

# Az abroncsgyártás alapjai

BME - Vendégelőadás, 2021

OLÁH Szabolcs

Hankook Tire & Technology



 **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, Formula Renault Eurocup és a Formula E hivatalos beszállítója

# Hankook Tire & Technology - Magyarország

## Termékportfólió – Rácalmás

### ➤ OE (Original Equipment)



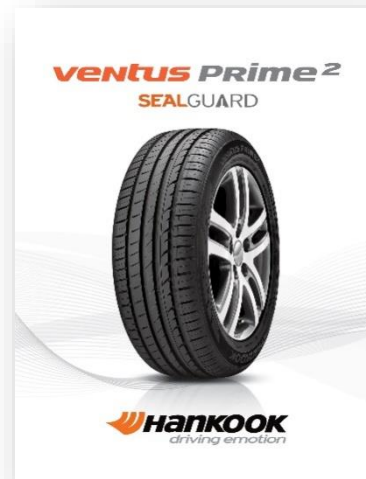
RENAULT



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

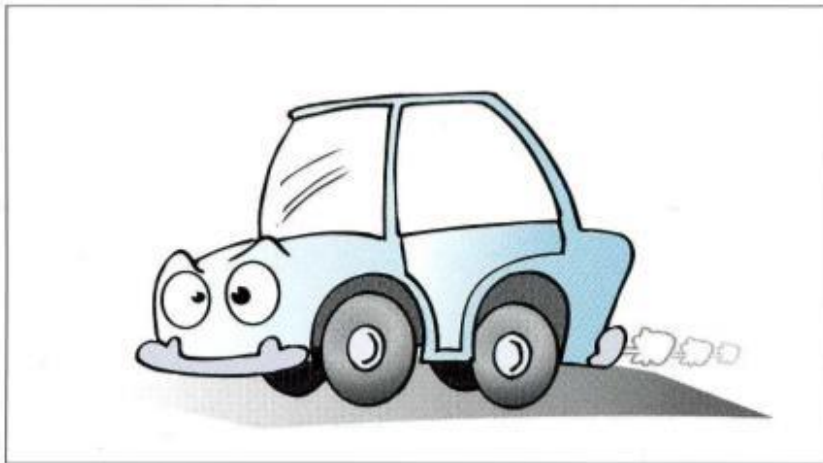


Optimo 4S

Négyévszagos

# Követelmények – Az abroncs funkciói

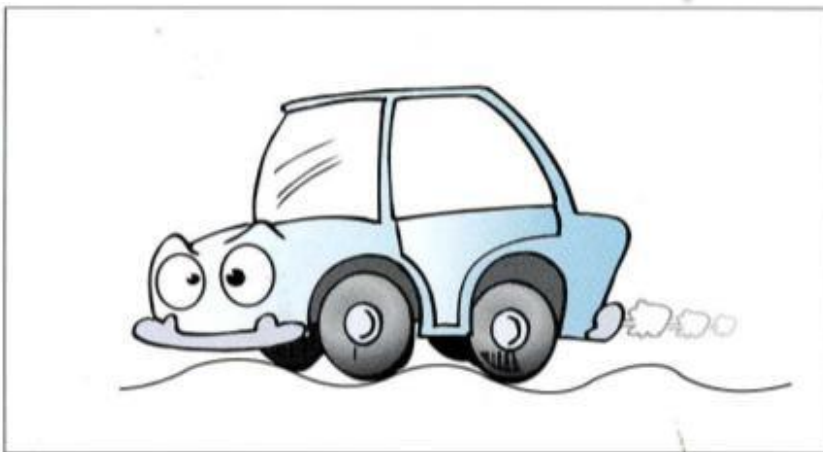
**Tehershordás**



**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

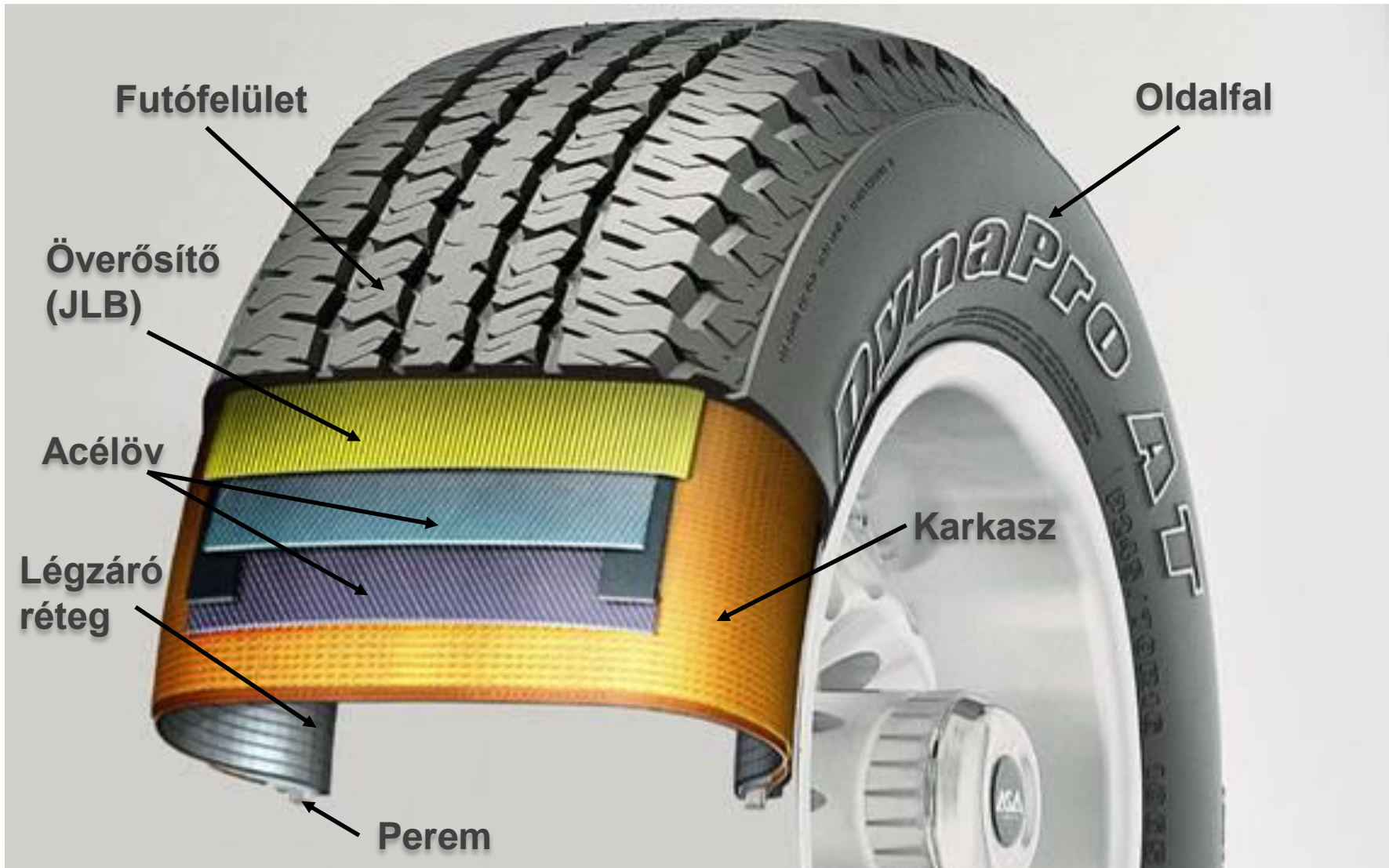
## Környezet

- Alacsony zajszint
- Környezetbarát alapanyagok



## 3.) A gumiabroncs felépítése

# A gumiabroncs felépítése



# A gumiabroncs felépítése

## Futófelület (tread)

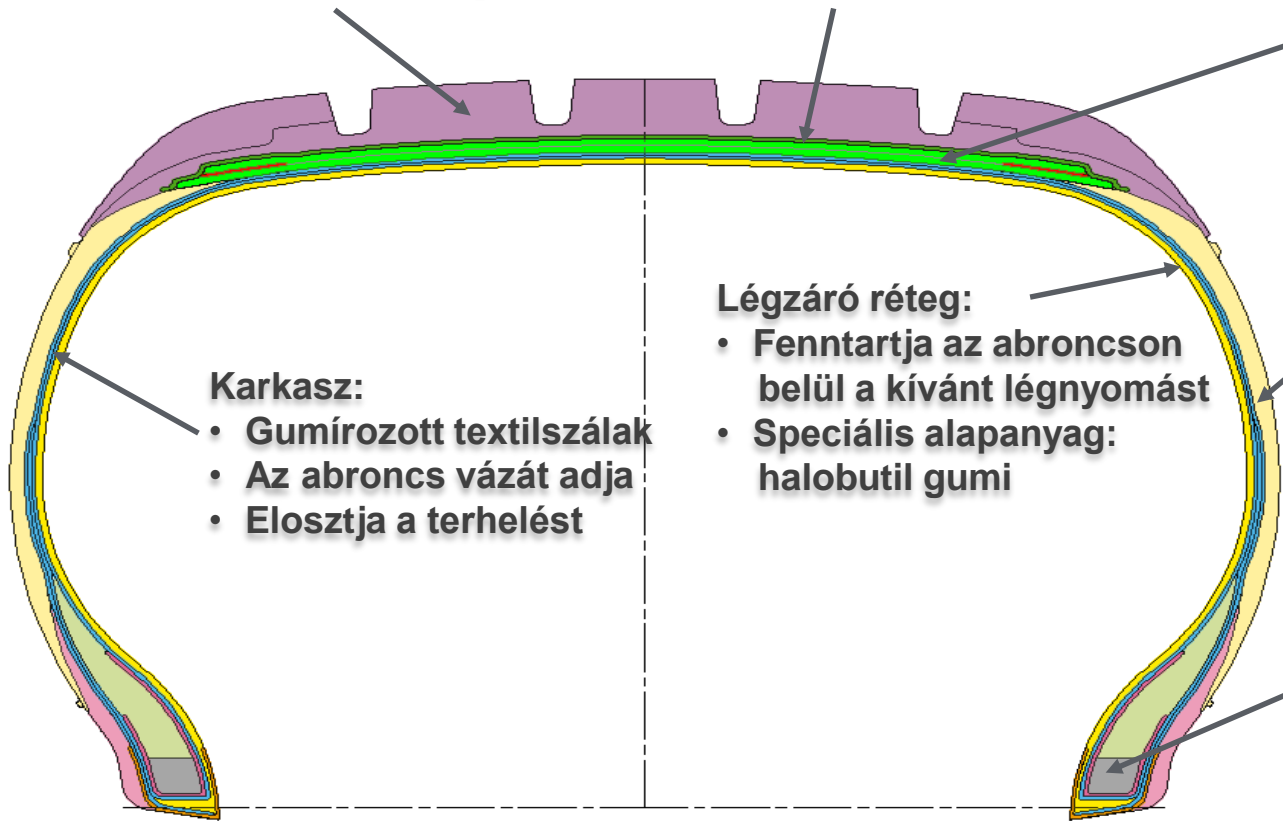
- Az abroncs úttal érintkező része
- Jellemzői: tapadás, gördülési ellenállás, kopásállóság

