3 Härdning | #4 Testning

SFT:s serie av tekniska rapporter – del I

Eftersom en blandning av armerat gummi utgör kärnan i varje fender, fokuserar första delen av SFT:s serie av tekniska rapporter på de råmaterial som används vid gummiproduktion, en fenders fysiska egenskaper och hur dessa korrelerar med blandningens sammansättning. Målsättningen är att ange huvuddragen för relevanta överväganden vid bestämning av vad som gör en bra fender.

Även om det kan verka ganska enkelt, kan det te sig dunklare när man betänker de produktegenskaper som krävs för höga prestanda. Det finns internationella standarder och riktlinjer – t.ex. PIANC2002, ASTM D2000, EAU 2004, ROM 2.0-11 (2012) eller BS6349 (2014) – som säkerställer att fendrar presterar som avsett när de installeras vid en förtöjningsplats.

SPC koniska fendrar | IJmuiden | Nederländerna

Dessa standarder ger vägledning med avseende på gummifendrars fysiska egenskaper, bl.a. kompression, förlängning vid brott och specifik draghållfasthet. **Dock finns det ingen internationell standard som specificerar den kemiska sammansättningen av den gummiblandning som används vid tillverkning av gummifendrar.**

Med andra ord finns det industristandarder som beskriver ett tydligt mål vid tillverkning av marinfendrar, deras prestanda, fysiska egenskaper och hållfasthet, men det finns ingen rekommendation för att uppnå detta. Orsaken är enkel: det finns inte två identiska fenderprojekt och inte heller två identiska fendeltillverkare. Varje projekt ställer unika krav som nödvändiggör kundanpassade gummiblandningar. Dessutom är alla polymerer som används vid fendertillverkning inte lika tillgängliga överallt i världen, vilket medför att tillverkarna måste justera sina gummiblandningar i motsvarande mån.

Allt detta ger stort utrymme för marknadsdifferentiering och tillfällen för fendeltillverkare att presentera sina bäst fungerande metoder att tillverka produkter med höga prestanda. Detta har dock skapat en grogrund för vissa allmänt accepterade – och av vissa aktörer aktivt förespråkade – missuppfattningar om produktion av blandningar, av vilka de mest förhärskande hävdar att en fenders kvalitet i första hand bestäms av den kemiska sammansättningen av dess gummiblandning.

Hos ShibataFenderTeam Group (SFT) tror vi att en fenders kvalitet ska mätas genom dess prestanda, dvs. genom den grad som fendern lever upp till dess specifika användningsområde.

Den tekniska rapporten utarbetades med utnyttjande av expertisen hos Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e.V. (DIK), ett oberoende tyskt forskningsinstitut som specialiserar sig på polymeriska material och gummiteknik, och tjänstemän hos ASTM, samt genom tidigare diskussioner med specialister på polymersammansättningar vid universitetet i Gdansk, i Polen.

A. Gummiblandningar – djävulen sitter i detaljerna.

I typfallet tillverkas gummifendrar av en blandning av polymerer, t.ex. naturligt gummi (NR) och syntetiskt gummi (SR), med fyllnadsämnen som kimrök (CB), kalciumkarbonat (CC) och andra tillsatser för att förse blandningen med armering och processeringsmöjligheter. **Medan det i branschen finns en generell samsyn när det gäller de flesta komponenter som används vid fendertillverkning, finns det hos olika tillverkare många uppfattningar om ingående ämnen och halterna av dem som skiljer sig åt kraftigt från tillverkare till tillverkare – och en del försöker att etablera generaliserande slutsatser om gummiblandningars kemiska sammansättning som en äkta kvalitetsindikator för den färdiga produkten.** En vanlig missuppfattning är att mängden av respektive komponent i gummiblandningen bestämmer dess kvalitet. Därför kommer vi i det följande att ta en närmare titt på de komponenter som bildar en gummiblandning och sambanden mellan dem.

Rågummimaterial

Naturligt gummi (NR) erhålls i form av latex från paragummiträdet (Hevea brasiliensis) i ett område ungefär 15° norr och söder om ekvatorn, med Sydostasien som främsta globala producent. Cirka 40 % av den globala gummikonsumtionen baseras på NR, som handlas som en råvara på aktiemarknaderna. Den geografiska begränsningen av tillgänglighet till NR och brist på den i början av 1900-talet ledde till utvecklingen av syntetiskt gummi (SR) i andra delar av världen. Material som är välkända och används ofta är styrenbutadiengummi (SBR), etenpropengummi (EPDM) och neopren. Av alla SR är SBR den vanligast använda för fenderblandningar. SBR är en kopolymer av styren och butadien som kan polymeriseras i vilket förhållande som helst. Det erhålls ur petroleumbiprodukter och dess pris är beroende av priset på råolja och NR. Cirka 60 % av den globala gummikonsumtionen baseras på SR.

Blandningar med enbart NR eller SBR har olika karaktäristik och inverkan på blandningens processeringsmöjligheter, fenderns prestanda och dess fysiska egenskaper.

Naturligt gummi (blandningar med 100 % NR)

+ välarmerat av naturen
+ stort sträckförhållande (förlängning)
+ hög elasticitet
+ extremt vattentätt

– dåliga åldringsegenskaper
– dålig oljebeständighet
– mottaglig för återgång (därför känslig för vulkanisering)
– känslig för ozonsprickning
– som en naturlig produkt och på grund av den naturliga ursprungsprocessen innehåller det föroreningar som protein, aska,* smuts (löv, damm)

* Roberts, A. D. (1990). Natural rubber science and technology. Oxford: Oxford University Press

Syntetiskt gummi (blandningar med 100 % SBR)

+ god nötningsbeständighet
+ god åldringsstabilitet

– dålig inneboende draghållfasthet
– dålig beständighet mot värmerelaterad åldring
– svårare att processera

En jämförelse ger att SBR i rent tillstånd är mindre vidhäftande och har högre densitet och glasövergångstemperatur än NR, har också lägre modul och rivhållfasthet, och behöver utökad armering och en större mängd av mjukgörare. NR däremot är välarmerad från början.

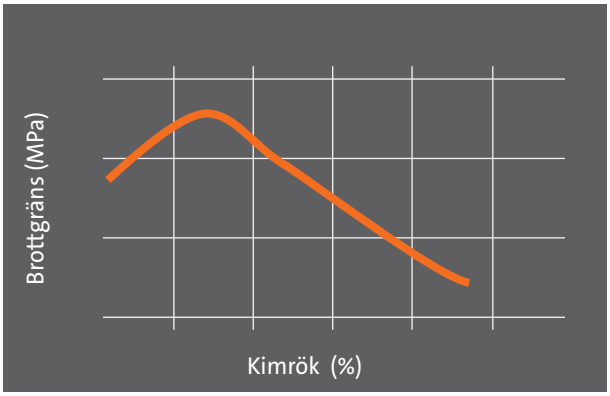
Således har gummiblandningar med antingen NR eller SBR som enda polymer kraftiga begränsningar, och därför an-

vänder branschen i allmänhet blandningar av NR och SBR för att utöka de fördelaktiga egenskaperna hos båda. Om specifikationer ställer krav på blandningar med 100 % NR eller SBR, bör de som specificerar säkerställa att de är förtrogna med den problematiska naturen hos dessa material, eftersom en felaktig ansats här kan äventyra en förtöjningsplats och leda till avsevärda ansvarsanspråk gentemot specificeraren.

Valet – och mängden – av NR eller SBR i blandningen bestämmer mängden av andra komponenter som måste tillsättas för att förbättra blandningens egenskaper, av vilka kimrök (CB) och kalciumkarbonat (CC) är de mest välkända. Det förhållande i vilket polymerer blandas med dessa komponenter definierar gummiblandningens kemiska sammansättning. Att i detalj beskriva proportionerna mellan alla komponenter i blandningen har begränsat informationsvärde med avseende på fenderns kvalitet. **Två gummiblandningar kan skilja sig åt i sina kemiska sammansättningar men fortfarande ha fysiska egenskaper som uppfyller eller överstiger kraven i internationella standarder (se också tabell 2).** Icke desto mindre har det blivit trivialt för vissa aktörer att argumentera att närvaron och mängden av respektive komponenter i blandningen fungerar som kvalitetsindikator. En närmare titt på de två fyllnadsämnena CB och CC visar att sådana generaliserande påståenden är missvisande.

B. Kimrök – mängden är väsentlig.

Kimrök (CB) är en väletablerad armering för gummiblandningar, tillgänglig i olika partikelstorlekar. Dess kapabiliteter är inte beroende enbart av mängden i gummiblandningen utan också av dess kvalitet och partikelstorlek. Effekten av den mäts bäst genom undersökning av hur t.ex. draghållfastheten ökar när mängden av CB ökas gradvis. Figur 1 visar hur blandningens draghållfasthet ökar upp till en bristningspunkt vid tillsättning av CB. När den kritiska nivån har uppnåtts minskar draghållfastheten, då det inte finns tillräckligt mycket gummi kvar för att fördela CB-partiklarna, vilket innebär att blandningen är mättad med CB.



Figur 1: Typisk påverkan av CB på draghållfastheten i NR-blandningar

Detta exempel stöder det faktum att mängden av CB är verkligen viktig, men med moderation och beroende på det gummi som används, eftersom NR behöver mindre armering än SBR. Med andra ord är mer inte alltid bättre när det gäller mängden av CB. Således, för att säkerställa blandningens kvalitet, måste CB-koncentrationen väljas omsorgsfullt i ett tidigt stadium av tillverkningsprocessen, med alla relevanta faktorer i åtanke.

