

Az abroncsgyártás alapjai

BME - Vendégelőadás, 2019

JÁKSÓ Ágnes
OLÁH Szabolcs

Hankook Tire & Technology
2019.10.02.



 **Hankook**
driving emotion

Tartalom

- 1.) **Hankook Tire & Technology – Cégismertető**
- 2.) **A gumiabroncsok csoportosítása; követelmények**
- 3.) **A gumiabroncs felépítése**
- 4.) **Az abroncsgyártás folyamata**
- 5.) **A gumikeverékek alapanyagai**
- 6.) **A gumikeverékek vizsgálata**
- 7.) **EU Labeling System**

Hankook Tire & Technology



- 8 gyártóüzem világszerte
 - Korea (2), Kína (3), Indonézia, USA, **Magyarország (Rácalmás)**
- Teljes kapacitás: 102 millió abroncs/év
- Közel 21 ezer alkalmazott
- 5 fejlesztőközpont
- A DTM és a Formula Renault Eurocup hivatalos beszállítója

Hankook Tire & Technology - Magyarország

Termékportfólió – Rácalmás

➤ OE (Original Equipment)



HYUNDAI



RENAULT



ŠKODA

➤ RE (Replacement Equipment)

➤ Korszerű technológiák



2.) A gumiabroncsok csoportosítása, követelmények

A gumiabroncsok csoportosítása

1. Jármű alapján

Passenger car (PC)



Light truck (LT)



Truck and bus (TB)



Aircraft (AC)



Agriculture (AG)



Off-the-Road (OTR)



Industrial (ID)



Motorcycle (MC)



2. Évszak alapján



Ventus V12 Evo2

Nyári



iCept Evo2

Téli

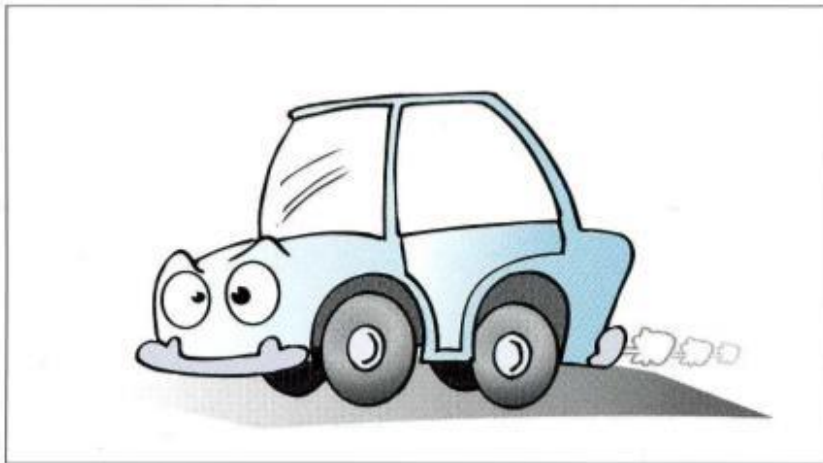


Optimo 4S

Négyévszagos

Követelmények – Az abroncs funkciói

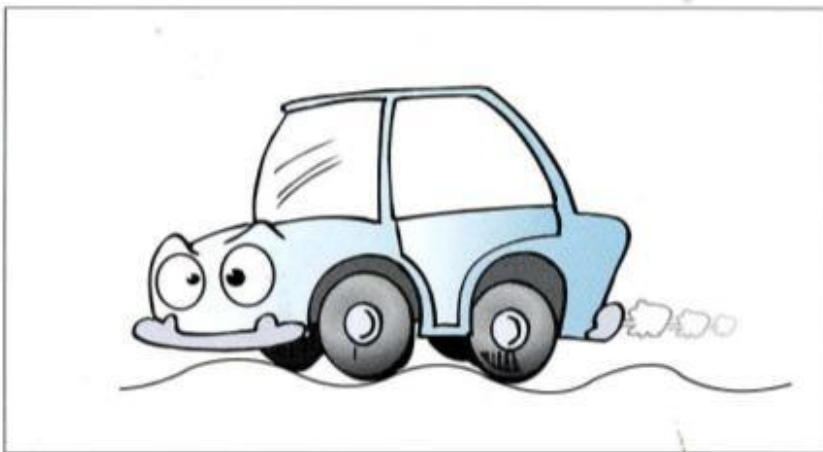
Teherhordás



Erőhatások átvitele az útestre



Úthibák miatti rázkódás csillapítása



Kezelhetőség, kanyarodás



Követelmények

Stabilitás

- Tartósság
- Külső erőknek való ellenállás
- Alacsony légáteresztés
- Irányíthatóság

Gazdaságosság

- Sérülésekkel szembeni ellenállás
- Kopásállóság
- Üzemanyag-takarékosság



Komfort

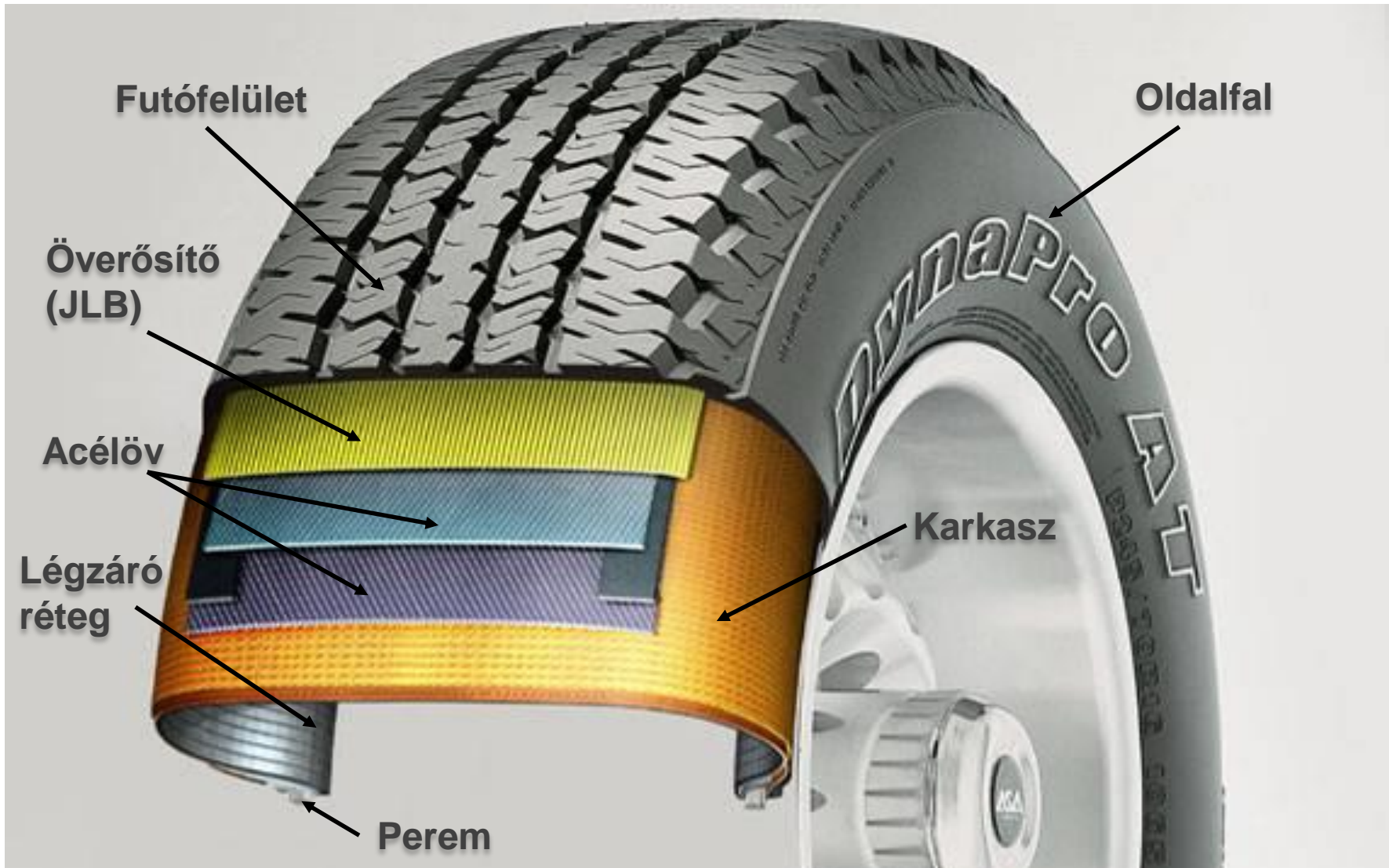
- Alacsony zajszint
- Rezgések elnyelése
- Kezelhetőség

Környezet

- Alacsony zajszint
- Környezetbarát alapanyagok

3.) A gumiabroncs felépítése

A gumiabroncs felépítése



A gumiabroncs felépítése

Futófelület (tread)

- Az abroncs úttal érintkező része
- Jellemzői: tapadás, gördülési ellenállás, kopásállóság

JLB (jointless belt):

Keskeny, folytonos pánt, amely megakadályozza az acél övek szétválását

Acélöv:

- Gumírozott acélszalak;
- Abroncsenként 2 réteg
- Erősítés, ütések elnyelése
- Szálak helyzete (vágás után): $\pm 20\sim 30^\circ$ a középvonalhoz viszonyítva



Karkasz:

- Gumírozott textilszalak
- Az abroncs vázát adja
- Elosztja a terhelést

Légzáró réteg:

- Fenntartja az abroncson belül a kívánt légnyomást
- Speciális alapanyag: halobutil gumi

Oldalfal:

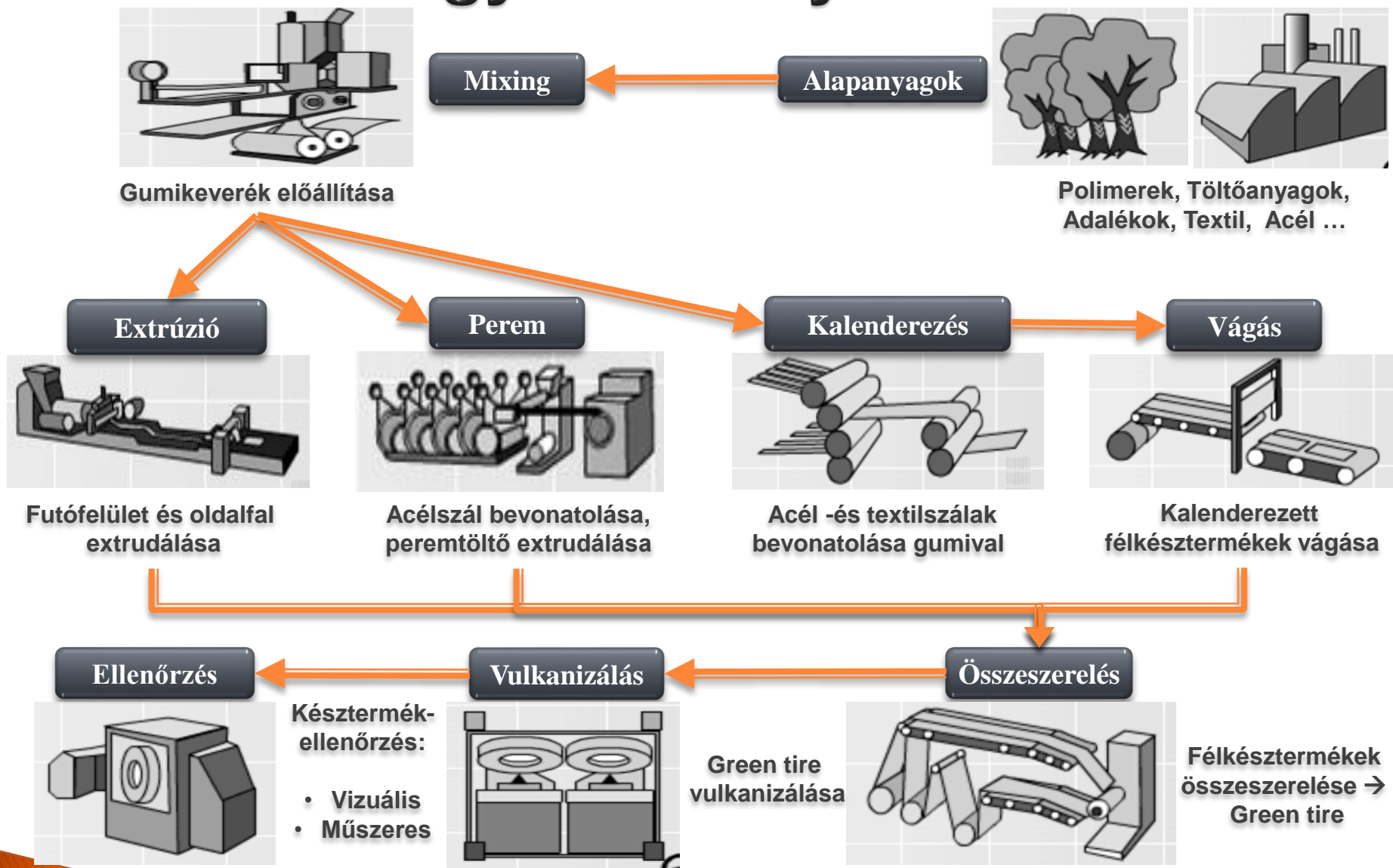
- Védi a karkaszt a külső behatásoktól
- Átviszi a nyomatókat a futófelületre

Perem:

- Az abroncs és a felni közötti kapcsolódási pont
- Kezelhetőség, komfort

4.) Az abroncsgyártás folyamata

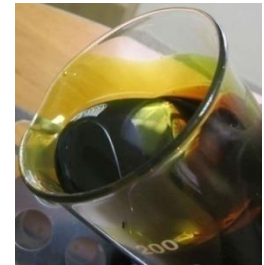
Az abroncsgyártás folyamata



Alapanyagok

▶ Gumikeverék

- Gumi (természetes, szintetikus)
- Töltőanyag (korom, szilika, egyéb szervesetlen töltőanyagok)
- Olajok (természetes, szintetikus)
- Vulkanizálószerke (kén, gyorsító, retarder)
- Feldolgozást segítő anyagok
- Öregedésgátlók



▶ Textilszál

▶ Acélszál



Keverés

- ▶ **Összetevők elosztatása a polimer mátrixban**
- ▶ **Berendezések:**
 - Belső keverők
 - Hengerszékek } „batch” gyártás
 - (Keverőextruderek → folyamatos gyártás)
- ▶ **Keverési lépések:**
 - Non-pro: minden összetevő hozzáadása, kivéve a vulkanizálószereket
 - Final: vulkanizálószer elosztatása



Keverés – Belső keverők

▶ Főbb részei:

○ Kamra

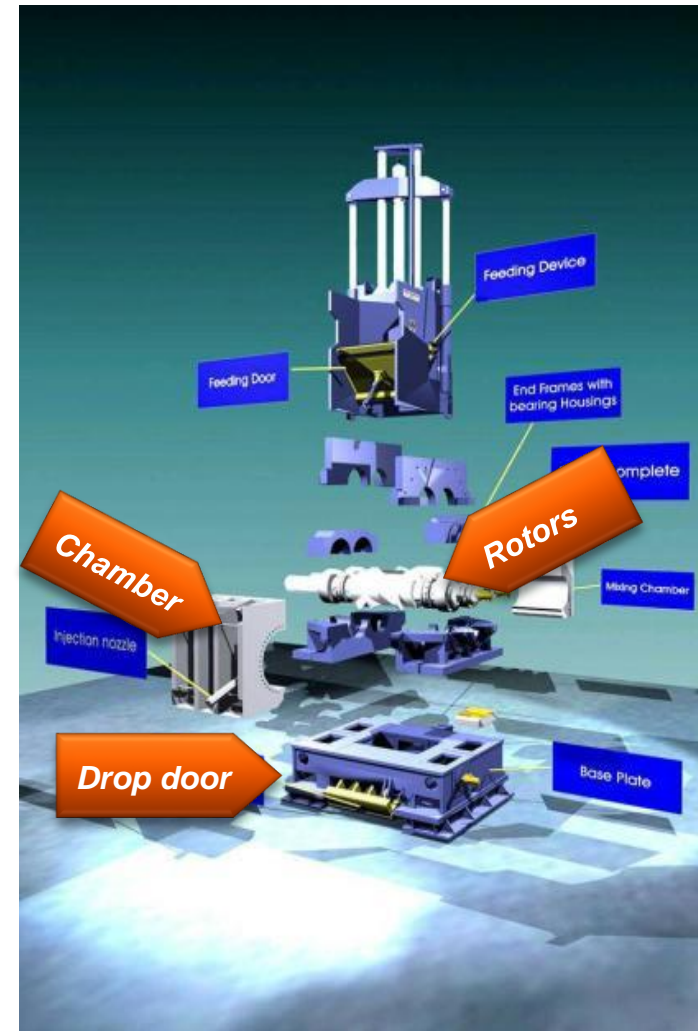
- Az a tér, amelyben a keverés történik
- Lentről az ajtóajtó, fentről a ram zárja (zárhatja) le

○ Rotorok

- Speciális kiképzésű forgó alkatrészek, amelyek az összetevőket szétdarabolják, illetve elosztatják

○ Ejtőajtó

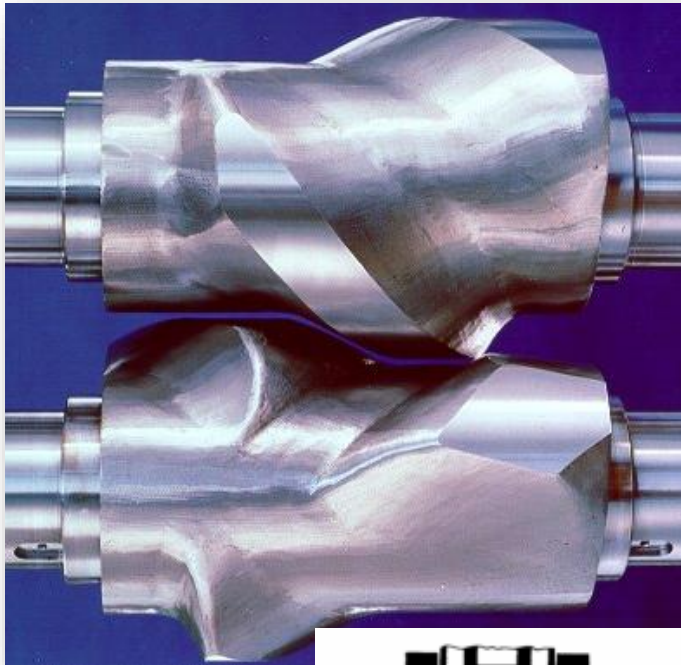
- A kamra alján lévő nyitható alkatrész
- A keverési ciklus végén ezen keresztül távozik a keverék



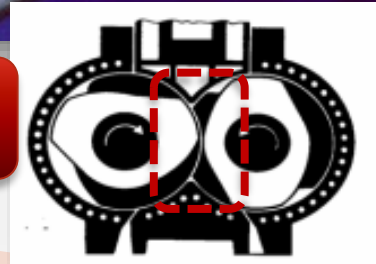
Keverés - Rotortípusok

Intermeshing

- Állandó réstávolság
- Nagyobb hűtött felület
- Jobb töltőanyag-eloszlás
- Szilikás keverékek!



Legnagyobb nyírás:
rotorok közötti térben

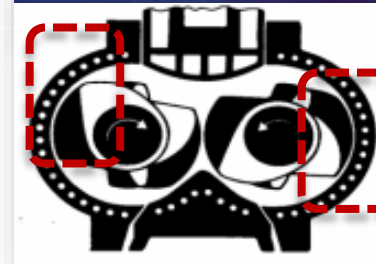


Tangenciális

- Hosszirányban változó réstávolság
- Nagyobb mixerkapacitás
- Rosszabb töltőanyag-eloszlás
- Kormos keverékek