## 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 nyomatókot a futófelületre

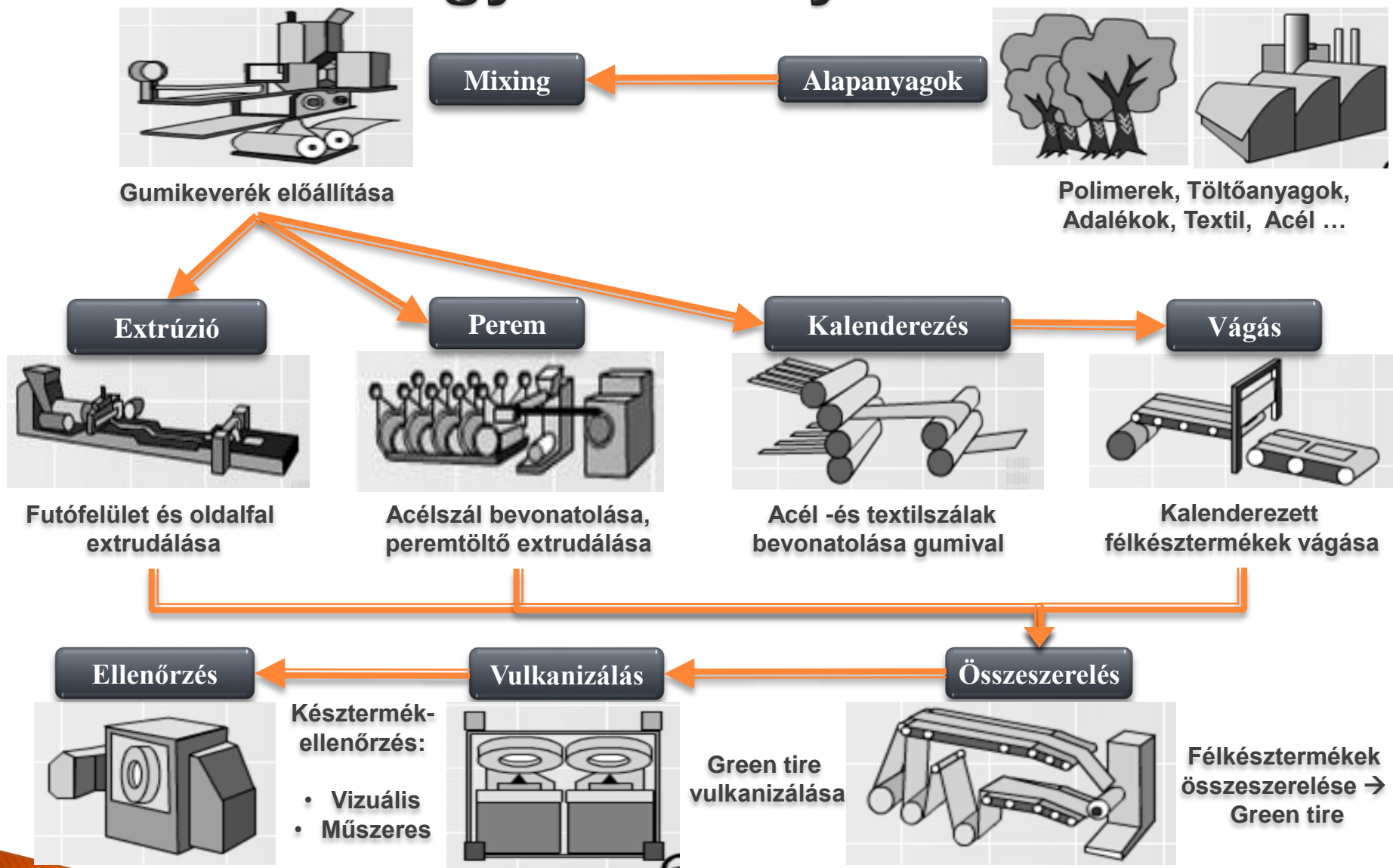
## Perem:

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

## 4.) Az abroncsgyártás folyamata



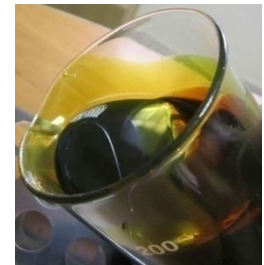
# Az abroncsgyártás folyamata



# 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: vulkanizálószerek elosztatása



# Keverés – Belső keverők

## ▶ Főbb részei:

### ○ Kamra

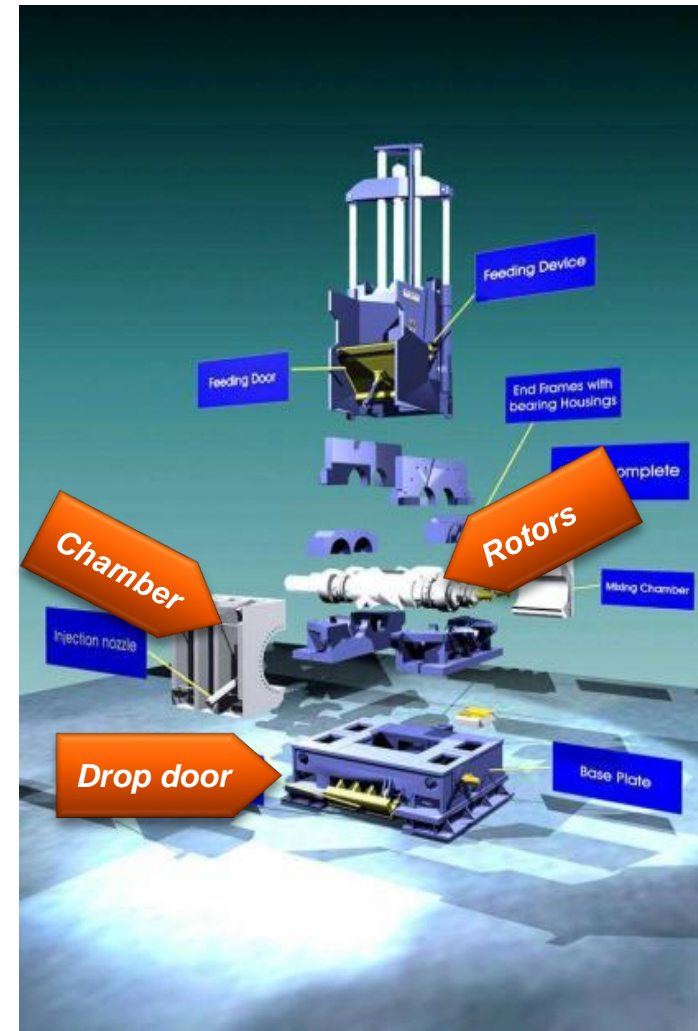
- Az a tér, amelyben a keverés történik
- Lentről az ajtóajtó, fentről a ram zárja (zárhatja) le