Som en kommentar kan nämnas att gråa fendrar inte innehåller någon CB alls. Gråa pneumatiska och extruderade fendrar samt bogserbåtsfendrar gör direkt kontakt med fartyget, och slutanvändarna kräver att dessa inte efterlämnar märken. Eftersom tillsättning av CB oundvikligen skulle resultera i en svart gummiblandning, innehåller de kisel som armering. Ändå uppfyller de samma rigorösa teststandarder som höghållfasta svarta fendrar som är avsedda att användas i 20 år eller mer. **Detta visar återigen att kvaliteten hos en fender inte kan avgöras genom mängden av CB i gummiblandningen.**

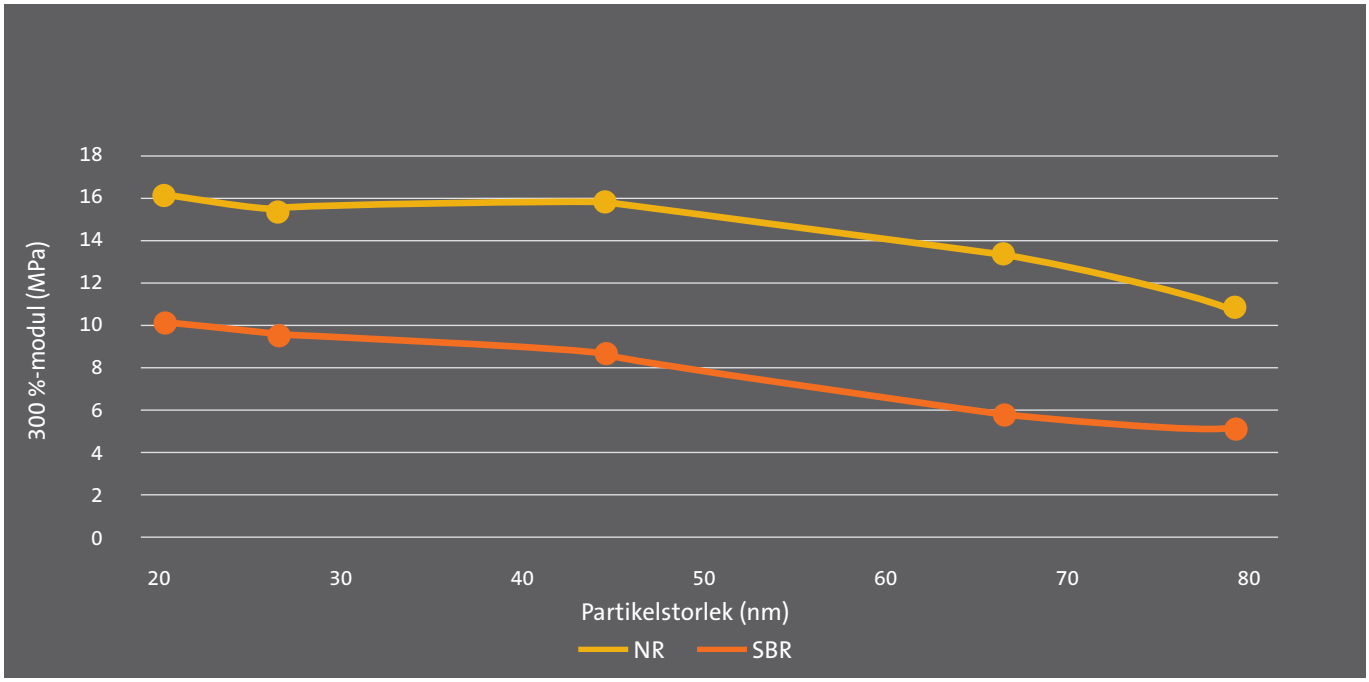
Grå pneumatisk fender | Karlskrona

Partikelstorleken hos CB är en annan inverkande faktor som är relevant vid fendertillverkning, och mycket omdiskuterad i forskning. **Det har bevisats att ju större den genomsnittliga partikelstorleken hos CB är, desto lägre är gummiblandningens modul, ett faktum som stöds av ett stort antal studier och tester.** Låg modul innebär att det krävs lite kraft för att sträcka (förlänga) ett objekt, vilket är indikativt för en blandning med låg kvalitet. Tester som Shibata Industrial i Japan har genomfört visar hur en låg modul i blandningar med enbart NR eller SBR med en konstant dos av CB förändras beroende på fyllnadsämnets partikelstorlek. Vid jämförelse av effekterna av användning av CB med en genomsnittlig partikelstorlek som sträckte sig från 22 nm till 78 nm sjönk blandningens modul betydligt ju större partiklarna blev. Över hela mätområdet sjönk modulen med ungefär 30 % vid blandningar med 100 % NR och nästan 50 % vid blandningar med 100 % SBR (se figur 2) – en skillnad som för övrigt bevisar ett faktum som diskuterades tidigare, att NR kräver mindre utökad armering.

CB-KVALITETER	ISAF N220	HAF N330	FEF N550	GPF N660	SRF-LM
Genomsnittlig partikelstorlek (nm)	22	28	45	66	78
NR 300 %-modul (MPa)	16.1	15.5	15.7	13.3	10.8
SBR 300 %-modul (MPa)	10.3	9.7	8.8	6	5.4

Tabell 1: Modul kontra CB-kvalitet

Sammanfattningsvis kan kvaliteten hos blandningar inte tolkas genom deras mängd av CB. Därför ska blandningar inte utelämnas ur specifikationer baserat enbart på dessa grunder. Blandningens komponentförhållande och nödvändig partikelstorlek hos CB är oundvikligen sammanbundna med en fenders önskade prestanda och fysiska egenskaper. Liknande resonemang gäller för användning av CC i gummiblandningar.



Figur 2: Modul kontra partikelstorlek hos CB (33 % CB)

C. Kalciumkarbonat – bättre än sitt rykte.

Flera andra fyllnadsämnen utöver CB används i högklassiga gummiprodukter inom hela branschen och utanför, och av dessa är kalciumkarbonat (CC) den mest kända. Det finns två olika typer av CC: naturligt CC och syntetiskt CC.

Båda finns i pulverform, men partikelstorlekarna kan variera. Tillsättning av CC ökar processeringsmöjligheterna och förbättrar beteendet under vulkaniseringen och resultaten med avseende på kompression. Även rätt mängd av syntetisk CC i små partikelstorlekar har en distinkt armeringseffekt.

Trots dessa fördelar har CC ett ganska dåligt rykte på marknaden. Det har sagts att det är en billig ersättning för polymerer, och att det leder både till försämrade fysiska egenskaper och reducerade prestanda och slitstyrka hos gummiblandningar. Beroende på användningsfallet kan dessa påståenden vara korrekta; dock ger de inte hela sanningen om CC. **I likhet med CB bestämmer ursprunget, kvaliteten, dispersionen, och framför allt partikelstorleken och renheten hos CC hur fyllnadsämnet påverkar de fysiska egenskaperna och slitstyrkan hos gummiblandningen.** Därför kan man inte säga generellt att CC har enbart negativa effekter. Om det används korrekt, hjälper det till att ge en blandning fysiska egenskaper som uppfyller eller till och med överträffar internationella teststandarder för gummifendrar. Experterna hos ASTM och andra institut är enhälliga i sin åsikt:

> *"När det gäller gummiblandningar för marinfendrar finns det ingen standard avseende den kemiska sammansättningen, eftersom kvaliteten hos dessa fendrar bestäms av deras kapacitet att leva upp till kraven på styvhetsprestanda vid användning. Som en konsekvens av detta ska blandningens fysiska egenskaper anses vara den enda meningsfulla indikatorn på en gummifenders produktkvalitet."*

CSS-fendrar | Yamal | Ryssland

D. Den rätta blandningen – en vindlande väg.

Om vi summerar det vi har sett hittills, ger tabell 2 en åskådlig illustration av att två gummiblandningar kan ha mycket olika kemiska sammansättningar och ändå uppvisa de nödvändiga fysiska egenskaper som krävs för att överensstämma med nödvändiga prestandakriterier för marinfendrar, och således uppfylla internationella standarder. De viktigaste skälen till detta är de olika armeringskraven för NR och SBR. **Valet av blandningens gummibas är beroende av polymerens tillgänglighet och de produktegenskaper som krävs i fendern.** Samma orsakssamband gäller också för valet och mängden av de andra komponenterna i gummiblandningen.

Så bestickande det än kan verka, har det blivit ett återkommande fenomen inom fenderbranschen att bortse från denna enkla sanning och sprida missvisande information. I detta avseende, att felaktigt hävda att en gummikomponents kemiska sammansättning är det främsta kvalitetskriteriet för en fender, är att tolka fakta på ett farligt vilseledande sätt. **Kemisk sammansättning är en viktig sak inom fendertillverkning, men inte allt. Som vi har visat tidigare är det de fysiska egenskaperna som i slutändan bestämmer en fenders kvalitet.**

Sådan förvrängning av fakta blir problematisk när aktörer åberopar subjektiva kriterier som en kvalitetsindikator för fendrar. Ett ganska välvilligt exempel på detta avser densiteten hos gummiblandningar. Hög densitet anses vara ett tecken på låg kvalitet – vilket är ett problematiskt påstående när det accepteras utan vidare.