Legnagyobb nyírás:
a rotorvégek és a kamra fala között

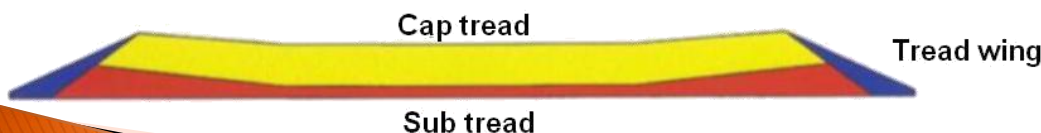
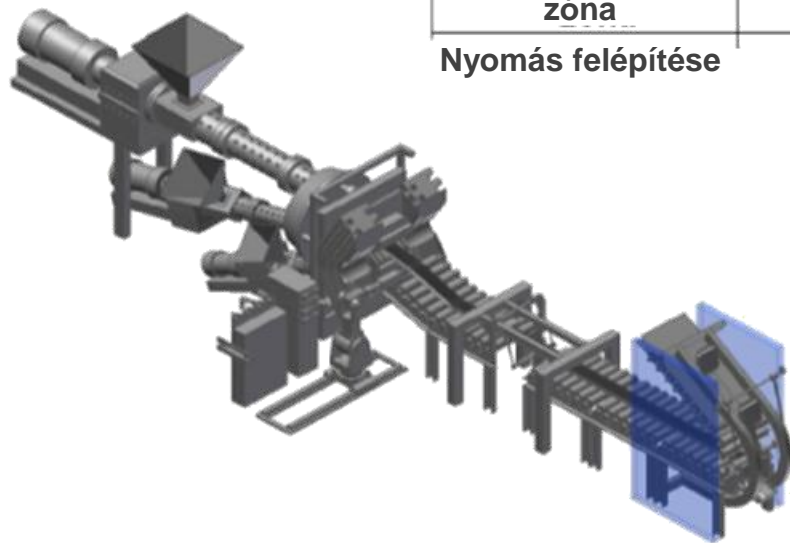
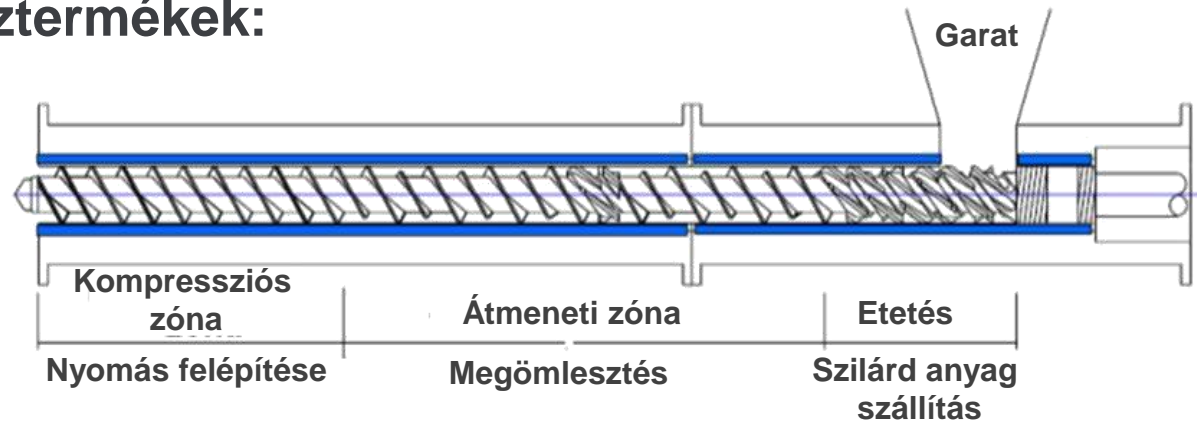


Extrudálás

▶ A megömlesztett gumikeverék átpréselése alakadó szerszámon

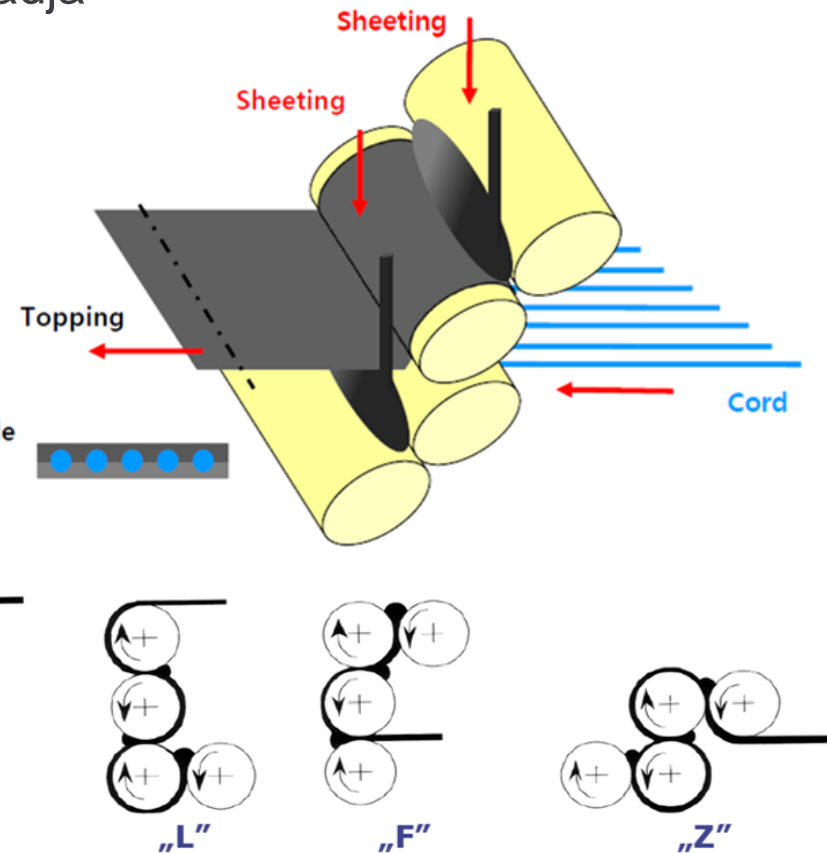
▶ Extrudált félkésztermékek:

- Futófelület
- Oldalfal
- Peremtöltő



Kalenderezés

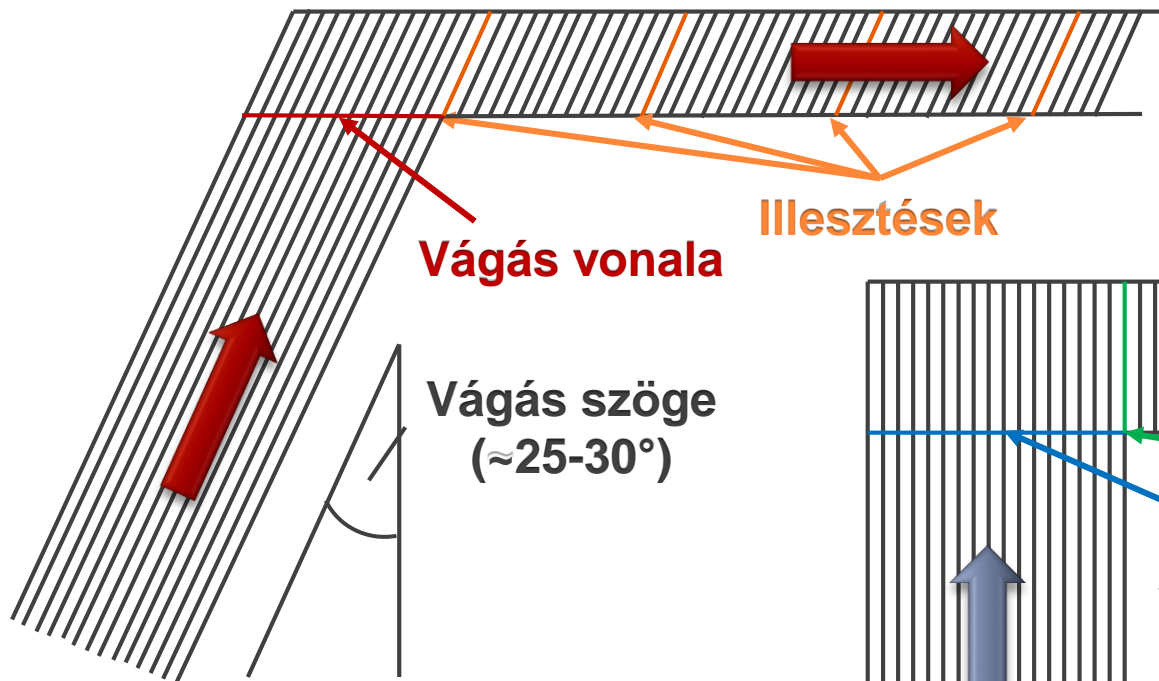
- ▶ Alakadó művelet, melynek során szövet- vagy fémszálakat vonnak be vékony gumiréteggel.
- ▶ A jobb adhézió érdekében speciálisan felületkezelt szálakat, illetve a gumikeverékhez egyéb adalékokat szokás alkalmazni.
- ▶ **Textil** → **Karkasz** – az abroncs vázát adja
- ▶ **Acél** → **Övek** - erősítés



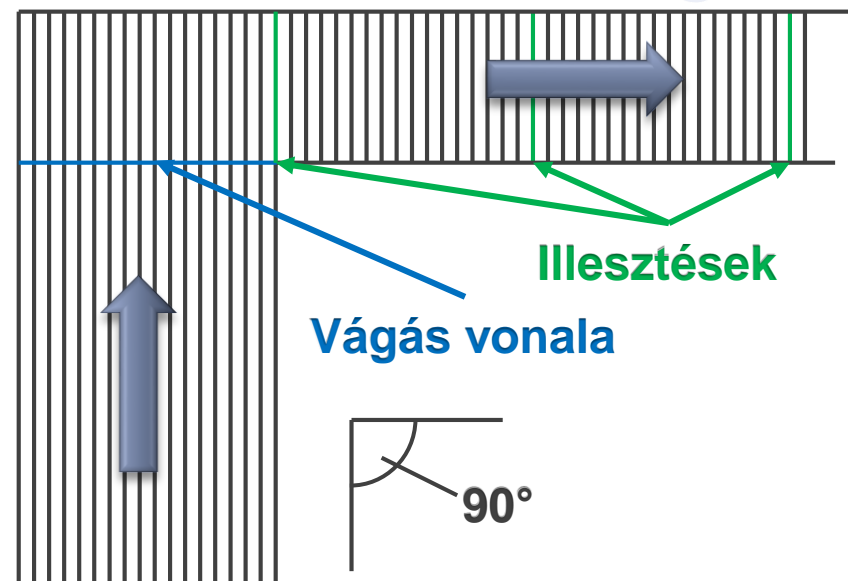
Vágás

- ▶ A kalenderezett anyagok vágása a specifikáció szerinti méretre
- ▶ Szálirány megváltoztatása a félkésztermékben