### ○ 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

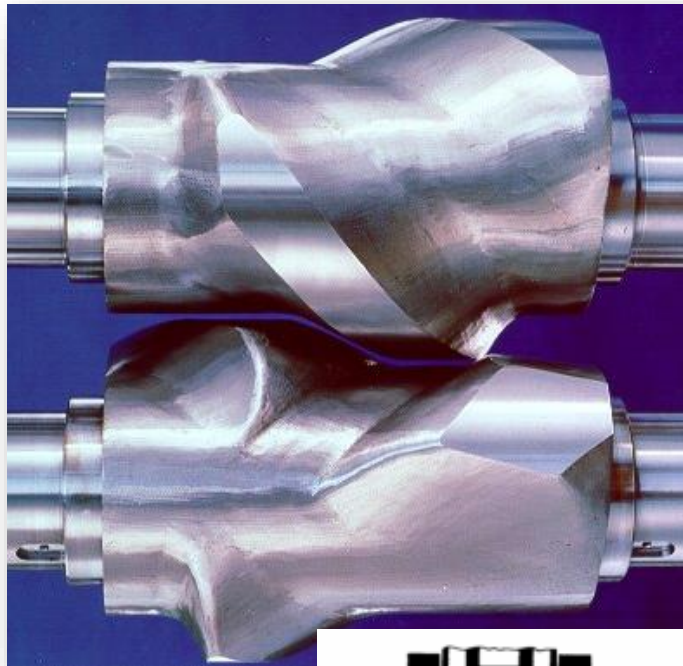




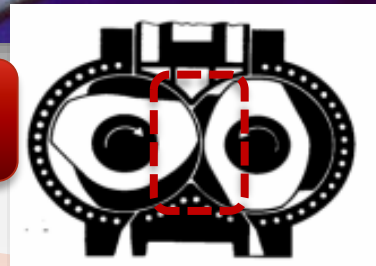
# Keverés - Rotortípusok

## Intermeshing

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



**Legnagyobb nyírás:**  
*rotorok közötti térben*

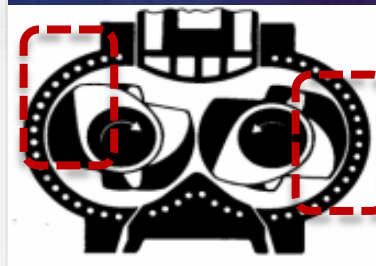


## Tangenciális

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



**Legnagyobb nyírás:**  
*a rotorvégek és a kamra fala között*

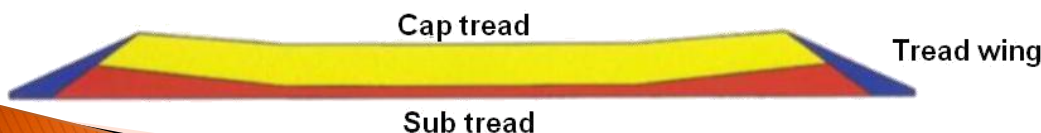
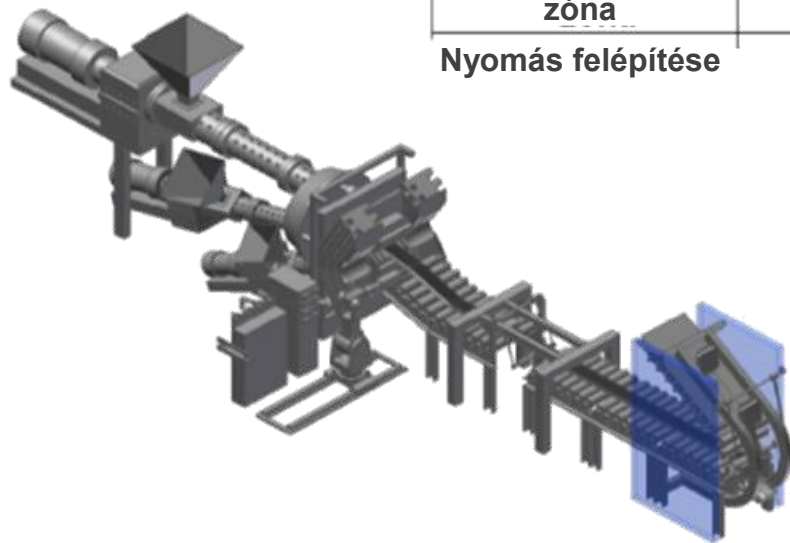
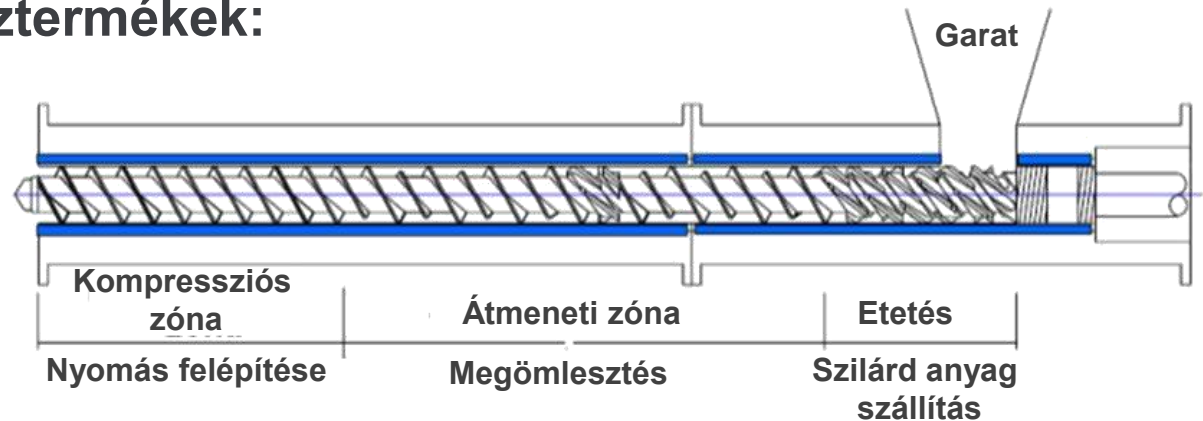


# Extrudálás

▶ A megömlesztett gumikeverék átpréselése alakadó szerszámon

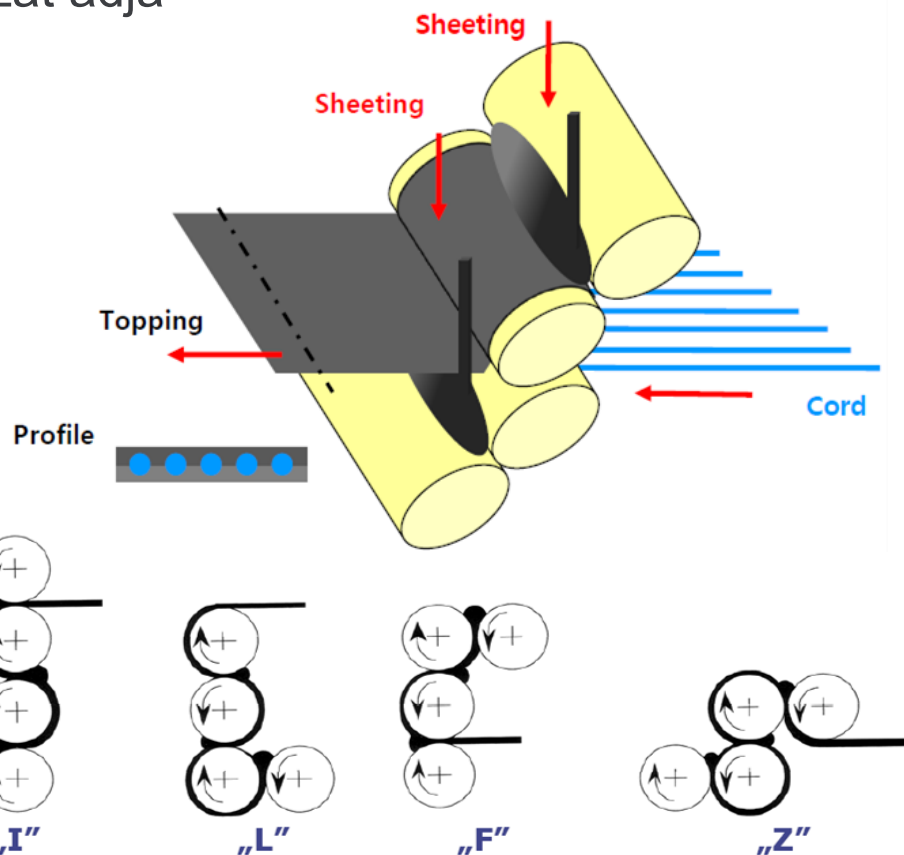
▶ Extrudált félkésztermékek:

- 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

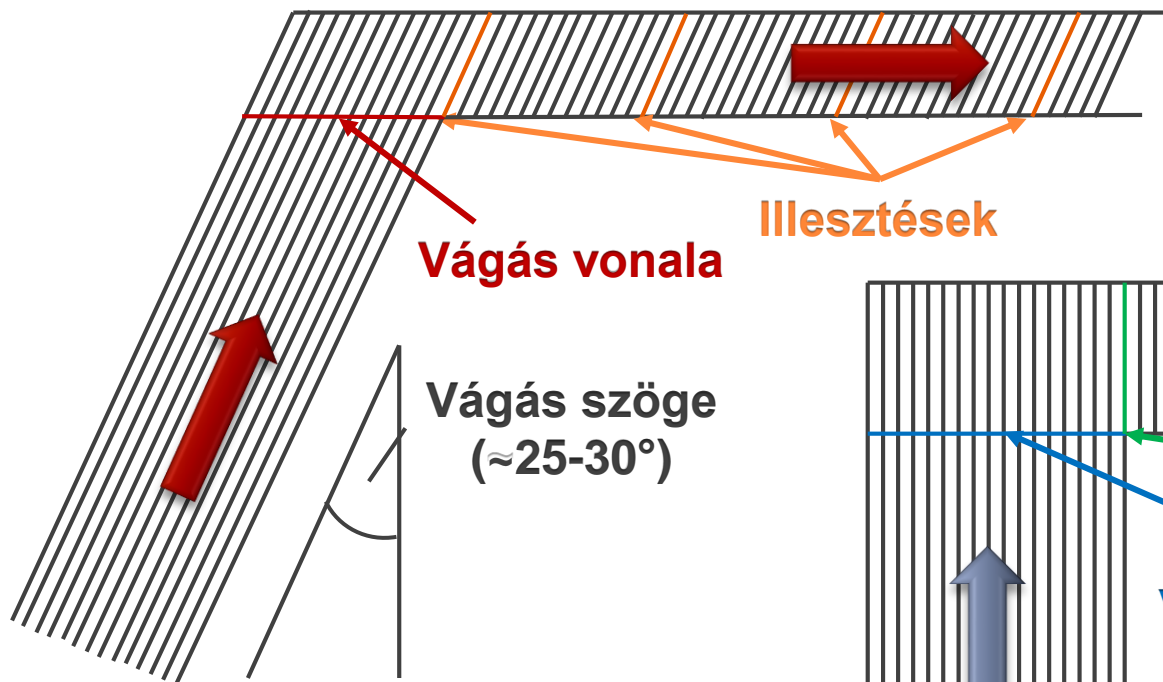




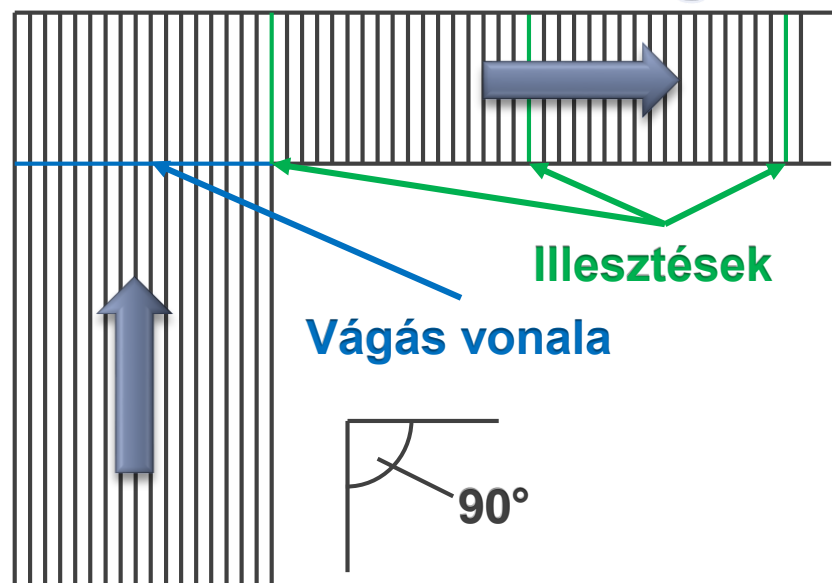
# Vágás

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

## Öv vágása

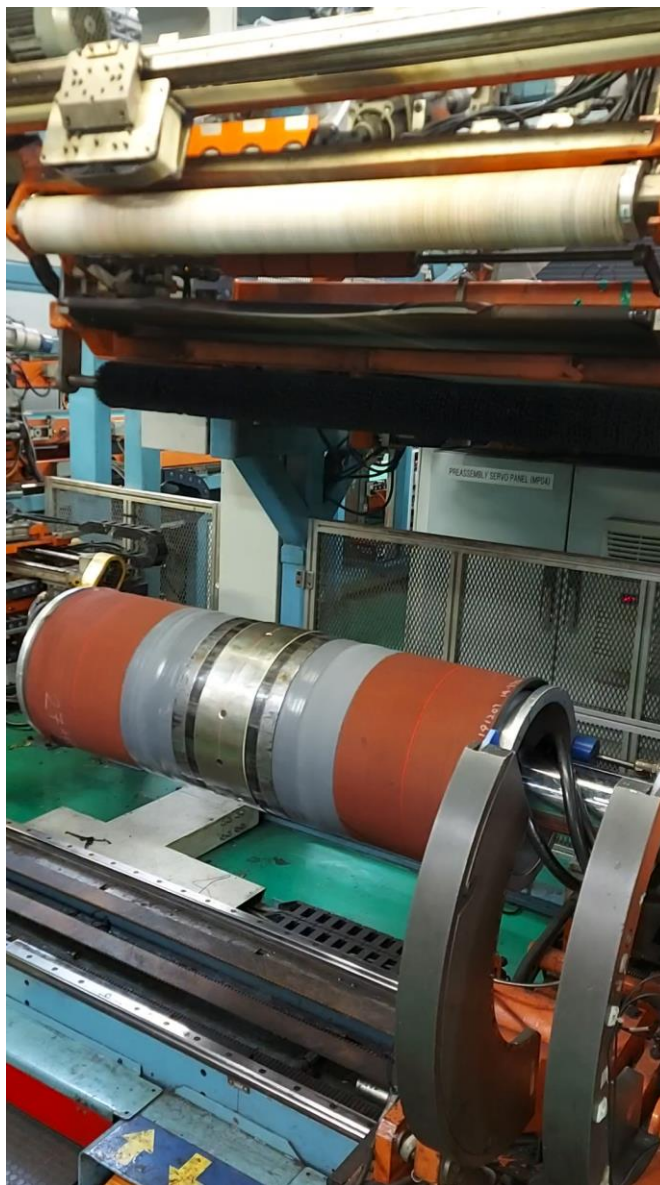
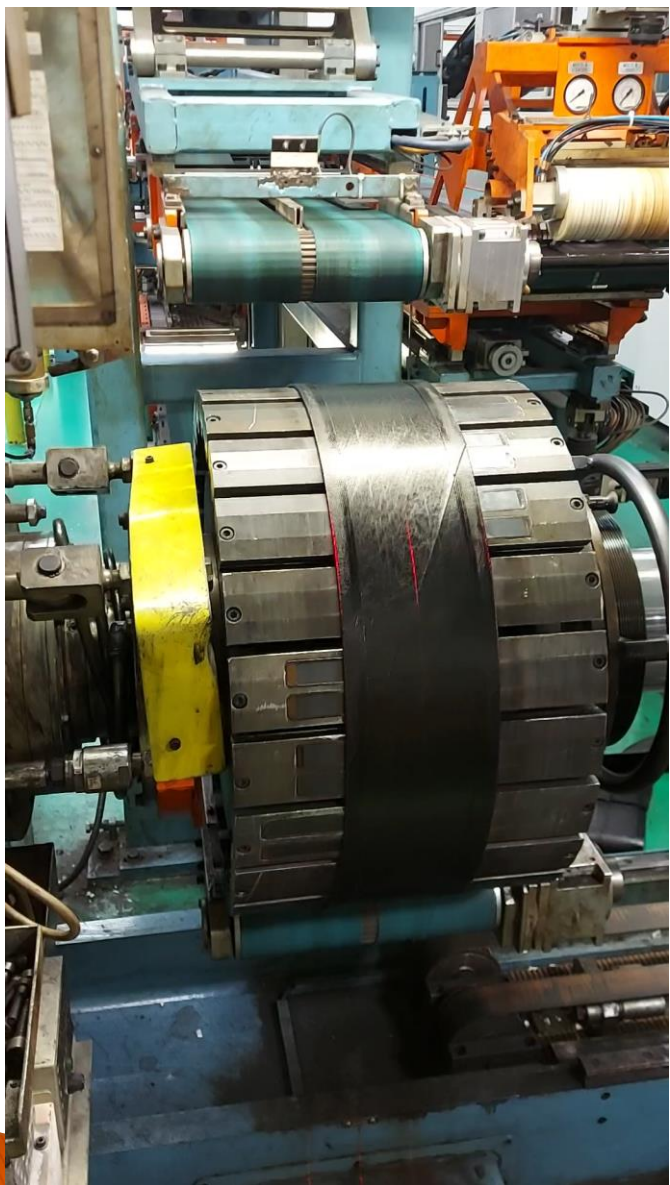


## Karkasz vágása





# Összeszerelés



# 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)

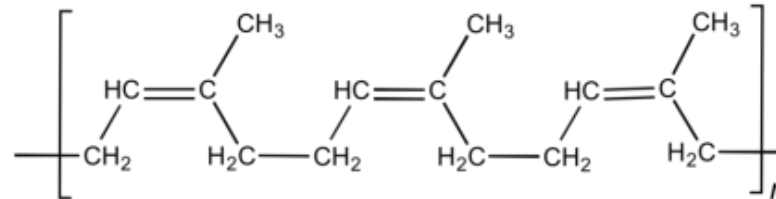
Típus	Alapanyag	PHR
Polimer	Elasztomerek	100
Töltőanyag	Korom	55
Feldolgozást segítő anyag	Olaj	35
Aktivátor	Sztearinsav	2
	Cink-oxid	4
Öregedésgátló	Antioxidáns	3
	Viasz	1
Vulkanizálószerke	Gyorsítók	1.5
	Kén	1.5
<b>TOTAL</b>		<b>203</b>



# 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 oldószeres polimerizáció

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

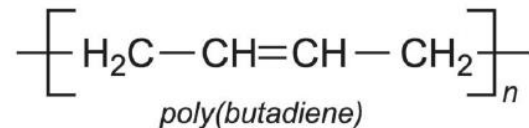
- Cisz-, transz- és viniltartalom, elágazások, molekulatömeg, polidiszperzitás

- 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 T <sub>g</sub> (°C)	-109	-107	-107	-104	-93
Branching (%)	< 5	20	20	15	< 5
Polydispersity PDI (M <sub>w</sub> / M <sub>n</sub> )	2,1	3,1	4,2	3,4	2,0

## ▶ Előállítás

- Oldószeres polimerizáció, anionos vagy Ziegler-Natta katalizátor.