KEMISK SAMMANSÄTTNING

TGA-TEST

	BLANDNING 1		BLANDNING 2	
Polymer [%]	47.5		46.9	
Kimrök [%]	37.5		27.5	
Rester (aska) [%]	2.9		17.9	

FYSISKA EGENSKAPER

TEST AV FYSISKA EGENSKAPER

EGENSKAPER	TESTMETOD	SPECIFIKATION	RESULTAT BLANDNING 1	ANMÄRKNING	RESULTAT BLANDNING 2	ANMÄRKNING
Draghållfasthet [MPa]	ASTM D412 Die C – ursprungligt värde före åldring	≥ 16	20.20	✔	19.11	✔
Förlängning vid brott [%]	ASTM D412 Die C – ursprungligt värde före åldring	≥ 400	514.00	✔	586.08	✔
Rivhållfasthet [kN/m]	ASTM D624 Die B	≥ 70	127.34	✔	104.42	✔
Kompression [%]	ASTM D395 Method B – vid 70 °C under 22 timmar	≤ 30	19.31	✔	17.93	✔

Tabell 2: Jämförelse av blandningar med avseende på kemisk sammansättning och fysiska egenskaper | Blandning 1 och 2 tagna från fendrar som har varit i framgångsrikt bruk under många år

Eftersom komponenter som fyllnadsämnen och vulkaniseringsmedel har högre densitet än gummi, har varje blandning som behöver armering också högre densitet. Som vi såg tidigare överensstämmer också sådana blandningar med internationella standarder. **Densiteten är alltså en meningsfull parameter enbart när den betraktas i ett sammanhang.**

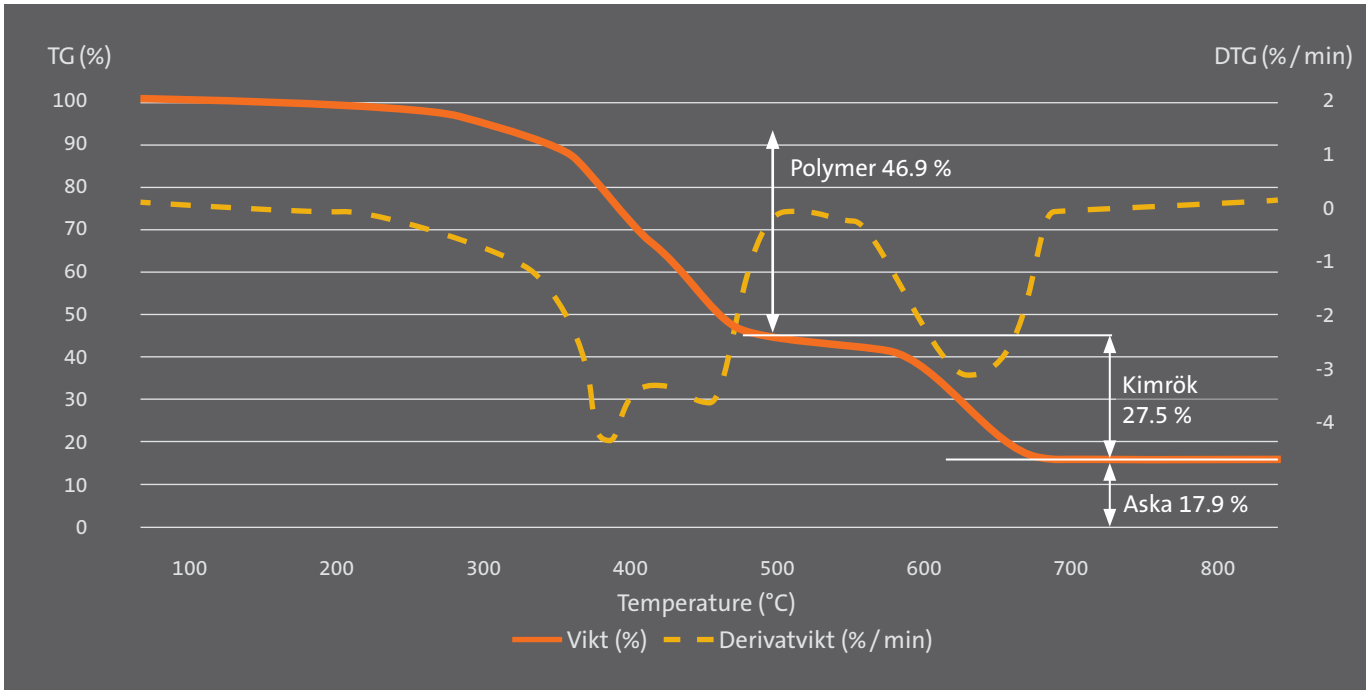
Det mest slående exemplet på denna typ av vilseledning är förfarandet att bedöma en gummiblandnings kvalitet genom att utsätta den för termogravimetrisk analys (TGA).

TGA är en metod för termisk analys varvid ett prov – i detta fall en gummifender – vägs kontinuerligt under upphettning. Eftersom olika komponenter förbränns vid olika temperaturer, ger viktförlusten en indikering av provets sammansättning. Vissa delar brinner dock inte, inte ens vid mycket höga temperaturer, och trots att man tillsätter atmosfäriskt syre. Andra ämnen frisätts som CO_2 under processen. De obrännbara delarna som återstår efteråt kallas för rester (aska).

Medan TGA är användbart som ett praktiskt sätt att verifiera den kemiska sammansättningen hos en blandning, tillhandahåller det ingen meningsfull korrelation med blandningens kvalitet. Icke desto mindre anses en hög procentandel aska felaktigt som en indikator på låg kvalitet – även när det finns fullständigt logiska orsaker till rester.

Som nämndes tidigare innehåller NR, som en naturlig produkt, aska och därför är det inte förvånande att större mängder av aska återstår efter förbränning av en NR-baserad gummiblandning. En annan rest, zinkoxid, tillsätts vanligtvis för härdningsprocessen, som en nödvändig vulcaniseringstillsats. Kisel, ett förstärkningsmedel för gråa fendrar (se också sidan 5), brinner inte heller, och större mängder av aska återstår. Detsamma gäller för det tidigare nämnda CC.

Att använda TGA-resultat för att misskreditera komponenter som är typiska i gummiproduktion – viktiga även vid fendertillverkning för att uppfylla vissa krav – måste ses inte enbart som ett missvisande förfarande, utan också som potentiellt farligt. Som nämndes tidigare medger TGA-resultat inte några meningsfulla slutledningar med avseende på en fenders kvalitet, eller dess lämplighet för ett projekt. Således säkerställer TGA-resultat inte att en fender lever upp till vad som förväntas av den vid användning. **Det gäller också att om en gummifender inte presterar det man kräver av den, kan man inte garantera dess säkerhet vid marin användning.**



Figur 3: Termogravimetrisk analys (TGA) | Värden baserade på blandning 2 (se tabell 2)

Trots allt är fendrar av största vikt för att skydda hamnkonstruktioner och skapa en säker miljö för båtar och besättningar. Mot denna bakgrund tror vi att svaret på vad som gör en bra fender inte enbart ska avspegla en hög nivå av teknisk expertis, utan också ge en tydlig känsla av företagsansvar.

Ur teknisk synpunkt är en bra fender resultatet av en kombination av högkvalitativa råmaterial och en fendertillverkare med expertkunskaper inom blandningar, vilket garanterar att prestandan hos den slutliga produkten uppfyller – om inte överträffar – individuella projektkrav, och också internationella standarder. Ur ett etiskt perspektiv är en bra fender det fysiska beviset på en företagskultur som sätter kundens individuella prestandakrav främst när produktens kvalitet bestäms, inte företagets eget behov av marknadsdifferentiering. I ett nötskal bestäms kvaliteten hos en fender av dess prestanda i fält, inte av fendertillverkarens påståenden.

Som en fendertillverkare med omfattande kunskaper och oöverträffad expertis inom gummiproduktion, är vi hos ShibataFenderTeam Group (SFT) övertygade om att sammansättning av blandningar är en expertsyssla som man inte får ta lätt på, och så projektspecifik att den inte kan generaliseras på något sätt. **I slutänden behöver en marinfender en individualiserad gummiblandning som förser den med de för dess användningsändamål rätta fysiska egenskaperna.** Med denna serie av tekniska rapporter vill SFT förespråka mer transparens inom fendertillverkning för att säkerställa kvalitetsstandarder som drivs på genom ett engagemang för högpresterande produkter och en tydlig känsla för ansvar.

Anmärkning:

- **Fysiska egenskaper är den enda tillförlitliga indikatorn på kvaliteten hos en gummiblandning som definieras genom internationella standarder.**
- **Halterna av fyllnadsämnen och armeringsmedel som CB, CC och kisel ska avgöras av specialister med djupgående materialkunskap, eftersom mängden och partikelstorleken i hög grad påverkar blandningen, dess prestanda och slitstyrka.**
- **Gummiblandningar med korrekt inblandning av CC, utfört av erfarna tillverkare, överensstämmer med och överträffar internationella provningsstandarder; fendrar av sådana gummiblandningar har hög hållfasthet och uppnår en typisk användningslivslängd av mer än 20 år.**

ShibataFenderTeam Group.

ShibataFenderTeam Group är en av de ledande internationella fendertillverkarna med mer än 50 års koncernerfarenhet av fendertillverkning, över 100 000 fendrar i bruk och mer än 90 års erfarenhet av tillverkning av gummiprodukter. Shibata Industrial, med huvudkontor i Japan, har ansvaret för produktion och FoU, medan ShibataFenderTeam, med huvudkontor i Tyskland, har hand om konstruktion och försäljning. De regionala kontoren i USA, Europa och Asien assisteras av ett stort nätverk av väletablerade lokala representanter på sex kontinenter.