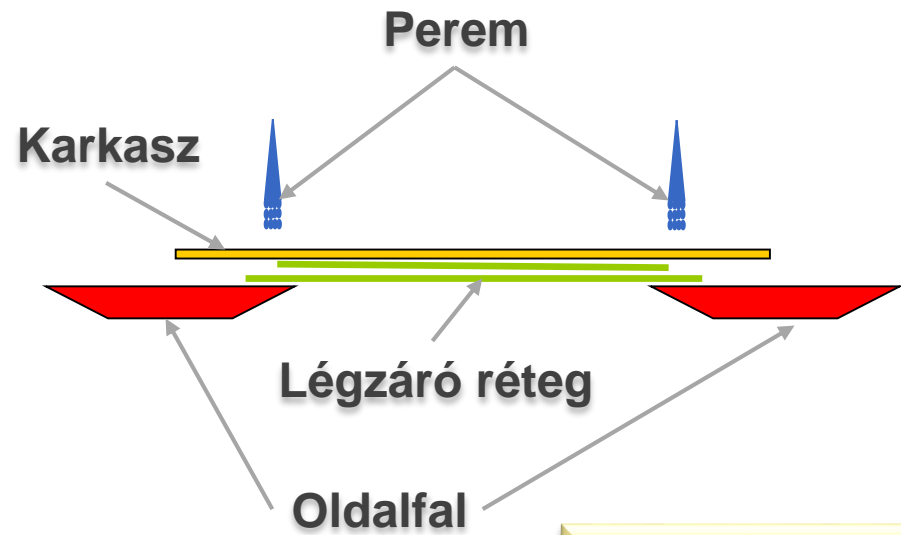
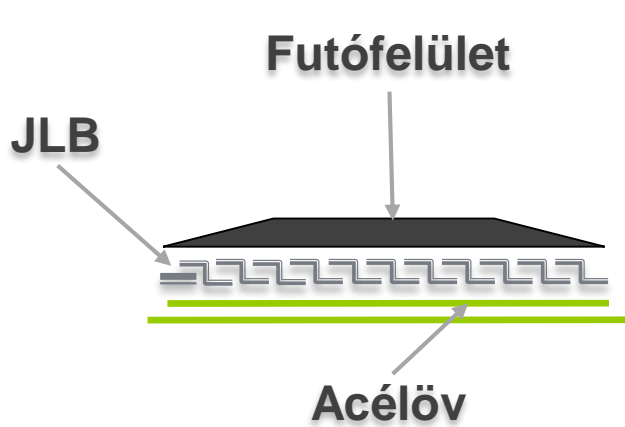
Öv vágása



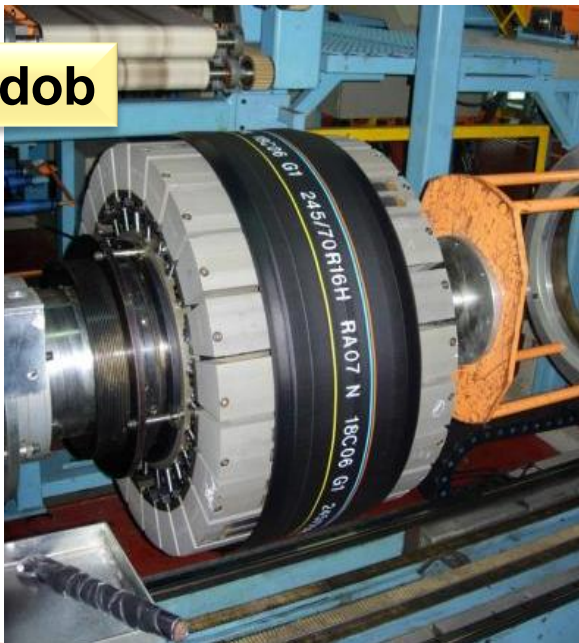
Karkasz vágása



Összeszerelés



Belt dob



Karkasz dob



Vulkanizálás

2 részes forma



Szétaszedhető (sectional) forma



- ▶ Fő paraméterek: idő, hőmérséklet, nyomás
- ▶ 150-178°C, 10-25 perc, 8-17 bar
- ▶ Formaleválasztó anyagok alkalmazása
- ▶ Szilikás keverék: Szilika – Coupling agent – Polimer kötés itt jön létre



5.) Gumikeverékek alapanyagai

Összetétel

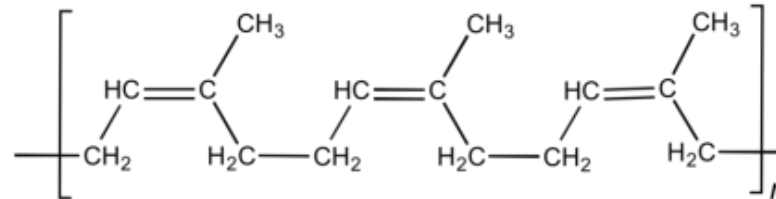
- ▶ **PHR: Parts per Hundred Rubber;** 100 egység polimerre vonatkoztatott tömegarány
- ▶ **Non-pro keverék**
 - Gumi (Természetes, Szintetikus)
 - Töltőanyag (Korom, Szilika)
 - Feldolgozást segítő anyagok (Olaj, Adalékok)
 - Tapadásjavító anyagok
 - Öregedésgátlók
 - Aktivátor (ZnO, Sztearinsav)
- ▶ **Készkeverék**
 - Vulkanizálószerke
 - Kén
 - Gyorsító
 - (Retarder)

Típus	Alapanyag	PHR
Polimer	Elasztomerek	100
Töltőanyag	Korom	55
Feldolgozást segítő anyag	Olaj	35
Aktivátor	Sztearinsav	2
	Cink-oxid	4
Öregedésgátló	Antioxidáns	3
	Viasz	1
Vulkanizálószerke	Gyorsítók	1.5
	Kén	1.5
TOTAL		203

Alapanyagok - NR

▶ Természetes gumi (NR, natural rubber)

- 99% Cis-1,4-poliizoprén
- ~5% egyéb összetevők (fehérjék, zsírsavak, gyanták stb)



▶ Előállítás

- Latex begyűjtése → koaguláció hangyasavval → mosás → füstölés → bálázás

▶ Tulajdonságok

- Jó feldolgozhatóság
- Jó nyers tapadás
- Közepes kopásállóság
- Könnyen oxidálódik (öregedésállóság ↓)
- Kristályosodik (nyújtás, 15°C)



Alapanyagok - SBR

- ▶ **Sztirol-butadién gumi (SBR, Styrene-butadiene rubber)**
 - Cisz-, transz- és viniltartalom, elágazások, moltömeg, polidiszperzitás
 - Sztiroltartalom. Az előállítás módja a meghatározó
- ▶ **Előállítás**
 - Emulziós vagy oldatos polimerizáció

	E-SBR	S-SBR	Hatás
Sztiroltartalom [wt.-%]	0 - 60	0 - 45	Tapadás, Kopás, Gördülési ellenállás
Viniltartalom [wt.-%]	~ 18	10 - 90	Tapadás, Kopás, Gördülési ellenállás
Moltömeg-eloszlás	Széles	Szűk	Szűk: jobb kopásállóság és gördülési ellenállás
Monomereeloszlás	random	random vagy blokk	Random: jobb gördülési ellenállás
Elágazások	random	Kontrollált (lehet lineáris vagy elágazott)	Dinamikus tulajdonságok romlása
Módosított végcsoport	Ninncs	Könnyen megvalósítható	Gördülési ellenállás csökkentése

- Sztiroltartalom ↑: elaszticitás ↓, T_g ↑ (nedves tapadás ↑)
- ▶ **Tulajdonságok**
 - Széles skála, a felhasználó igényeire szabható (S-SBR)
 - Jó feldolgozhatóság
 - Nagyon jó kopásállóság, nedves tapadás
 - Magas hőtermelés, gyenge nyers tapadás

Alapanyagok - BR

▶ Butadién gumi (BR, Butadiene Rubber)

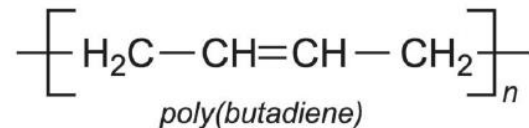
- Cisz-, transz- és viniltartalom, elágazások, molekulatömeg, polidiszperzitás

- A katalizátor a meghatározó

Catalyst	Nd	Co	Ni	Ti	Li
Microstructure					
1.4-cis content (%)	98	97	97	93	38
1.2-vinyl content (%)	0,5	1,7	1,8	5	11
Glas Transition Temperature Tg (°C)	-109	-107	-107	-104	-93
Branching (%)	< 5	20	20	15	< 5
Polydispersity PDI (Mw / Mn)	2,1	3,1	4,2	3,4	2,0

▶ Előállítás

- Oldószeres polimerizáció, anionos vagy Ziegler-Natta katalizátor.



▶ Tulajdonságok

- Alacsony T_g
- Jó kopásállóság, fáradástűrés
- Rossz feldolgozhatóság, gyenge nyerstapadás
- Kész abroncsban gyenge tapadás → Általában NR vagy SBR keverékként használják

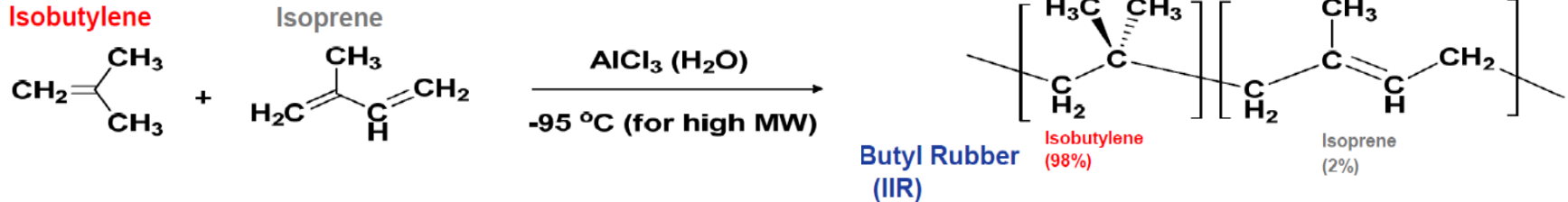
Alapanyagok – IIR

▶ Butil gumi (IIR, Isobutilene-isoprene rubber)

- Izobutilén(98%) és izoprén kopolimer (2%)
- Gyakran halogénezett (Halo-butyl, Cl, Br)

▶ Előállítás

- Szakaszos kationos oldószeres polimerizáció (Friedel-Crafts)



▶ Tulajdonságok

- Jó vegyszerállóság
- Nagyon alacsony légáteresztés
- Jó fáradástűrés
- Nagyon alacsony szakítószilárdság
- Összeférhetetlen más gumikkal
- Alacsony telítetlenség → Speciális vulkanizáló rendszert kell alkalmazni