## ▶ Tulajdonságok

- Alacsony T<sub>g</sub>
- Jó kopásállóság, fáradástűrés
- Rossz feldolgozhatóság, gyenge nyerstapadás
- Kész abroncsban gyenge tapadás → Általában NR vagy SBR keverékként használják

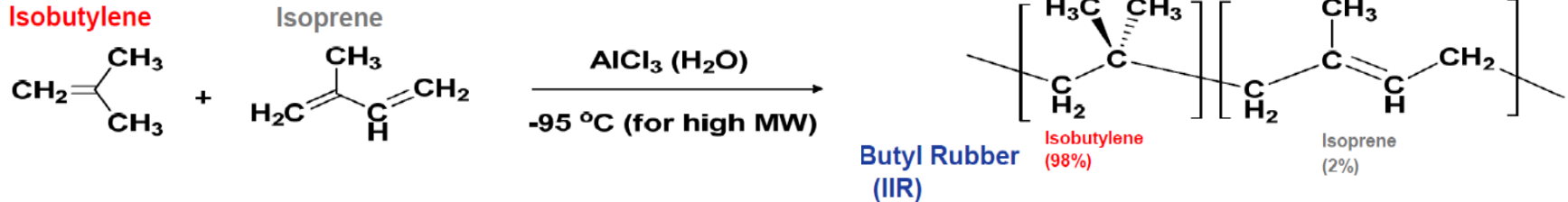
# Alapanyagok – IIR

## ▶ 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



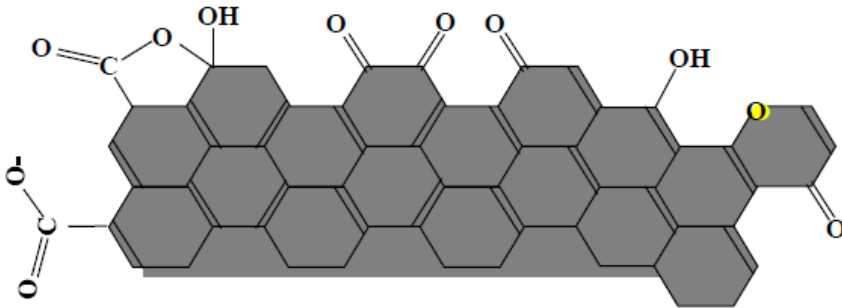
# Alapanyagok - Töltőanyagok

## ▶ Tulajdonságok

- Gumiban oldhatatlanok, szilárd fázist képeznek

## ▶ Funkcióik

- Jobb gyárthatóság
- Kedvező mechanikai tulajdonságok
- Költségcsökkentés

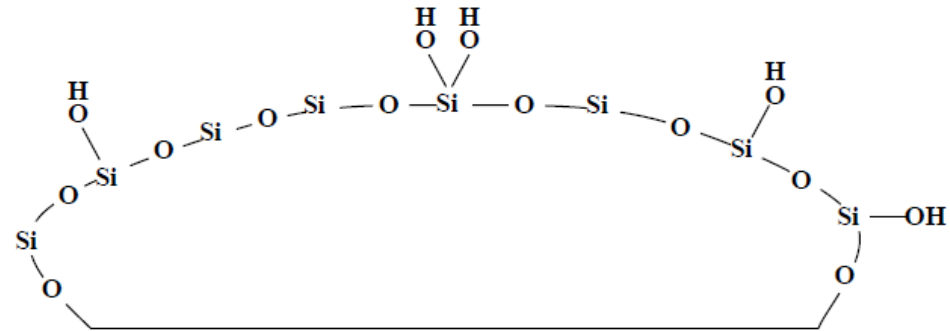


### Korom:

- Olcsó
- Fizikai kölcsönhatás a polimerrel
- Minden félkésztermékhez használjuk

### Nem erősítő töltőanyagok:

- Kalcium-karbonát (fehér oldalfal)

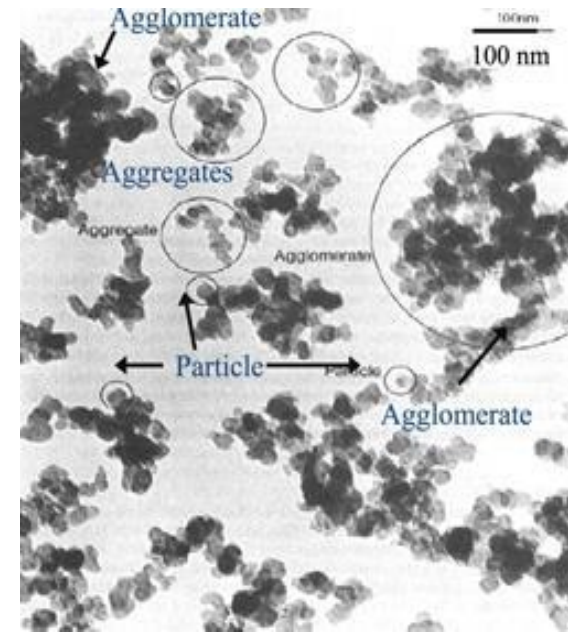


### Szilika:

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

# Alapanyagok – Korom

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



## Nomenklatúra

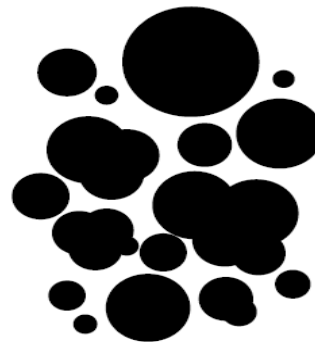
**N660**

Normális vulkanizációs-sebesség

Részecskeméret

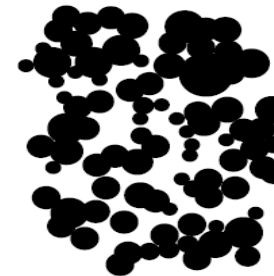
Struktúra

Low Structure



N990

Moderate Structure



N762





High Structure



N121

(Particle sizes not to scale)

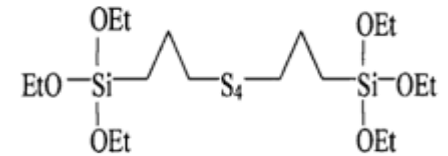
# Alapanyagok – Korom

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

# Alapanyagok – Szilika

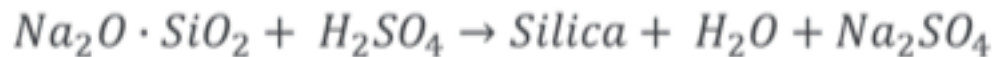
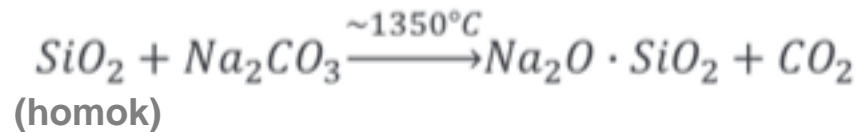
## ▶ Szilika

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



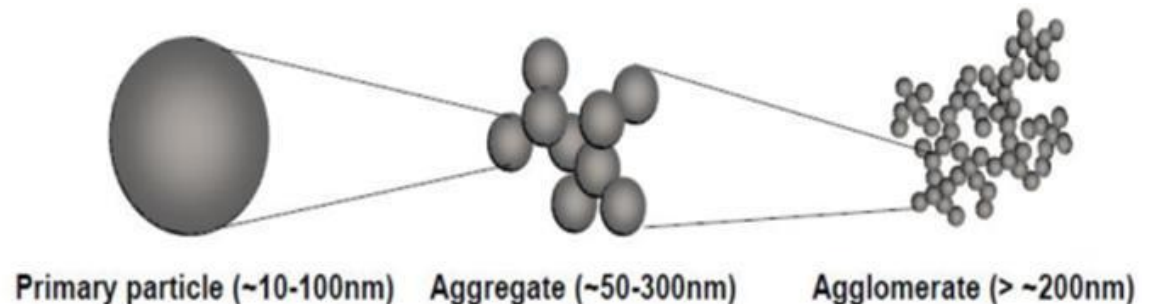
## ▶ Előállítás

- Nátrium-szilikát kénsavas lecsapása



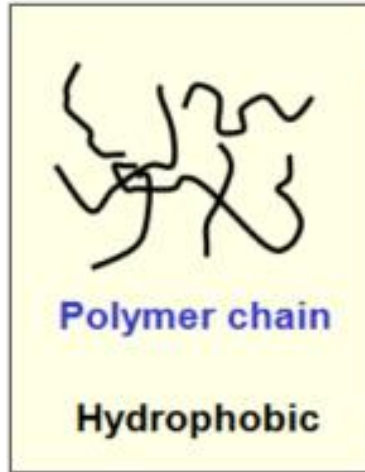
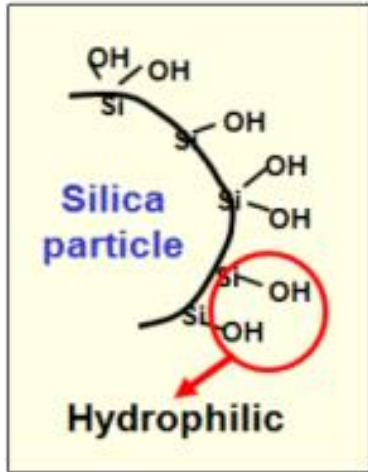
## ▶ Főbb tulajdonságok