Skapa och skydda värde – det är kärnan i vad våra produkter är avsedda att göra. Vi erbjuder hela skalan av marinfenderprodukter, från enkla gummiprofiler till mycket sofistikerade system, och även tillbehör och fästen. Överlägsna konstruktioner innebär att våra partner säkert kan förvänta sig det bästa från oss inom alla områden. Vår erfarenhet har förvärvat oss ett rykte som en pålitlig partner inom marknaden för internationella hamnar, hamnanläggningar och vattenvägar.

info@shibata-fender.team
www.shibata-fender.team

Referenser:

Om inget annat anges, är alla hänvisningar till gummi och gummiblandningar i denna tekniska rapport hämtade från:
- Abts, G. (2007). Einführung in die Kautschuktechnologie *(Introduktion till gummiteknik)*. München: Hanser
- Hofmann, W. & Gupta, H. (2009). Handbuch der Kautschuktechnologie *(Handbok i gummiteknik)*.
Ratingen: Gupta

SHIBATAFENDERTEAM GROUP.

Huvudkontor:

ShibataFenderTeam AG – Tyskland
+49 (0)40 63 86 10 - 170
info@shibata-fender.team

ShibataFenderTeam Inc. – USA
+1 (571) 281-3770
contact-americas@shibata-fender.team

ShibataFenderTeam S.A.S. – Frankrike
+33 (0)1 48 73 00 96
contact-france@shibata-fender.team

ShibataFenderTeam Sdn. Bhd. – Malaysia
+60 (0)3 5545 9215
contact-malaysia@shibata-fender.team

ShibataFenderTeam Spain SLU – Spanien
+34 960 913 108
contact-spain@shibata-fender.team

Publicerad av ShibataFenderTeam AG. Alla rättigheter förbehålles. 07/2018;
Layout: wn8.de

TEKNISK RAPPORT #2

MIXNING.

EN PROCEDUR STEG-FÖR-STEG

SHIBATAFENDERTEAM

on the safe side

Innehåll.

SFT:s serie av tekniska rapporter 02

SFT:s serie av tekniska rapporter – del II 04

A. Ingredienser i gummiblandningen – fundamentala val 05

B. Gummimasticering – huvudsaklig beredning 06

C. Mixningsutrustning – effektiv samverkan mellan maskiner 07

D. Utvalsning – skapar enhetliga egenskaper 09

E. Masterbatch (huvudsats) – allt om tillsatser 10

F. Färdigställande – en nypa svavel 11

Slutledning 12

ShibataFenderTeam Group 13

Sammanfattning.

Andra delen av SFT:s serie av tekniska rapporter om fendertillverkning följer upp den första delen med en översikt av gummiblandningens mixningsprocess. Baserat på resultaten med avseende på gummiblandningars sammansättning från den föregående tekniska rapporten, fokuserar denna rapport i serien på stegen för preparering och mixning av råmaterialen och hur dessa påverkar prestandan hos en gummifender.

Fendertillverkning – i likhet med andra sektorer inom gummitillverkning – är i allmänhet känd som en industri som huvudsakligen förlitar sig på praktisk kunskap och erfarenhet. Komplexiteten och det oändliga antalet möjliga sammansättningar av gummiblandningar och olika mixningstekniker, och även individuella krav på varje specifik gummiprodukt, gör det svårt att bestämma förfaranden som gör gummiblandningen enhetlig.

Denna rapport skissar de enskilda stegen för mixning av gummiblandningar för att skapa insikt i denna mycket känsliga del av fendertillverkning. Genom undersökning av den komplexa interaktionen mellan materialen och bearbetningen av dem, och presentation av de olika mixningsanordningarna blir det tydligt i vilken utsträckning produktion av fendrar av hög kvalitet är beroende av tillverkarens sakkunskap. Val av utrustning och korrekt drift av utrustningen är föremål för mångårig erfarenhet inom denna betydelsefulla del av gummitillverkning och dess effekter på fenderns slutliga kvalitet.

SFT:s serie av tekniska rapporter.

Marinfendersystem är mycket viktiga när det handlar om att skydda människor, fartyg och hamnens infrastruktur, och att skapa säkra förtöjningsoperationer. En marinfenders kvalitet mäts enbart genom dess prestandaegenskaper, vilka kokar ned till tre aspekter: säkerhet, tillförlitlighet, hållbarhet.

Icke desto mindre är kraven på varje fendersystem olika, och det är orsaken till att utvecklingen av en fender är en unik process från design och ingenjörsarbete för att ta fram den skräddarsydda lösningen och val av råmaterial för tillverkningsförfarandena.

Aktuella internationella standarder och riktlinjer som PIANC2002, ASTM D2000, EAU 2004, ROM 2.0-11 (2012) eller BS6349 (2014) avser enbart de slutliga fysiska egenskaperna hos en marinfender. De ger inga indikationer

Masterbatch kapad och staplad för färdigställande

om specifikationer avseende den kemiska sammansättningen, och det finns inga industriregler för mixning och den utrustning som används i förfarandet. **Följaktligen är och förblir en fenders kvalitet och dess fysiska egenskaper ett definierat mål vid fendertillverkning.**

Denna serie av fyra tekniska rapporter från SFT redovisar hela processen från mixning av gummi till testning av den slutgiltiga gummifendern för att tillhandahålla en opartisk uppfattning om exakt vad som gör en högklassig fender. Den presenterar exempel på hur de för prestandan relevanta fysiska egenskaperna kan uppnås i varje produktionssteg.

Del I täcker korrelationen mellan råmaterial och deras sammansättning med egenskaperna hos den slutliga fendern. Del II specificerar viktiga aspekter på mixningsprocessen och den korresponderande utrustningen. Del III beskriver tillverknings- och härdningsprocessen, och serien avslutas med en detaljerad rapport om testning i del IV.

SFT:s serie av tekniska rapporter:
#1Gummiblandningen | #2 Mixning | #3 Härdning | #4 Testning

Med denna serie av tekniska rapporter vill SFT förespråka mer transparens inom fendertillverkning för att säkerställa kvalitetsstandarder som drivs framåt genom ett engagemang för högpresterande produkter och en tydlig känsla för ansvar.

SFT:s serie av tekniska rapporter – del II.

Eftersom mixningen är ett väsentligt steg vid produktion av gummiprodukter, fokuserar denna del av SFT:s serie av tekniska rapporter på de individuella faserna av mixningsprocessen och hur de påverkar prestandan hos en gummifender. Bearbetning av gummi kräver en noggrann sammansmältning och dispergering av mixningselementen, såsom olika typer av rågummi, fyllnadsämnen och olika kemikalier. **Det är av högsta vikt att man är uppmärksam på hur dessa element tillsammans blir en fender av hög kvalitet.** Överlägsen mekanisk styrka, flexibilitet och hållbarhet är några av de krav som spelar en viktig roll när det gäller en fenders livslängd. **Det finns ett ömsesidigt beroende mellan alla steg vid fendertillverkning, från val av råmaterial och balansering av blandningens design till noggrannheten i den mixningsprocess som resulterar i den fördefinierade slutprodukten.** Utvecklingen av receptet för gummiblandningen och den efterföljande mixningsprocessen är de mest känsliga delarna när det handlar om fenderproduktion.

Den stora mångfalden av sammansättningar av gummiblandningar kräver att mixningsprocessen adresserar dessa skillnader i termer av process och utrustning. **Med tanke på att det inte finns två fenderprojekt som är lika, är individualiteten i produktionsprocessen för varje specifikt projekt av största betydelse.**

Naturligt rågummi

Komplexiteten i interaktionen mellan sammansättning och produktegenskaper kräver djupgående kännedom och en historik av sakkunskap från tillverkarens sida – vilket traditionellt utvecklas och mognar genom långvarig erfarenhet inom detta område.