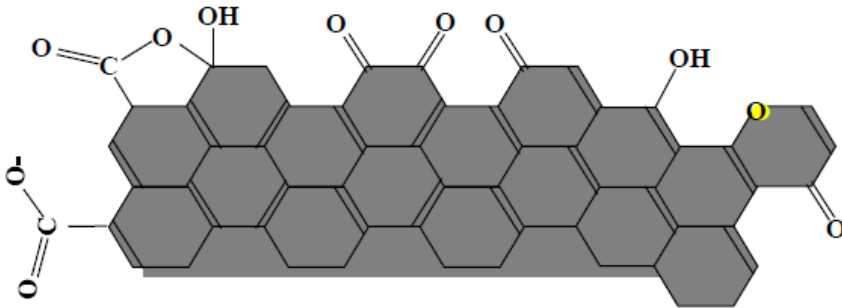
Alapanyagok - Töltőanyagok

▶ Tulajdonságok

- Gumiban oldhatatlanok, szilárd fázist képeznek

▶ Funkcióik

- Jobb gyárthatóság
- Kedvező mechanikai tulajdonságok
- Költségcsökkentés

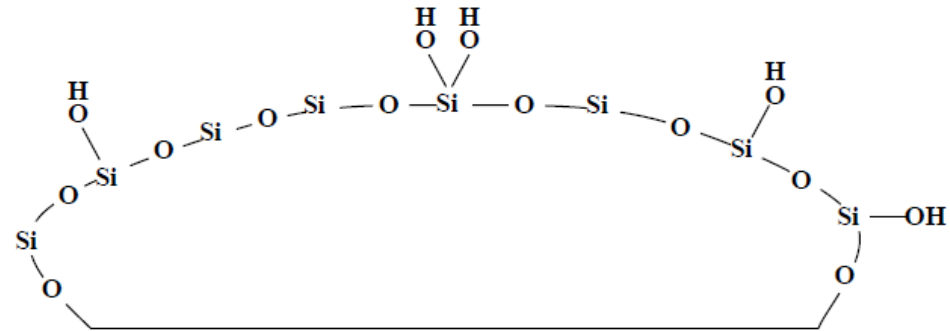


Korom:

- Olcsó
- Fizikai kölcsönhatás a polimerrel
- Minden félkésztermékhez használjuk

Nem erősítő töltőanyagok:

- Kalcium-karbonát (fehér oldalfal)

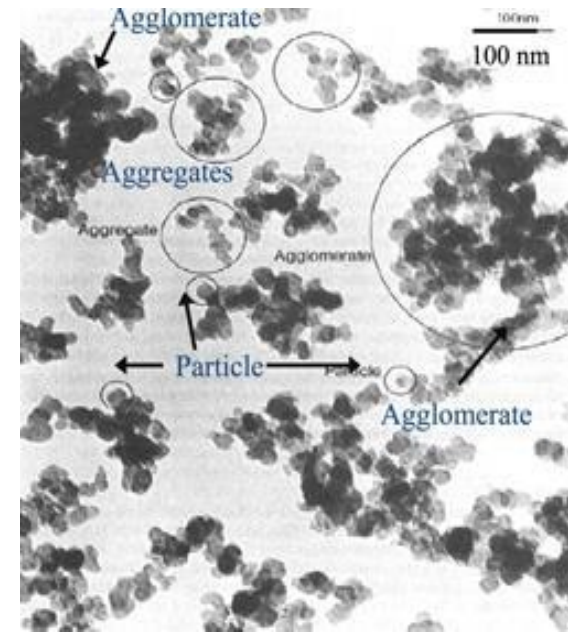


Szilika:

- Drága
- Kémiai kötéssel kapcsolódik a polimerhez → speciális vegszerszükséglet
- Alkalmazás: futófelület-keverékek
 - Jó nedves tapadás
 - Alacsony gördülési ellenállás

Alapanyagok – Korom

- ▶ **Korom (CB - Carbon Black)**
 - Szerves töltőanyag. Fizikai-kémiai kölcsönhatás a polimerrel
- ▶ **Előállítás**
 - Pírolízis (Kemence eljárás – Furnace blacks)
- ▶ **Főbb tulajdonságok**
 - Részecskeméret
 - Struktúra
 - Fajlagos felület
 - Felületaktivitás / Felületkémia



Nomenklatúra

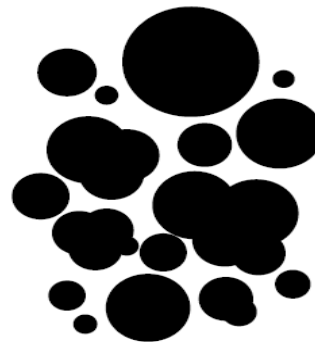
N660

Normális vulkanizációs-sebesség

Részecskeméret

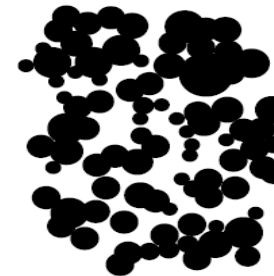
Struktúra

Low Structure



N990

Moderate Structure



N762





High Structure



N121

(Particle sizes not to scale)

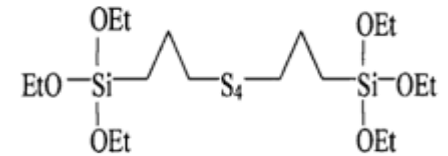
Alapanyagok – Korom

Tulajdonság	Hatás
	<u>Kisebb szemcseméret:</u> Nagyobb erősítés , vezetőképesség, viszkozitás. Gyengébb diszperzibilitás
	<u>Nagyobb struktúra:</u> Nagyobb erősítés , viszkozitás. Kisebb reológiai duzzadás. Javítja a diszperzibilitást
	<u>Nagyobb porozitás:</u> Növeli a vezetőképességet és a viszkozitás. Csökkenti a fajsúlyt
	<u>Felületkémia:</u> Magasabb oxigéntartalom növeli a nedvesítést (diszperzió) , csökkenti a vezetőképességet

Alapanyagok – Szilika

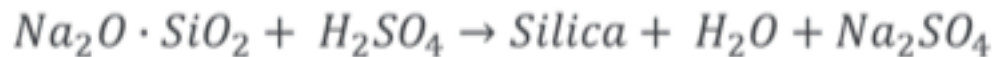
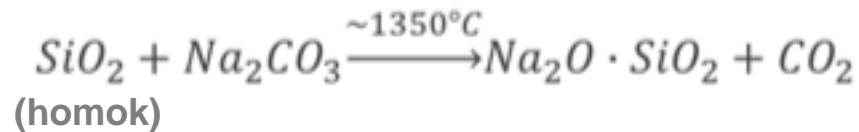
▶ Szilika

- Lecsapott szilícium-dioxid. Kémiai kötés a polimerrel
- Mindig kapcsolóanyaggal (coupling agent) használjuk



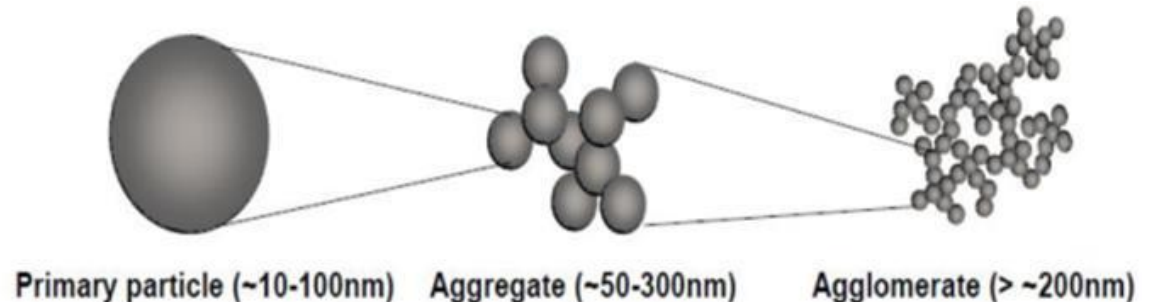
▶ Előállítás

- Nátrium-szilikát kénsavas lecsapása

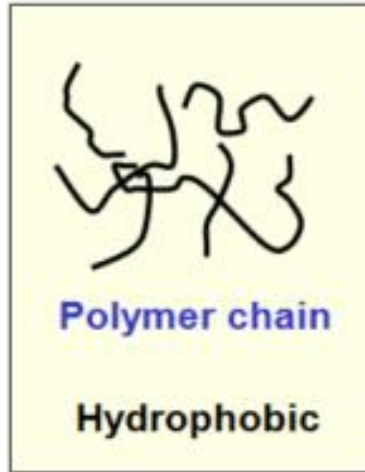
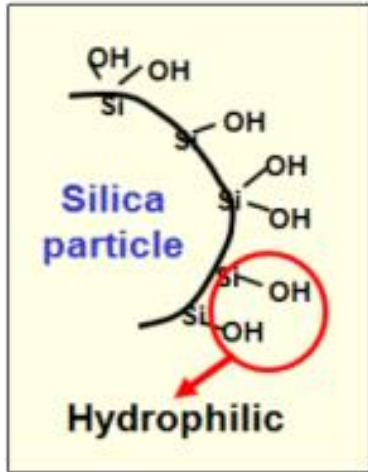


▶ Főbb tulajdonságok

- Fajlagos felület
- Nedvességtartalom
- Struktúra
- pH

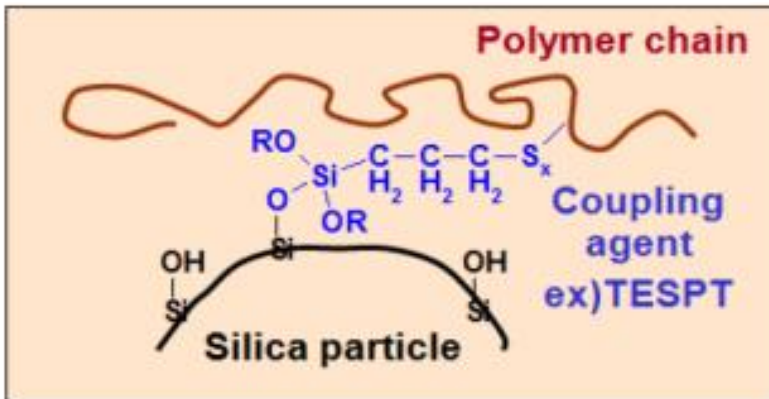


Alapanyagok – Szilika

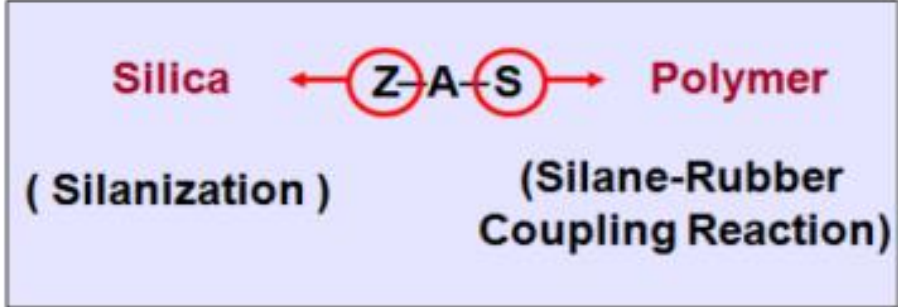
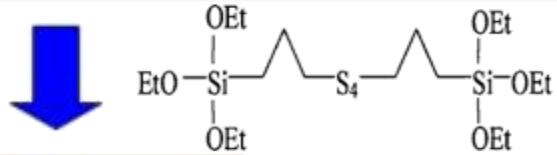