- Fajlagos felület
- Nedvességtartalom
- Struktúra
- pH



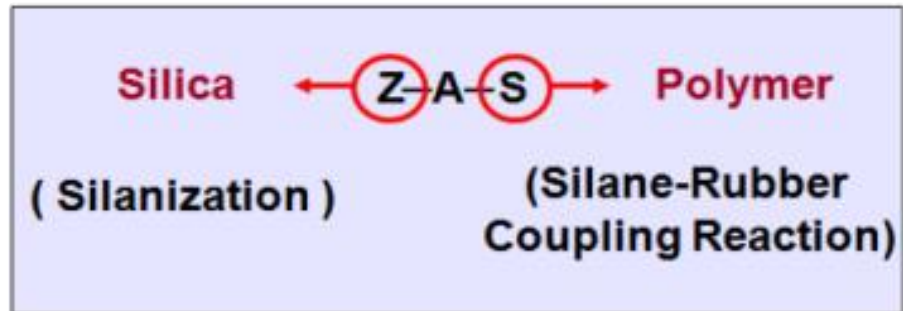
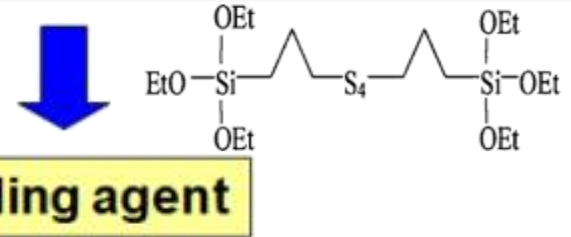
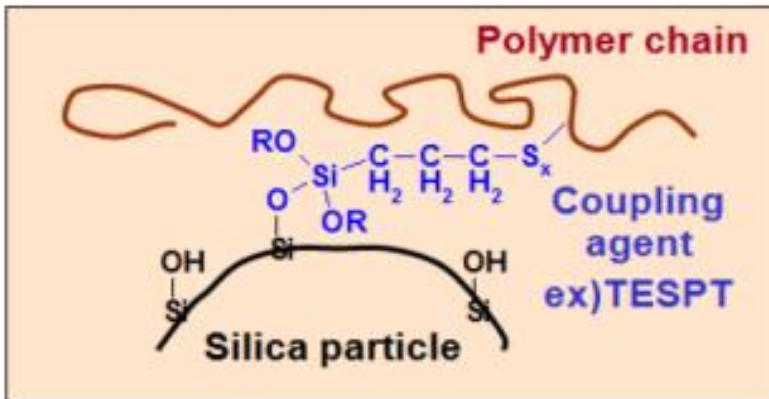


# Alapanyagok – Szilika



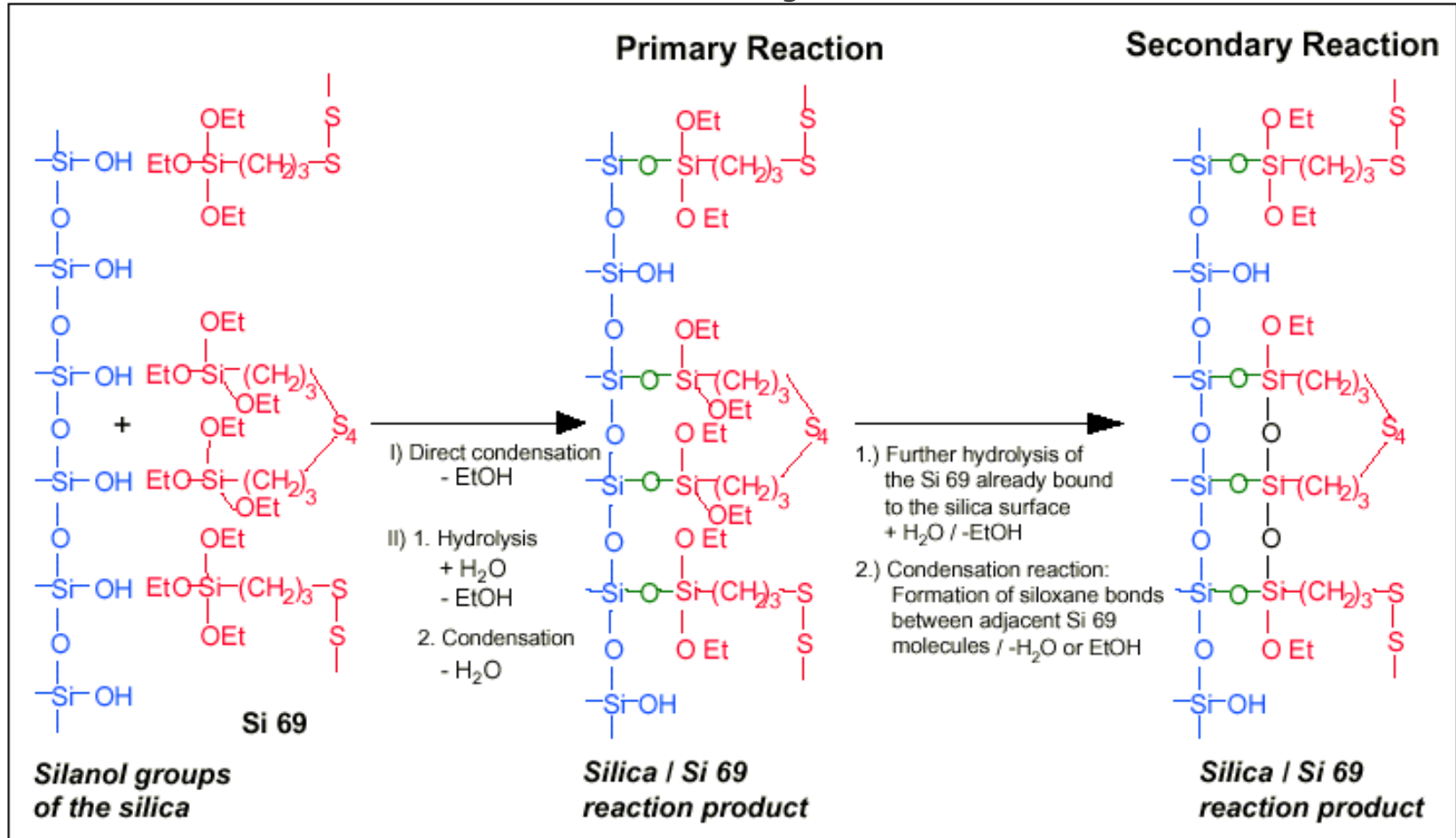
- Szilika (hidrofil) ↔ Polimer (hidrofób)
- Kölcsönhatás: alacsony
- Extra vegyszer szükséges a kémiai kötések kialakításához

## Silica - polymer coupling mechanism



# 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 – Vulkanizálószererek

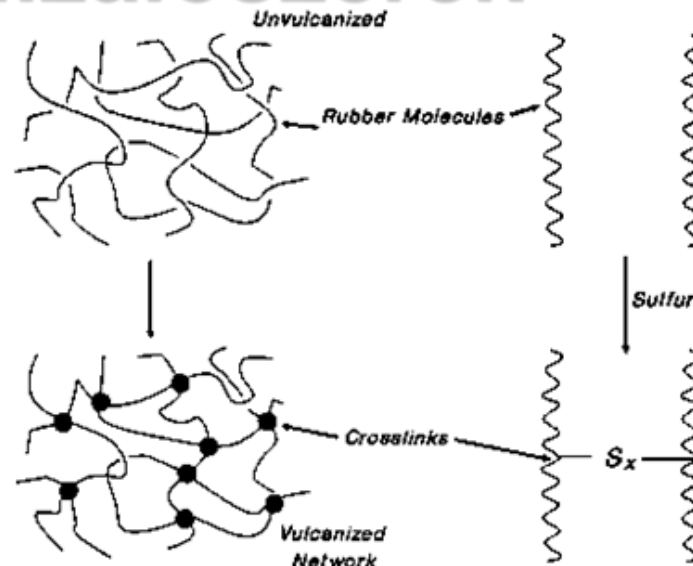
## ▶ Kén

### ◦ Őrölt kén, $S_8$ (olajjal kezelt)

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

### ◦ Oldhatatlan kén, $S_\infty$ (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 – Vulkanizálószerrek

## ▶ Gyorsítók:

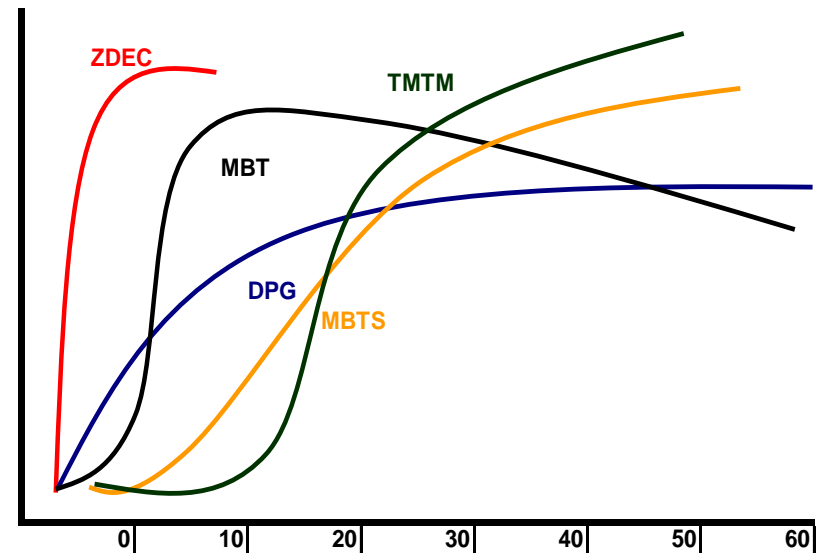
- Növelik a vulkanizáció sebességét
- Kénvegyületek
  - Ditiokarbamátok
  - Tiazolok
  - Benzotiazol-szulfénamidok
  - Guanidinek