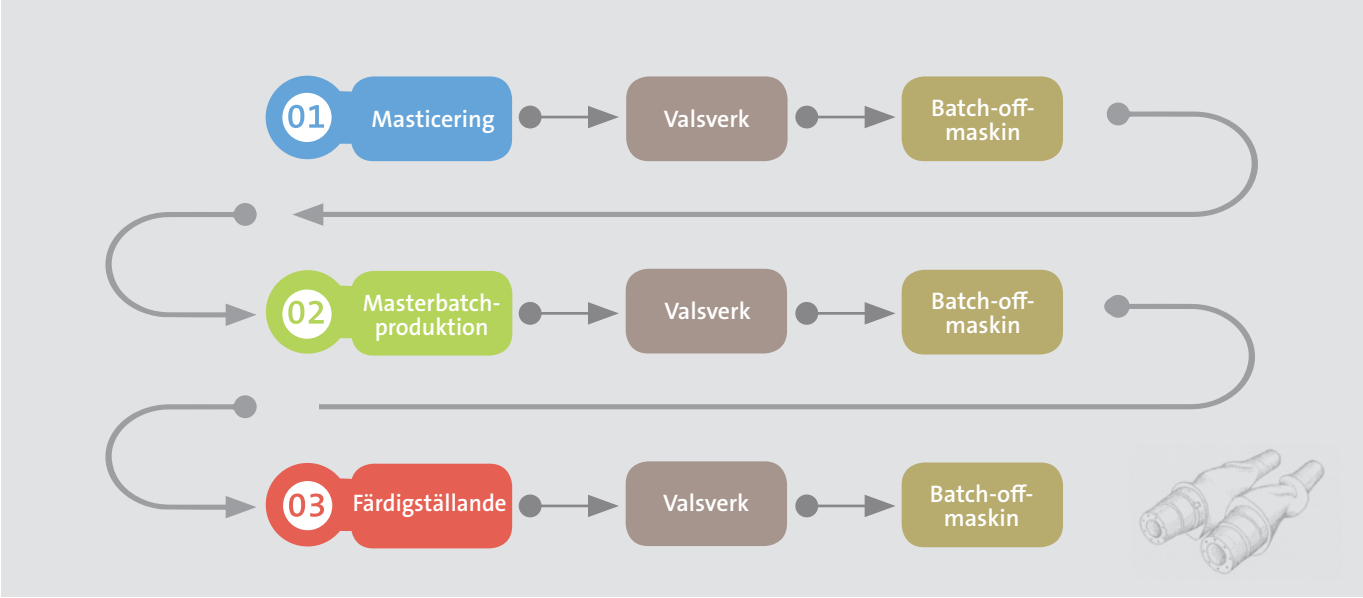
Gummits bearbetningsbarhet, processens tillförlitlighet och ekonomisk effektivitet är kännemärken som kan uppnås på ett antal olika sätt. **För att uppnå homogen fördelning av mixningsingredienserna och hög dispergering är tillverkaren beroende av industriell mixningsutrustning med höga prestanda.** Rapporten kommer att i det följande belysa lämplig utrustning för varje produktionssteg och kommentera vissa utbredda missuppfattningar om olika typer av mixer som vanligen används inom gummiindustrin.

Denna tekniska rapport behandlar processen för mixning av gummi (bestående av masticering, produktion i masterbatch (huvudsats), och färdigställande; se figur 1 och 2 för en översikt och för stegen i detalj) och utrustningen som den förespråkas av ShibataFenderTeam Group (SFT) för att tydliggöra ett exempel för industrin.

Figur 1: Mixningsprocess – översikt

Observera:

Förfarandet nedan åskådliggör en mixningsprocess i två steg, vilket vi absolut inte hävdar vara den enda vägen till en bra fender. Den visar ändå korrelationen mellan de olika stegen i mixningsprocessen och de faktorer som måste beaktas för fenderns slutgiltiga kvalitet. Mixning i ett steg i interna blandare är möjligt, och likaledes användning av enbart en typ av intern mixer, men det är inte någon idealisk lösning för alla gummiblandningar.



Figur 2: Mixningsprocess – detaljerade steg

A. Ingredienser i gummiblandningen – fundamentala val.

Som vi diskuterade i del I i denna serie är en välavvägd kemisk sammansättning av gummiblandningen hörnstenen för en högklassig fender och för gynnsamt beteende vid mixning. För att undvika inkonsekvenser i de slutgiltiga egenskaperna är valet av rågummi särskilt viktigt. Det ursprungliga tillståndet hos naturgummi (NR), som en naturlig produkt, kan variera i viskositet på grund av varierande molekylvikt och ojämn molekylfördelning. NR utvinns i form av latex från ett träd med benämningen Hevea brasiliensis. Hög konsumtion och den geografiska begränsningen av detta råmaterial under 1700-talet ledde till utvecklingen av syntetiskt gummi (SR). Det syntetiska gummi som vanligen används i fenderblandningar är styren-butadien-gummi (SBR). Idag har det blivit standard att blanda NR med SR, vilket på grund av flera komplementära egenskaper hos olika gummityper har en positiv effekt på fenderns fysiska egenskaper som åldringsstabilitet, draghållfasthet och bearbetningsmöjligheter. **Beroende på gummiblandningens sammansättning måste de övriga mixningsingredienserna balanseras mycket exakt för att uppnå optimala egenskaper hos den slutgiltiga gummifendern.** Ytterligare ingredienser för att

Syntetiskt gummi (styren-butadien-gummi)

förbättra de erforderliga fysiska egenskaperna hos fendern, och även gummits bearbetningsbarhet, är kimrök (CB), naturligt och syntetiskt kalciumkarbonat (CC), processolja, antioxidant och antiozonant för att skydda gummit mot åldring och ozonrelaterad försämring, samt svavel som vulkaniseringsämne. **Kemisk interaktion och ömsesidigt inflytande mellan de enskilda komponenterna måste övervägas noggrant för varje gummisammansättning.** Som nämnts tidigare är antalet möjliga formuleringar oändligt och sammansättningen handlar om precision på grammet när. Detaljerad information om de enskilda mixningsingredienserna och gummiblandningar kan inhämtas i del 1 av serien av tekniska rapporter.

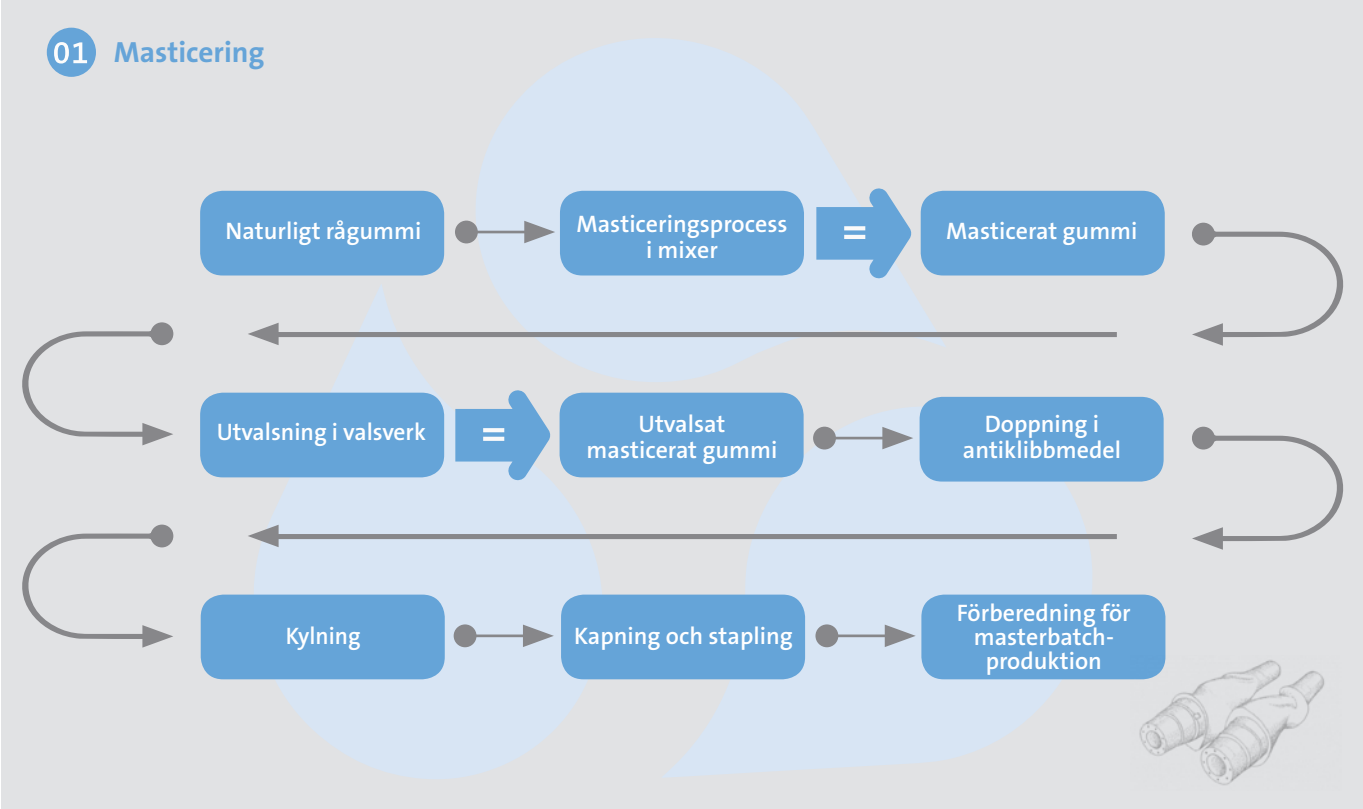
Masticerat rågummi

B. Gummimasticering – huvudsaklig beredning.

Naturgummi i sin ursprungliga form har en mycket hög fastställd molekylvikt (vilket innebär hög viskositet) och en ojämn molekylstruktur – ett tillstånd som komplicerar både homogen blandning med syntetiskt gummi och enhetlig dispergering med övriga ingredienser. Av denna orsak genomförs mekanisk masticering (se figur 3) före den egentliga mixningsprocessen för att uppnå en materialyta som är mottaglig för dispergering av polymera blandnings- och mixningsingredienser.

Under processen för mekanisk masticering bryts gummits molekylstruktur ned av de skjuvkrafter som rotorn i en intern mixer åstadkommer, de långa molekylkedjorna kapas och molekylerna riktas upp parallellt. Resultatet är ett gummi med låg viskositet, enhetlig plasticitet och flytbarhet – och är därför ett råmaterial med idealiska mixningsegenskaper och bearbetningsbarhet. **Gummitillverkare kan välja mellan att köpa in masticerat gummi eller att utföra mastic-ering i egen regi (vilket görs hos SFT), och detta ger utökade möjligheter att hantera kvaliteten samt enhetligheten i varje sats och mellan satserna.** Masticering görs i allmänhet med interna blandare (se nästa avsnitt om mixningsutrustning för mer information om detta). Vid användning av en intern mixer kommer naturgummit in i mixningskammaren via inmatningstrattens lucka och bearbetas av mixerns två tunga rotorpaddlar av stål. Det masticerade gummit matas ut och släpps ned direkt i ett valsverk som valsar ut det för ytterligare förbättrad bearbetningsbarhet (se figur 4). Alla stegen från masticering till färdigställande övervakas och dokumenteras noggrant.