- Szilika (hidrofil) ↔ Polimer (hidrofób)
Kölcsönhatás: alacsony
- Extra vegyszer szükséges a kémiai kötések kialakításához

Silica - polymer coupling mechanism

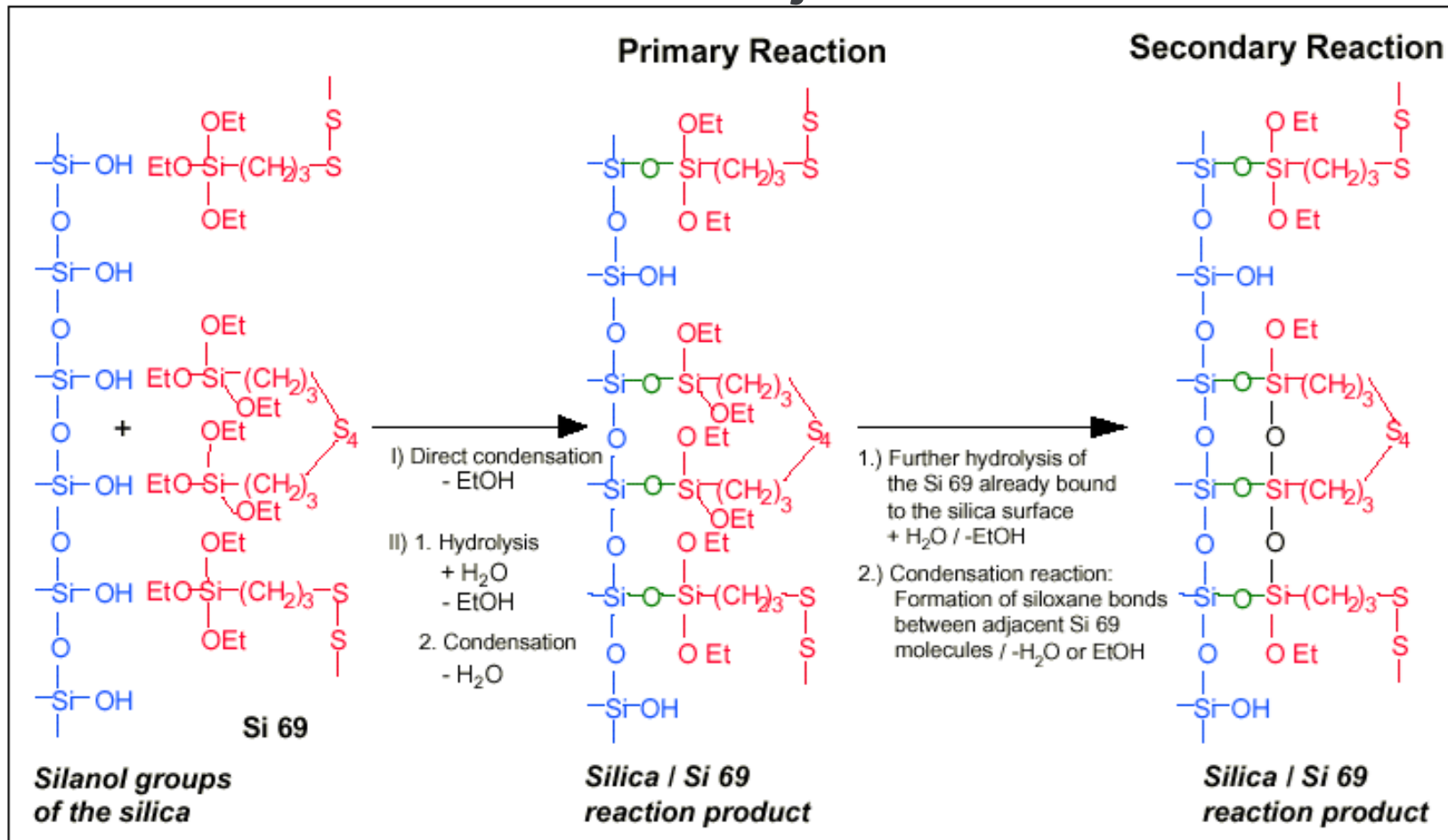


Coupling agent



Alapanyagok – Töltőanyagok

▶ A szilanizáció kémiai reakciója:



Fő paraméterek:

- Idő (3~15 perc)
- Hőmérséklet (135~155°C)

Alapanyagok - Adalékok

▶ Feldolgozást segítők / Olajok

- Lágyítás
- Nedvesítés (töltőanyagok)
- Homogenizáció

▶ Tapadásjavítók

- Természetes / szintetikus
- Gyanták:
 - Növelik a tapadást és a keménységet
 - Segítik a vulkanizációt



▶ Adhéziójavítók

- Nagyobb adhézió a gumikeverék és a szálak (acél, textil) között

▶ Öregedésgátlók

- Antioxidánsok, UV, ózon ellen használt anyagok
- Viaszok: meggátolják a polimerláncok tördelődését külső hatásokra (UV, oxigén, hő)

Alapanyagok – Vulkanizálószer

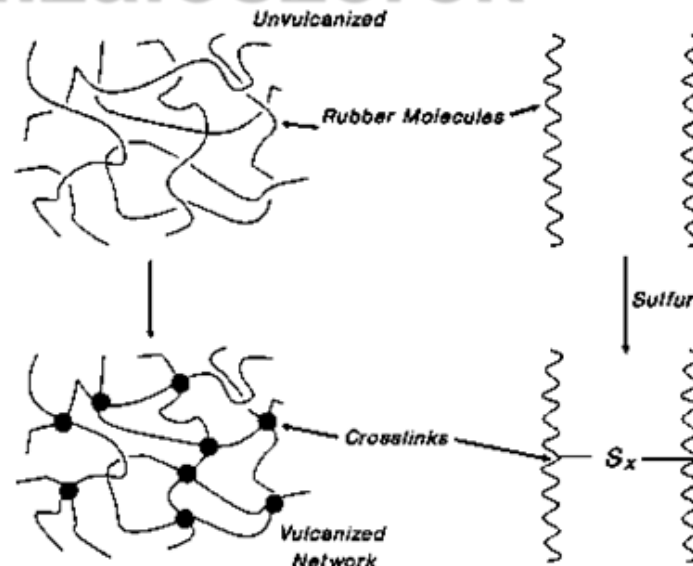
▶ Kén

◦ Örölt kén, S_8 (olajjal kezelt)

- Olcsó
- **Kivándorolhat a gumi felszínére!**
(blooming/kivirágzás)

◦ Oldhatatlan kén, S_∞ (polimer)

- Drága
- Oldhatatlan CS_2 -ban
- Megelőzi a kivirágzást
- **Átalakul normál kéné (S_8) → szabályozott hőmérséklet tárolás és használat közben**



▶ Cink-oxid

◦ IIR (butil): kettős kötések hiánya → kénes vulkanizálás nem lehetséges

◦ Gyorsított ZnO-os térhálósítás:

- ZnO használata: eltávolítja a halogén atomokat a polimer láncról, és aktív helyeket hoz létre, amik a kénnel reagálva már képesek térháló létrehozására

Alapanyagok – Vulkanizálószer

▶ Gyorsítók:

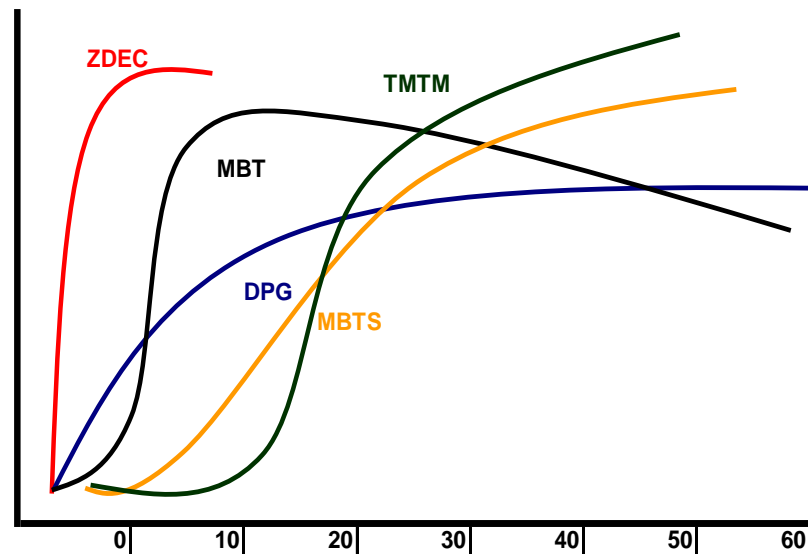
- Növelik a vulkanizáció sebességét
- Kénvegyületek
 - Ditiokarbamátok
 - Tiazolok
 - Benzotiazol-szulfénamidok
 - Guanidinek

▶ Aktivátorok:

- Gyorsítók aktiválása
- ZnO + Sztearinsav (Zn-sztearát keletkezése)