## ▶ Aktivátorok:

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

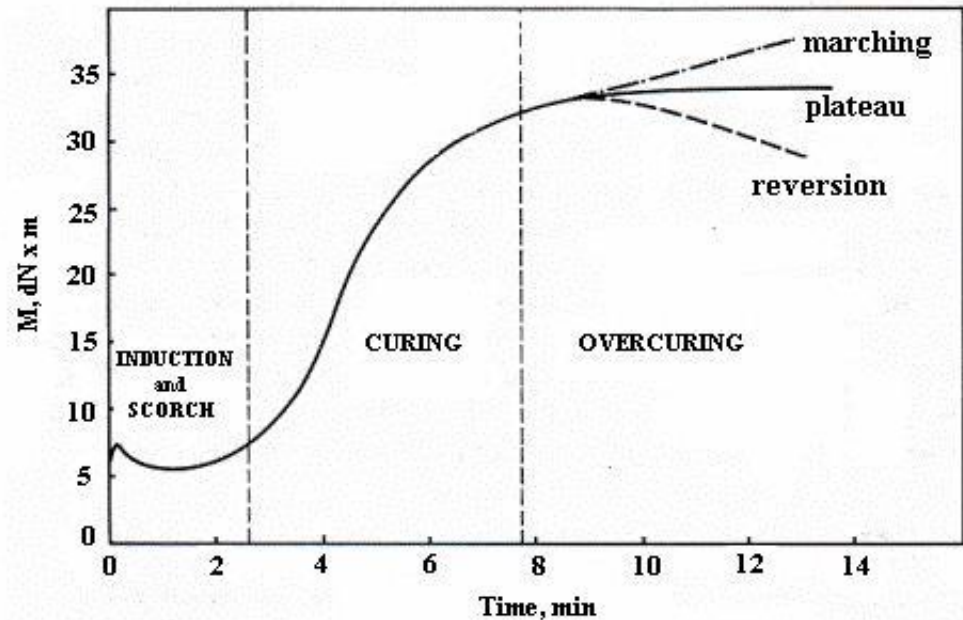
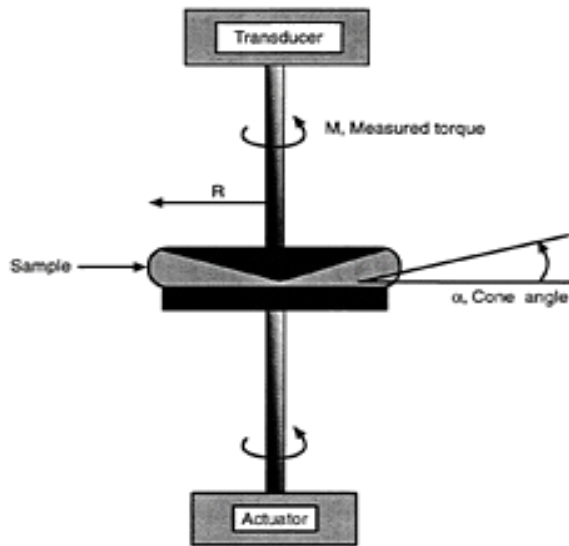
## ▶ Retarderek:

- Meggátolják az idő előtti vulkanizációt (feldolgozhatóság!)

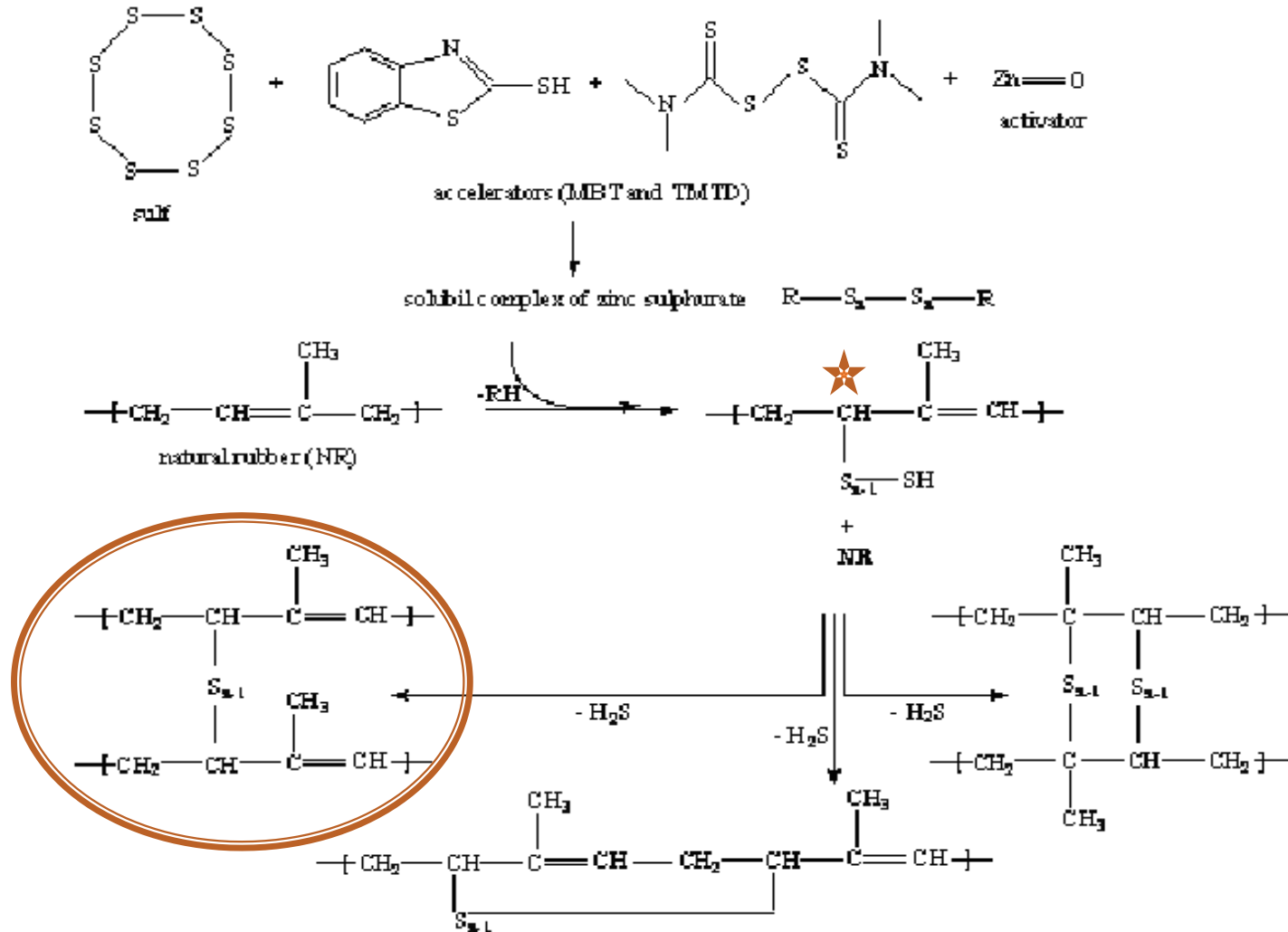


# Vulkanizáció

- ▶ 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



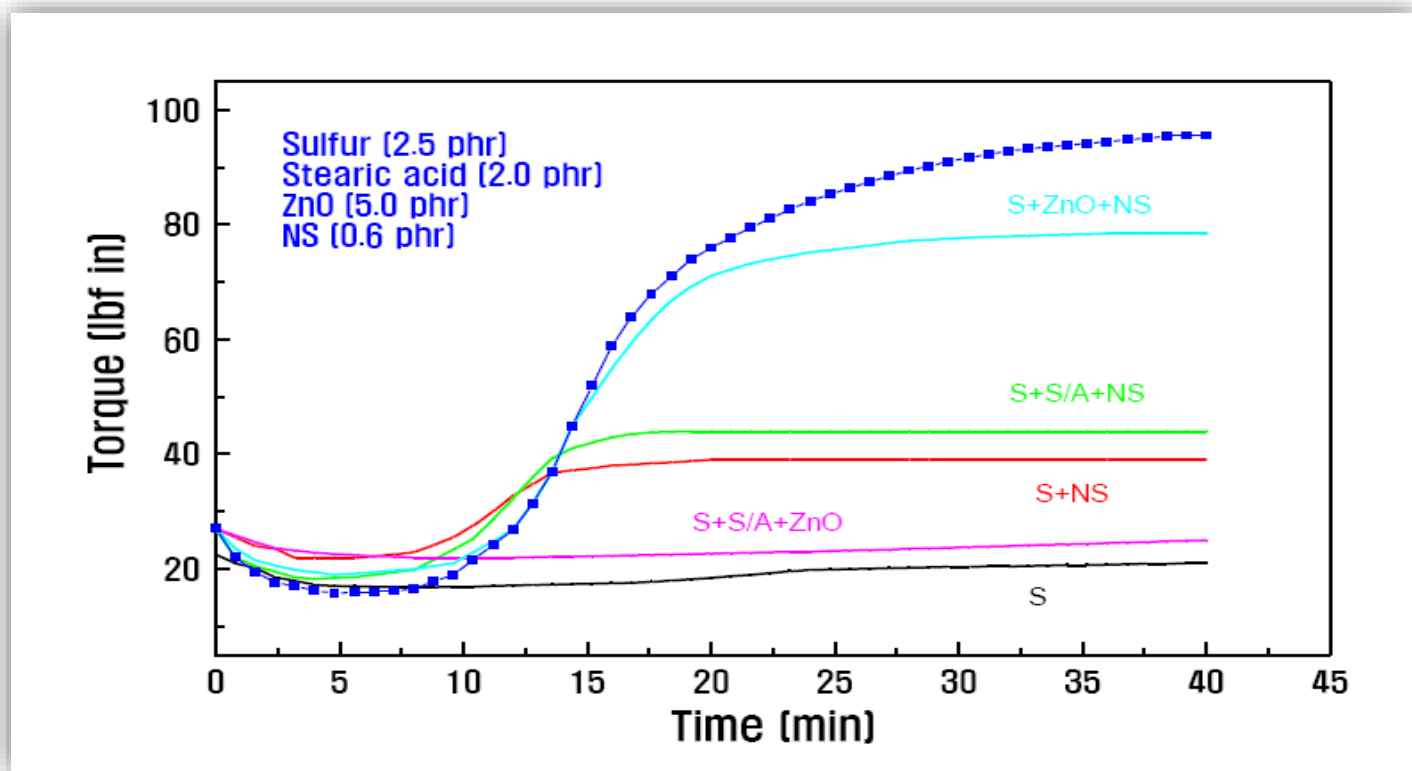
# Vulkanizáció



A kettős kötés aktiválja az  $\alpha$  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