Masticerat gummi i valsverk

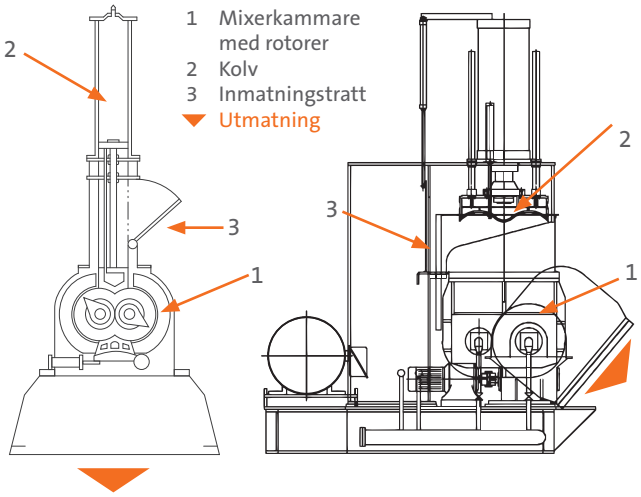


Figur 3: Masticering – detaljerade steg

C. Mixerutrustning – effektiv samverkan mellan maskiner.

De vanligaste mixerna vid gummitillverkning är Banbury och Kneader, båda interna mixer, och därutöver används valsverk. **Konstruktionen hos dessa två interna mixer är lika när det gäller deras mekaniska karaktäristik, men vardera maskinen har sina fördelar för olika förfaranden , och de kan användas kompletterande för optimerad tids- och kostnads-effektivitet.** Principiellt består båda mixerna av motroterande rotorpar, en mixerkammare, en flytande vikt (kolv), och en inmatningstratt. De två mixerna har olika gummiutmatningsmekanismer: gummit lämnar Kneader-blandaren direkt från mixerkammaren som lutas bakåt för att mata ut materialet. Banbury-mixern har en fallucka genom vilken gummit släpps ned i valsverket.

Båda maskinerna finns tillgängliga med kammare i olika storlekar. **I motsats till den populära uppfattningen inom industrin är inte en stor mixer direkt länkad till en effektivare process eller en hög kvalitet hos det slutgiltiga resultatet:** med termiskt känsliga polymerer som NR och SBR bör en viss temperatur inte överskridas under mixningsprocessen. Den största fördelen med mindre mixer är ett gynnsammare förhållande mellan kammarvolym och kylyta. Mindre mixersystem har ett överlägset förhållande mellan yta och kylning i jämförelse med större system: Volymen ökar kubiskt



Ritning över Banbury-mixer

Ritning över Kneader-mixer

Banbury-mixer

Kneader-mixer

medan kylytan ökar kvadratiskt. Följaktligen kommer mixningstemperaturen alltid att vara avsevärt högre i en större mixer. Dessutom krävs det längre tid att blanda stora satser, vilket kan skada gummits molekylstruktur och försämra den slutgiltiga blandningens kvalitet. Kvaliteten minskar med utökad mixningstid och påverkar den slutgiltiga produktens fysiska egenskaper negativt. **Det är faktiskt så att en stor mixer på grund av sin högre utmatningskapacitet är ekonomiskt fördelaktig, men om man prioriterar kvalitetsprincipen bör en mellanstor mixer vara förstahandsvalet om kvalitet ska prioriteras före kvantitet.**

Trots likheterna hos de båda interna mixerna ger vardera maskinen vissa fördelar som gör den mer lämplig för ett produktionssteg än för ett annat (se tabell 1 för en detaljerad översikt). Med sin högprestandamotor, justerbara rotorhastighet och automatiserade vägningssystem är Banbury en överlägsen mixer för masterbatch-produktion. Hög grad av dispergering och mixning av gummi med hög viskositet kan uppnås inom en kort tidsram. Eftersom Banbury arbetar vid högre temperaturer än Kneader, är den inte den bästa lösningen för masticering och färdigställande, även om detta är möjligt. Banburys högre temperatur kompenseras av kortare mixningstid. Kneader har dock vissa fördelar framför Banbury.

Dessa är:

- Masticering: lätt att ladda med rågummiblock
- Masterbatch-produktion: för att producera färgade blandningar, såsom gråa blandningar, eftersom mixningstemperaturen måste vara relativt låg
- Färdigställande: högre kyleffekt och lätt att mata ut materialet från mixningskammaren

Val av rätt mixer för respektive produktionssteg och korrekt drift kräver stor erfarenhet; användning av båda mixerna kan vara en mycket stor fördel.

Valsverket består av två parallella, motroterande valsar med en justerbar spalt mellan valsarna. Valsverket kan användas för alla steg i mixningsprocessen. Vid masterbatch-produktion tillsätts andra mixningsingredienser till gummit. Valsverkets extremt höga skjuvkrafter vid låg temperatur leder till överlägsen dispergering av ingredienserna, men till skillnad från den interna mixern, med sina tillslutna kammare, är valsverket ett öppet mekaniskt system och råmaterialen kan spridas.

Valsverk

Detta kan skapa en dammig och osäker produktionsmiljö, vilket är ett starkt argument för användning av intern mixer. Valsverkets effektivitet minskas också av längre mixningstid och därför används valsverket vanligen för utvalsning, vilket kommer att beskrivas i nästa avsnitt.

MIXNINGSSTEG	INTERNA MIXER		VALSVERK
	BANBURY	KNEADER	VALSVERK MED TVÅ VALSAR
Masticering 01	+ möjlig men mindre effektiv	+ effektiv fyllning av gummiblock	+ överlägsna skjuvkrafter – jämförelsevis låg produktivitet
Masterbatch-produktion 02	+ lämplig för gummin med hög viskositet + justerbar rotorhastighet + snabb dispergering + tillsluten kammare + automatiserad vägning + temperaturen är lämplig för kemisk dispergering	+ tillsluten kammare + på grund av lägre temperatur lämplig för färgad blandning – lägre produktivitet än Banbury – inte lämplig för gummin med hög viskositet	+ hög skjuvkraft och mycket grundlig dispergering – jämförelsevis låg produktivitet – spridning av råmaterialen – kräver skicklig arbetskraft – riskfylld arbetsmiljö
Färdigställande 03	+ möjlig men mindre effektiv	+ högre kyleffekt + lätt utmatning av material	+/– se ovan

Tabell 1: mixningsutrustning med ett ögonkast

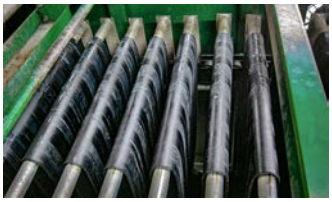
Masterbatch i valsverk

D. Utvalsning – skapar enhetliga egenskaper.

Efter varje mixningsoperation (masticering, masterbatch-produktion och färdigställande) är gummit förberett för nästa produktionssteg genom utvalsning i ett valsverk. **Gummit som släpps ned i spalten mellan valsverkets valsar mixas ännu en gång av de motroterande valsarna och genom de höga skjuvkrafterna.** Gummit lindar sig sedan runt den främre valsen och omformas till en skiva av de två valsarna. Batch-off-maskinen är placerad intill valsverket. Den utför fyra huvudsteg med en roterande kniv vid slutet av linjen (se figur 4). Först präglas gummiskivorna med blandningens kod (enbart masterbatch och färdigställd blandning) och sänks ned i en behållare som är fylld med ett utspätt antiklibbmedel som förhindrar att de ohärdade gummiskivorna klibbar ihop. Gummiskivorna överförs sedan till en kylkammare som snabbt sänker deras temperatur och också hjälper till att torka antiklibbmedlet. Slutligen överförs gummit till den roterande kniven där skivorna kapas till önskad längd. Det färdigställda gummit förblir okapat och viks i ett stycke för att förbättra bearbetningsbarheten i den efterföljande tillverkningsprocessen.