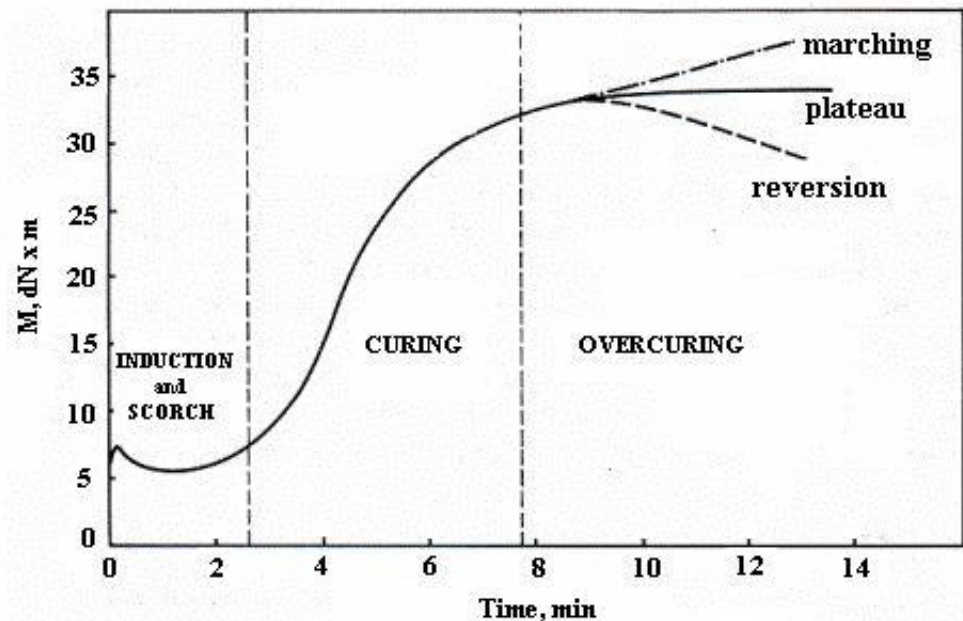
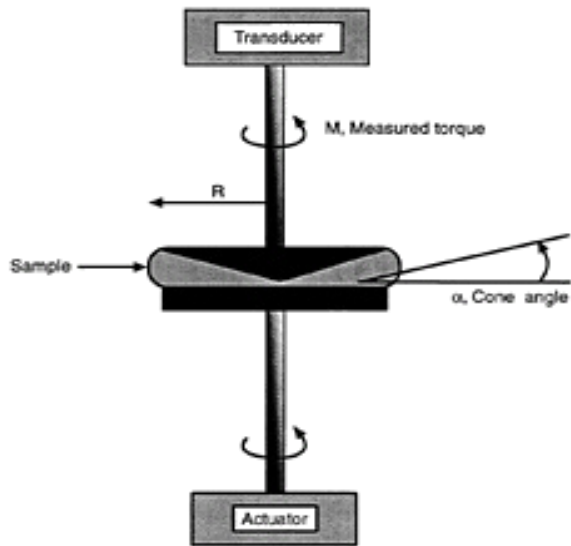
▶ Retarderek:

- Meggátolják az idő előtti vulkanizációt (feldolgozhatóság!)

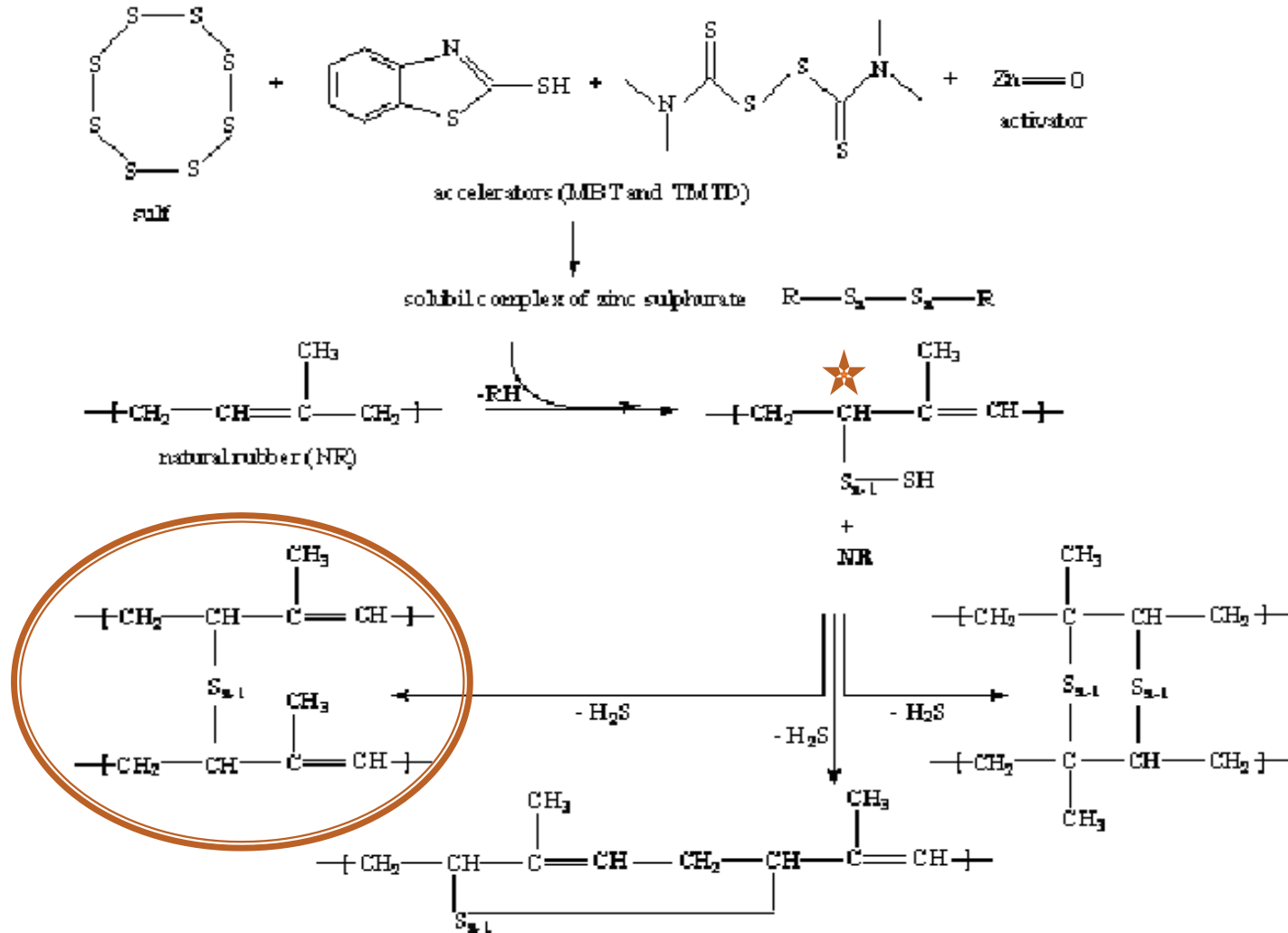


Vulkanizáció

- ▶ Keresztkötések létrehozása a polimerláncok között
- ▶ Vulkanizációs görbe: MDR (Moving Die Rheometer)
- ▶ Minta térhálósítása egy fix és egy oszcilláló lemez között, temperált kamrában
- ▶ Regisztrálja az állandó deformációhoz szükséges nyomatékot



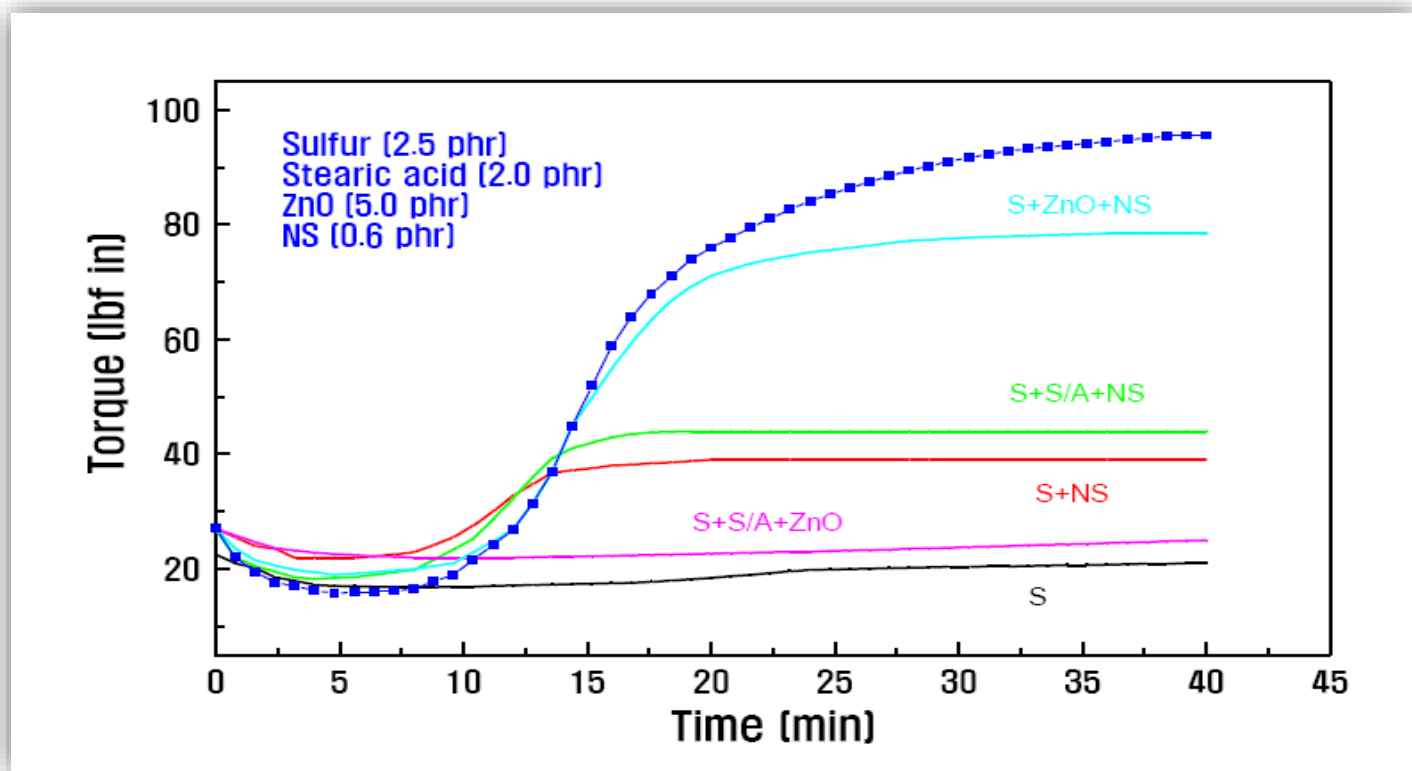
Vulkanizáció



A kettős kötés aktiválja az α szénatom hidrogénjeit \rightarrow ide támad be a vulkanizáló komplex! A kettős kötés megmarad!