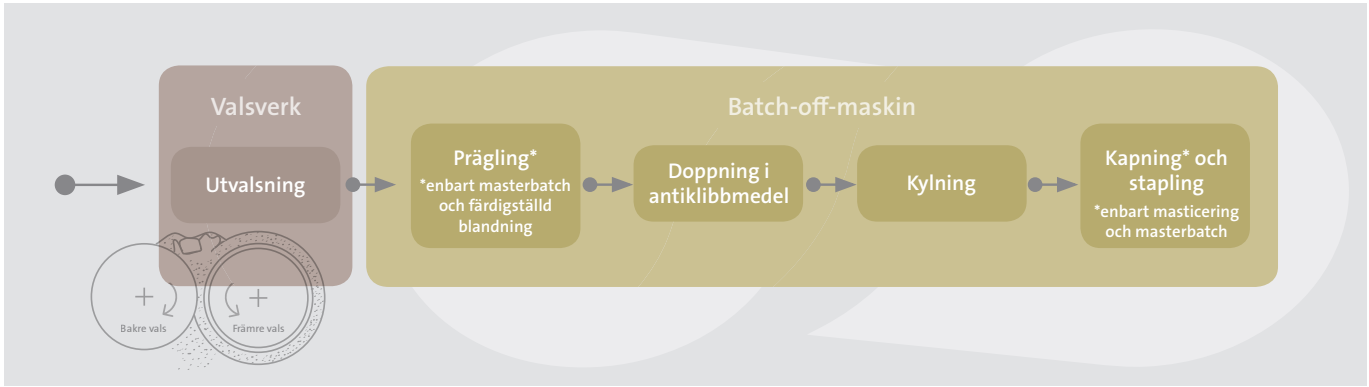
Präglning

Antiklibb



Kylning

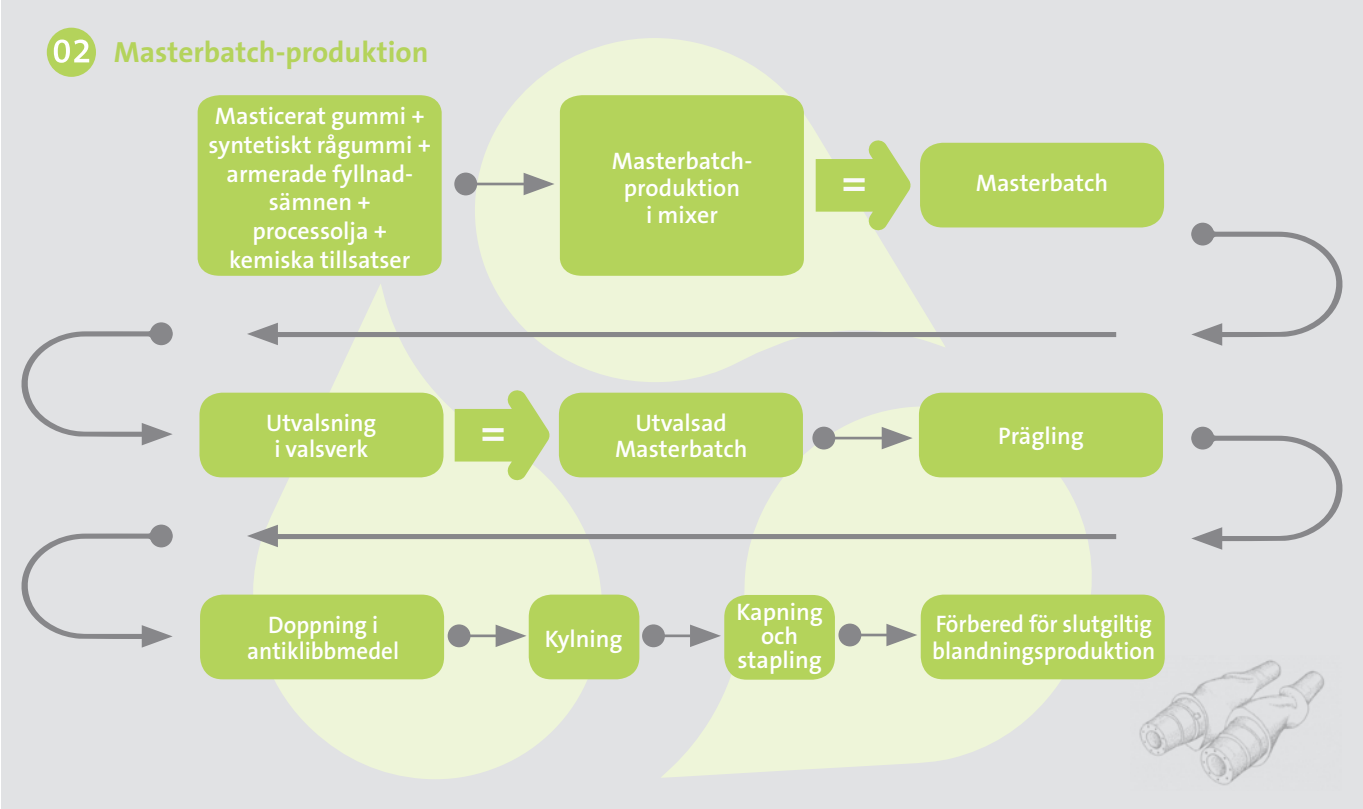
Kapning



Figur 4: Mixningsprocess – valsverk och batch-off-maskin

E. Masterbatch – allt om tillsatser.

Mixningsprocessen i två steg börjar med produktion av masterbatchen (huvudsatsen): ett viktigt steg i mixningsprocessen, helst genomförd med Banbury (se figur 5). Det är här som alla ingredienserna mixas, med undantag av vulkaniseringsmedlet. **Särskild uppmärksamhet måste fästas vid ordningsföljden för tillsättningen av ingredienserna och de efterföljande mixningstiderna.** I ett första steg mixas masticerat naturgummi (NR) med syntetiskt gummi (styren-butadien-gummi, SBR) för att skapa en enhetlig gummiblandning. På grund av naturgummits egenskaper, erhållna genom masticering, kan gummiblandningen mixas optimalt med alla fyllnadsämnen och kemikalier som erfordras för de önskade fysiska egenskaperna. Kimrök och processolja tillsätts och efter den inställda mixningstiden tillsätts fyllnadsämnen och kemikalier i kammaren. Efter varje tillsättning av en ingrediens stängs inmatningstrattens lucka på nytt och materialet pressas in i kammaren av kolven. Materialet mixas sedan under noggrann övervakning av temperaturutvecklingen och rotationskrafterna. Det finns flera parametrar som måste övervakas noggrant under denna operation. Före start av Banbury-mixern kontrollerar det automatiska vägningssystemet och styrenheten för automatisk mixning att mänskliga fel avseende den kemiska sammansättningen av blandningen och mixningsinställningarna förhindras. **Om mixningen är otillräcklig i detta steg, dispergeras inte kimröken homogent, vilket försämrar den slutgiltiga blandningen.** Mixningen måste genomföras vid relativt hög temperatur för att kemikalierna ska smälta för tillräcklig dispergering. Vid för höga temperaturer blir dock gummit för mjukt och tillräckliga skjuvkrafter kan inte genereras, vilket följaktligen leder till sämre dispergering av ingredienserna. Dessutom har NR och SBR inte hög temperaturbeständighet, vilket gör att för höga temperaturer påverkar blandningens fysiska egenskaper negativt.**Denna fina temperaturbalans kräver noggrann övervakning av mixningshastigheten och tiden.** Vidare är Banbury utrustad med ett mycket effektivt kylsystem som hjälper till att kontrollera temperaturen under förfarandet. Masterbatchen bearbetas sedan ännu en gång i valsverket och i batch-off-maskinen, och lagras under en kylningsperiod innan den bearbetas vidare.

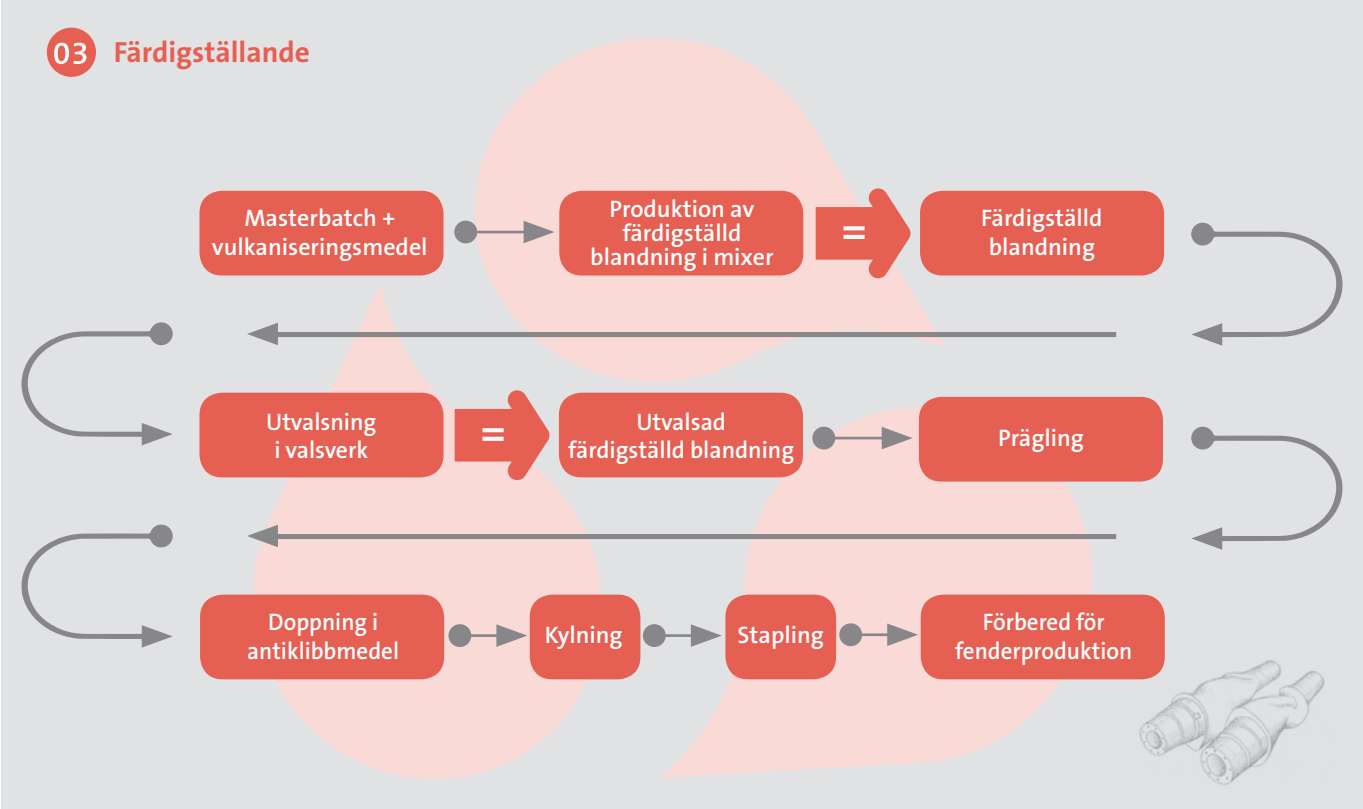


Figur 5: Masterbatch-produktion – detaljerade steg

F. Färdigställande – en nypa svavel.

I det andra steget av mixningprocessen, färdigställandet, mixas masterbatchen med svavel som förberedelse inför tillverknings- och härdningsprocessen, som kommer att behandlas i kommande del III i serien av tekniska rapporter (se figur 6). Svavel är det vanligaste vulkaniseringsmedlet för gummifendrar. Det används i kombination med andra kemikalier för att accelerera vulkanisering och förhindra uppvärmning, såsom zinkoxid, stearinsyra och annat. **Medan detta steg är viktigt för effektiv korslänkning av gummits polymerkedjor (vulkanisering), förbättrar tillsättning och noggrann mixning av svavel gummits slutgiltiga hårdhet och elasticitetsegenskaperna.** Efter tillsättning av svavel måste man undvika temperaturökning för att förhindra förtida vulkanisering. **Kneader är den föredragna mixningsanordningen för färdigställandet eftersom Kneader till skillnad mot Banbury inte så lätt överskrider den vulkaniseringskritiska temperaturen.** Den färdigställda blandningen bearbetas i valsverket och batch-off-maskinen samt lagras

Blandning som färdigställts i valsverk



Figur 6: Färdigställande – detaljerade steg

sedan i ett vikt stycke utan att kapas, vilket underlättar den fortsatta tillverkningsprocessen (del III i serien av tekniska rapporter).

Det efterföljande steget i fenderproduktion, tillverkning och härdning, baseras på exakt bestämning av tiden till begynnande härdning, optimal härdningstid samt minimalt och maximalt vridmoment. **Dessa parametrar kan variera mellan olika blandningssatser, och därför är testning och bestämning av dessa parametrar extremt viktig med avseende på hög kvalitet hos fenderprodukter.** För detta ändamål placeras en provbit av den färdigställda blandningen på en vulkreometer som fastställer alla relevanta data baserat på en speciell programvara för att tidsplanera idealiska härdningsparametrar individuellt för varje blandning. På detta sätt kan konsekvent kvalitet bedömas på nytt för varje blandningssats.

Samma provbit används för att testa de fysiska egenskaperna hos blandningen. Om man utför båda testerna i detta skede av fenderproduktionen, har man möjlighet att bedöma kvaliteten tidigt.

Provbit för vulkreometer

Färdigställt gummi hopvikt för tillverkningsprocess

Slutledning.

Baserat på det vi har lärt oss hittills i del I och del II av denna serie av tekniska rapporter, är det en komplex väg från design av blandningen för en gummifender med önskade fysiska egenskaper till ett mixerförfarande enligt högsta kvalitetsstandarder. Gummiblandningar för gummifendrar måste ha överlägsen mekanisk styrka, flexibilitet och hållbarhet med ett hälsosamt förhållande mellan kostnad och prestanda. Vårt uppdrag hos SFT är att maximera och utöka varje materials styrka genom att kombinera olika typer av gummin, fyllnadsämnen och kemikalier med en överlägsen mixningsprocess.

Justering av blandningen för varje nytt fenderprojekt efter behoven efterföljs rigoröst hos SFT, eftersom gummiblandningens karaktäristik i hög grad påverkar fenderns prestanda och hållbarhet. Gummiblandningar för fendrar kan absolut inte göras generella för hela industrin.

Vi överdriver inte när vi säger att balansering av råmaterial är en nödvändighet för design av blandningar och en integrerad del av vår erfarenhet. **Det finns ett oändligt antal kombinationer av gummiblandningar och de är alla beroende av typen och mängden av rågummin och blandningstillsatser som används i formuleringen.** Hos SFT har vi en fast tro på att sakkunskapen inom områdena design av blandningar, mixning, produktion och testning är nyckeln till säkerhet, tillförlitlighet och hållbarhet hos en fender.

.

Dock behöver den bästa formuleringen av blandningen och råmaterial av högsta kvalitet inte resultera i en hållbar gummifender om olämpliga tekniker är involverade, eller om fel utrustning används. **Både Banbury och Kneader är tillförlitliga och effektiva lösningar för mixning av högklassiga blandningar och det kan till och med löna sig att använda båda.** Ansatsen för att uppnå denna kvalitet kan variera beroende på de erforderliga fysiska egenskaperna hos den slutliga produkten men har i de flesta fall uppstått genom en lång historia av erfarenhet med materialen och de involverade processerna. **I slutänden är soliditeten hos en flerskiktad process som skräddarsydda gummiblandningar i**

stor omfattning beroende av den operativa kontrollen över varje produktionssteg, ett gediget koncept av kvalitetshantering och, ännu en gång, tillverkarens erfarenhet.

Som fendertillverkare med omfattande sakkunskap och mer än 90 års erfarenhet inom gummiproduktion åtar vi oss hos SFT hela den projektspecifika processen från beräkningar och design till skapande och producerande av en högkvalitativ, hållbar fender, med genuint engagemang att följa internationella standarder och riktlinjer, och en tydlig känsla av ansvar.

Referenser:
Om inget annat anges, är alla hänvisningar till gummi och ombland-ning av gummi i denna tekniska rapport hämtade från:

- Abts, G. (2007). Einführung in die Kautschuktechnologie *(Introduktion till gummiteknik).* München: Hanser
- Hofmann, W. & Gupta, H. (2009). Handbuch der Kautschuk-technologie *(Handbok i gummiteknik).* Ratingen: Gupta
- C. Hopmann, J.P. Dering, and A. Lipski (2015). Process analysis for efficient rubber processing *(Processanalys för effektiv bearbetning av gummi) (Gummi Fasern Kunststoffe, 68, nr 1, sid. 44–50).* Ratingen: Gupta
- Nobuyuki, N. (2000). Science and Practice of Rubber Mixing. *(Vetenskap och praxis inom omblandning av gummi)* Shawbury: Capra Technology Limited
- Ny upplaga, Basic Rubber Technology *(Grundläggande gummiteknik)*, tredje tryckningen av den revid-erade upplagan (2010). The Society of Rubber Science and Technology, Japan
- ShibataFenderTeam, Teknisk rapport nr 1: Gummiblandningen

Reflexion:

- **De fysiska egenskaperna hos en gummifender beror inte enbart på gummiblandningens kvalitet. Korrekt hantering av materialet i mixningsprocessen och valet av utrustning är lika viktigt.**
- **Att välja den lämpligaste mixningsanordningen för varje produktionssteg ur ett utbud av tillgängliga anordningar och djupgående kunskap hos operatören spelar en viktig roll vid tillverkningen av en fender som överträffar och överensstämmer med internationella testningsstandarder.**
- **Funktioner hos mixningsutrustningen som är relevanta för den slutliga blandningens kvalitet innefattar rotorhastighet, tempe-raturutveckling och kammarens förhållande mellan volym och kylyta. Stora mixer kan vara effektiva, men inte nödvändigtvis till fördel för blandningens kvalitet. of the compound.**

ShibataFenderTeam Group.

ShibataFenderTeam Group är en ledande internationell fendertillverkare med mer än 50 års koncernerfarenhet av fendertillverkning, över 100 000 fendrar i bruk och mer än 90 års erfarenhet av tillverkning av gummiprodukter. Shibata Industrial, med huvudkontor i Japan, har ansvaret för produktion och FoU, medan ShibataFenderTeam, med huvudkontor i Tyskland, har hand om konstruktion och försäljning. De regionala kontoren i USA, Europa och Asien assisteras av ett stort nätverk av väletablerade lokala representanter på sex kontinenter.

Skapa och skydda värde – det är kärnan i vad våra produkter är avsedda att göra. Vi erbjuder hela skalan av marinfenderprodukter, från enkla gummiprofiler till mycket sofistikerade system, och även tillbehör och fästen. Överlägsna konstruktioner innebär att våra partner säkert kan förvänta sig det bästa från oss inom alla områden. Vår erfarenhet har förvärvat oss ett rykte som en pålitlig partner inom marknaden för internationella hamnar, hamnanläggningar och vattenvägar.

info@shibata-fender.team
www.shibata-fender.team

SHIBATAFENDERTEAM GROUP.

HUVUDKONTOR:

ShibataFenderTeam AG – Tyskland
+49 (0)40 63 86 10 - 170
info@shibata-fender.team

ShibataFenderTeam Inc. – USA
+1 (571) 281 - 3770
contact-americas@shibata-fender.team

ShibataFenderTeam Sdn. Bhd. – Malaysia
+60 (0)3 5545 9215
contact-malaysia@shibata-fender.team

ShibataFenderTeam Spain SLU – Spanien
+34 960 913 108
contact-spain@shibata-fender.team

ShibataFenderTeam B. V.
+31 (0)497 749 - 260
contact-netherlands@shibata-fender.team

Publicerad av ShibataFenderTeam AG. Alla rättigheter förbehålles. 05/2019;
Layout: wn8.de