Vulkanizáció

- ▶ A vulkanizációs görbe és a vulkanizátum mechanikai tulajdonságait befolyásolja a vulkanizálórendszer
 - kén / gyorsító arány
 - gyorsító(k) típusa



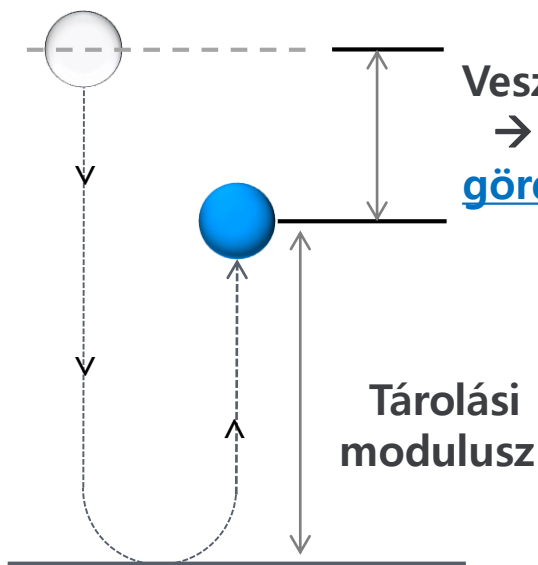
6.) Gumikeverékek vizsgálata

Gumikeverékek vizsgálata

- ▶ **Vulkanizált és vulkanizálatlan keverék vizsgálata**
- ▶ **Vulkanizálatlan:**
 - A „nyers” keverék feldolgozhatóságával hozható összefüggésbe
 - Viszkozitás, beégési idő
 - Reológia (MDR, vulkanizálási idők)
- ▶ **Vulkanizált:**
 - Az abroncs várható tulajdonságaival függ össze
 - Modulusz, Szakítószilárdság, Szakadási nyúlás vizsgálata
 - Keménység (Shore A)
 - Viszkoelasztikus tulajdonságok!
- ▶ **Fajsúly:**
 - Az alapanyagokkal függ össze (mennyiség, minőség)

Viszkoelaszticitás

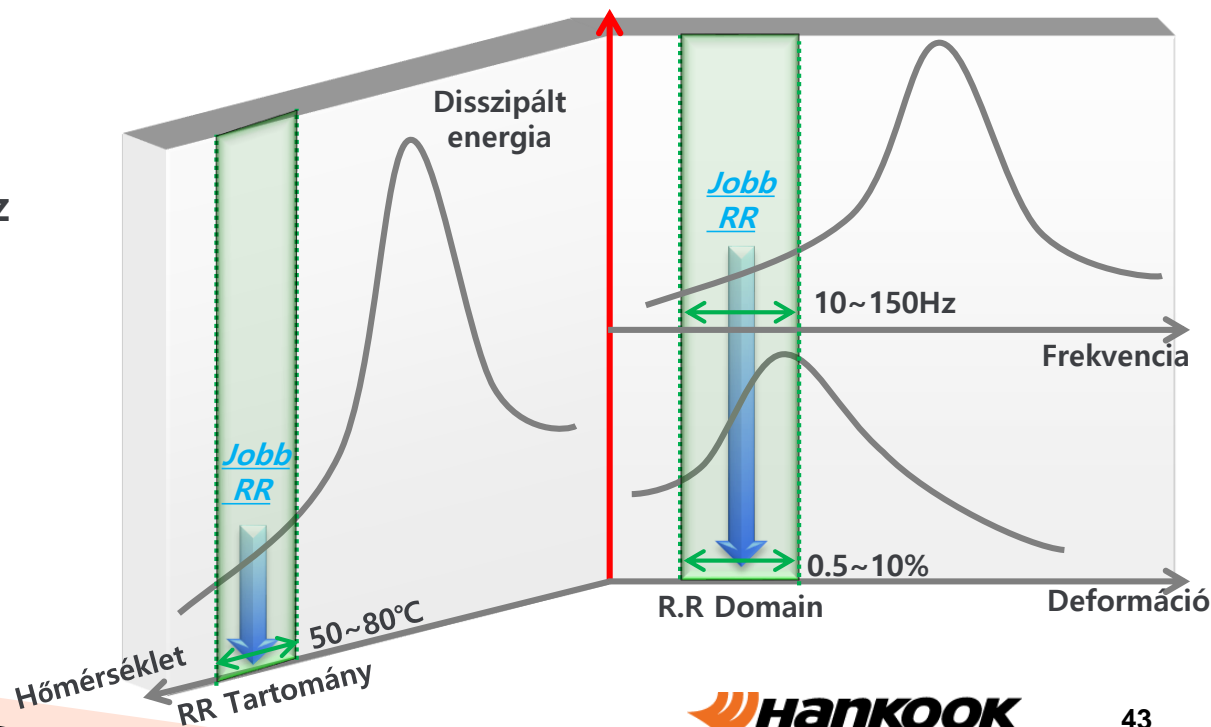
- ▶ A gumikeverék viszkoelasztikus anyag
 - Deformáció és visszaalakulás során energia disszipálódik (hiszterézis)
 - Üzemanyagtakarékoság = alacsony gördülési ellenállás (Low Rolling Resistance, LRR)



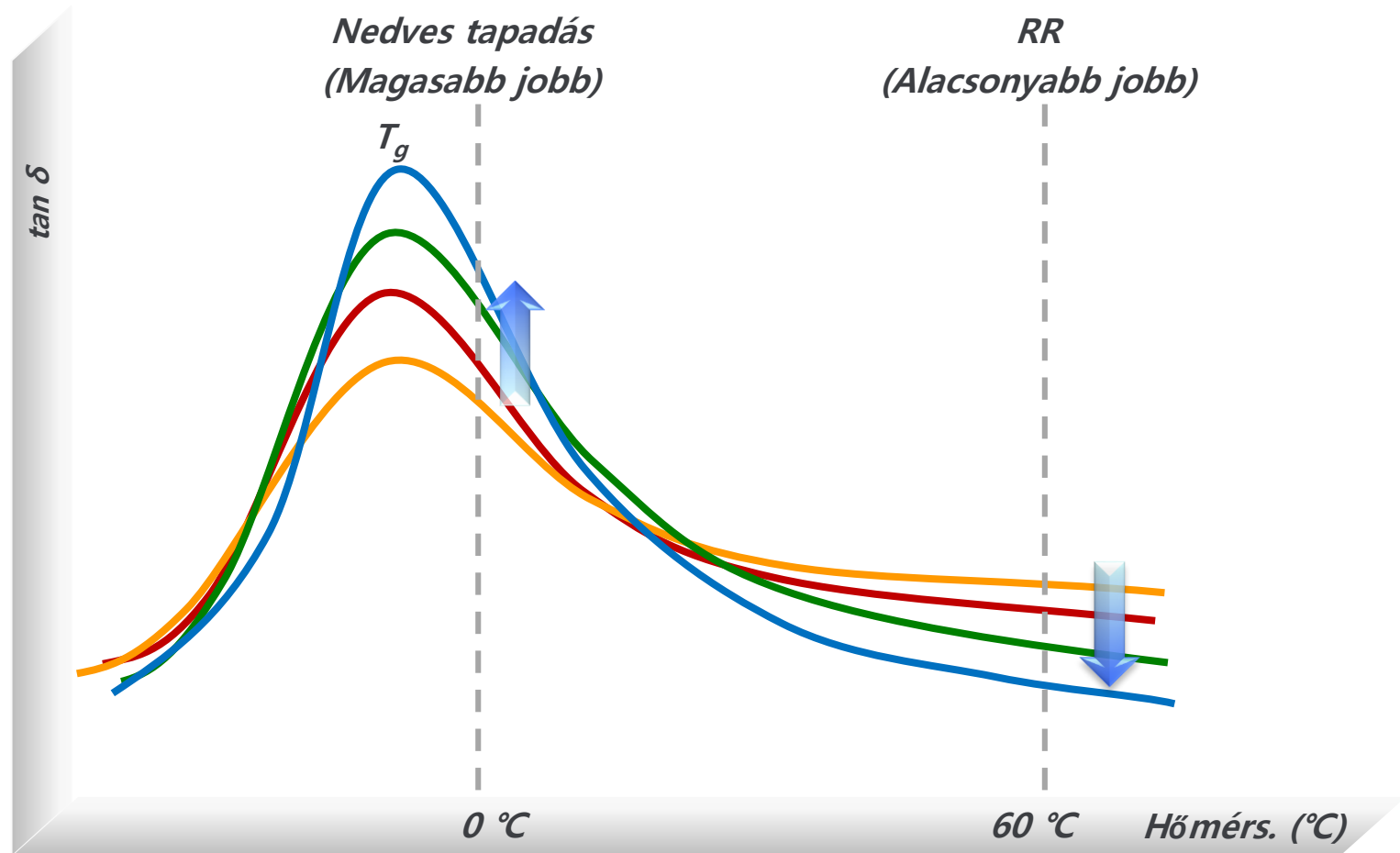
Veszteségi modulusz

→ Disszipált energia: Minél alacsonyabb, annál jobb gördülési ellenállás!

Tárolási modulusz



Viszkoelaszticitás



- ▶ T_g : üvegesedési hőmérséklet
 - T_g alatt a polimerek elveszítik a rugalmasságukat

Viszkoelaszticitás

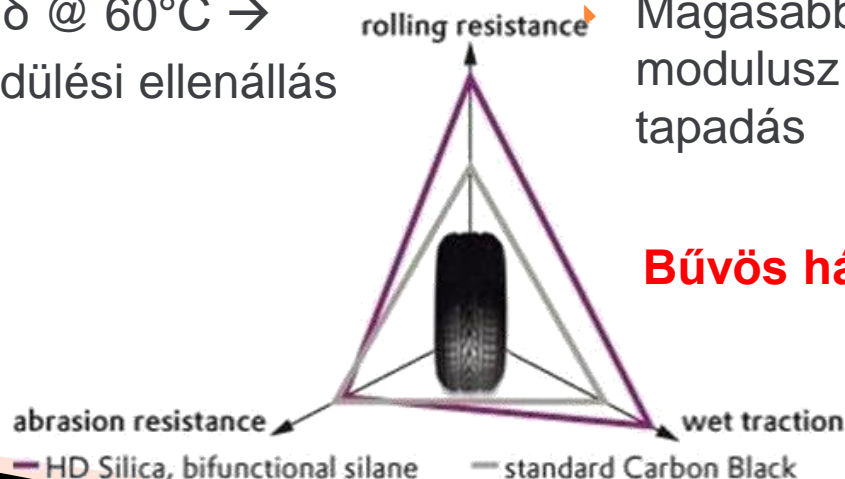


Gördülési ellenállás (RR)

- ▶ Alacsonyabb, ha deformáció után több energiát visszanyerünk (alacsony hiszterézis)
- ▶ Alacsony $\tan\delta$ @ 60°C → alacsony gördülési ellenállás

Nedves tapadás

- ▶ A tapadás jobb, ha deformáció után több energia vész el (magas hiszterézis)
- ▶ Magasabb $\tan\delta$ vagy veszteségi modulusz (G'') @ 0°C → jobb nedves tapadás



Bűvös háromszög!

7.) EU Labeling System

EU Labeling