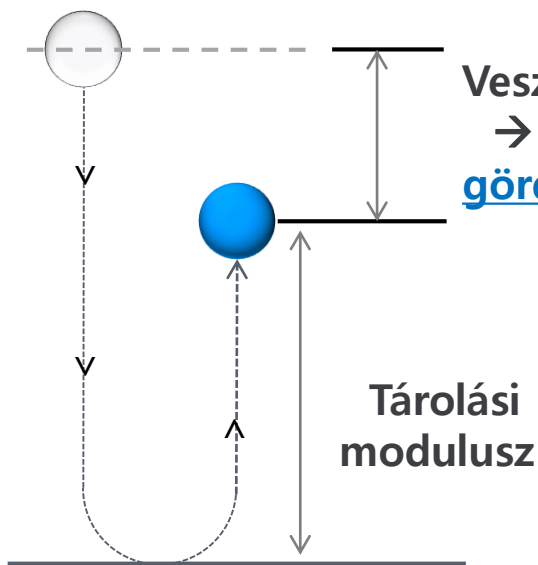
## 6.) Gumikeverékek vizsgálata

# 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

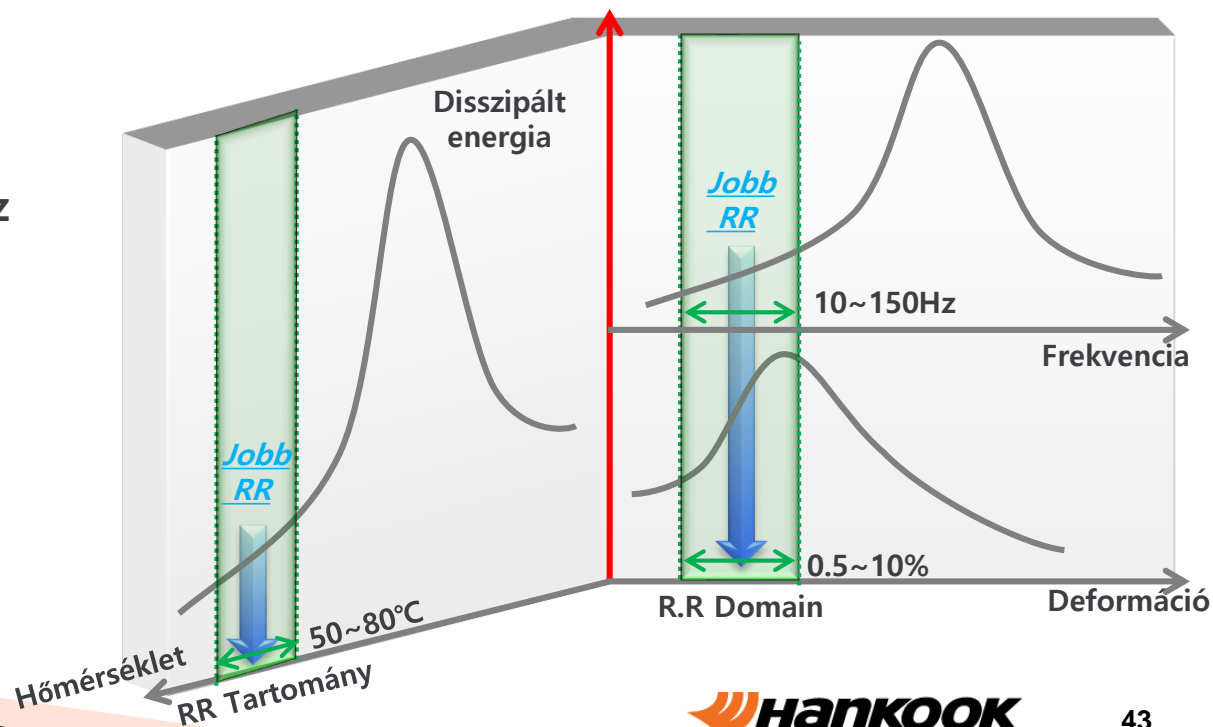
- ▶ A gumikeverék viszkoelasztikus anyag
  - Deformáció és visszaalakulás során energia disszipálódik (hiszterézis)
  - Üzemanyagtakarékoság = alacsony gördülési ellenállás (Low Rolling Resistance, LRR)



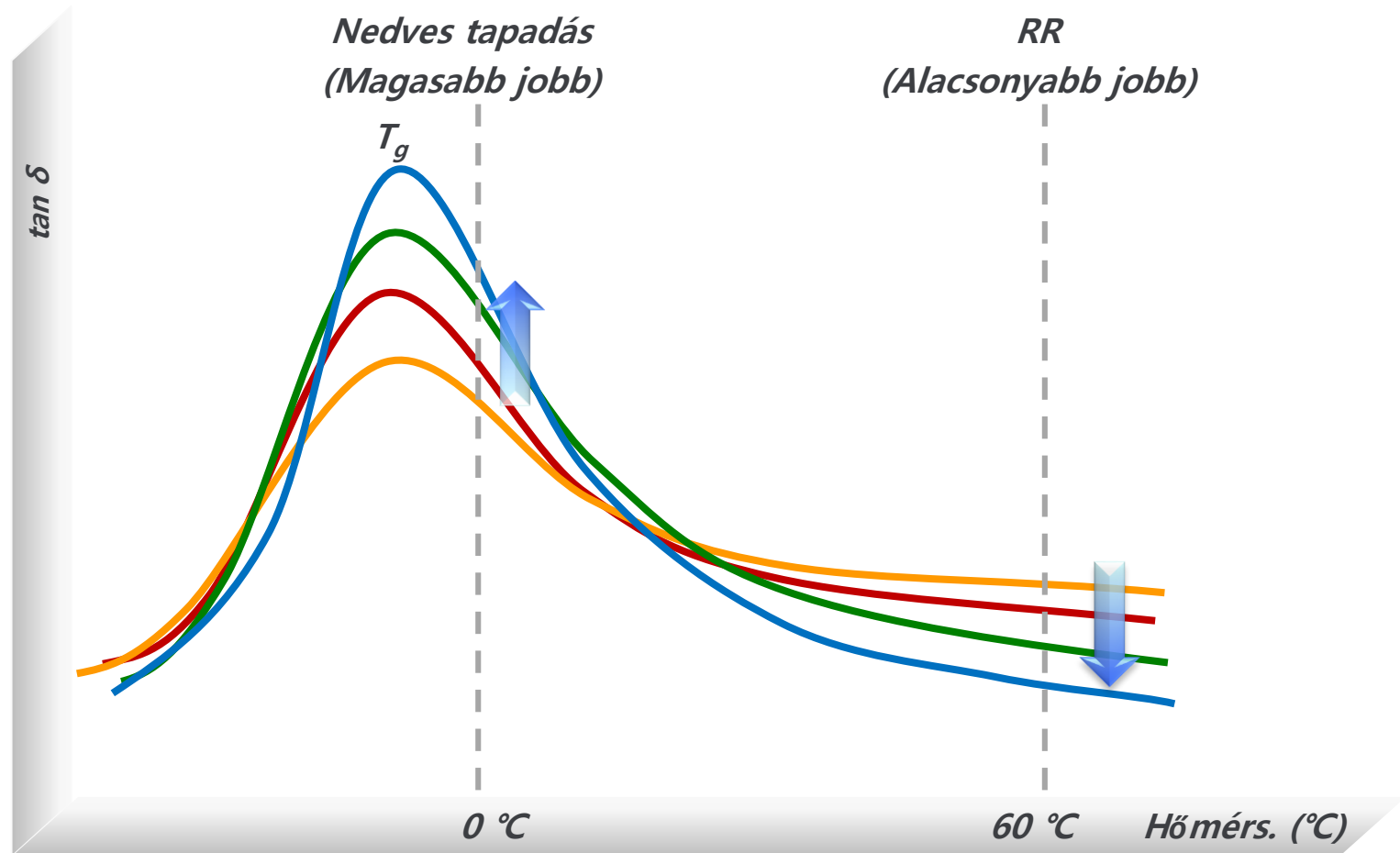
Veszteségi modulusz

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

Tárolási modulusz



# Viszkoelaszticitás



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



# Viszkoelaszticitás

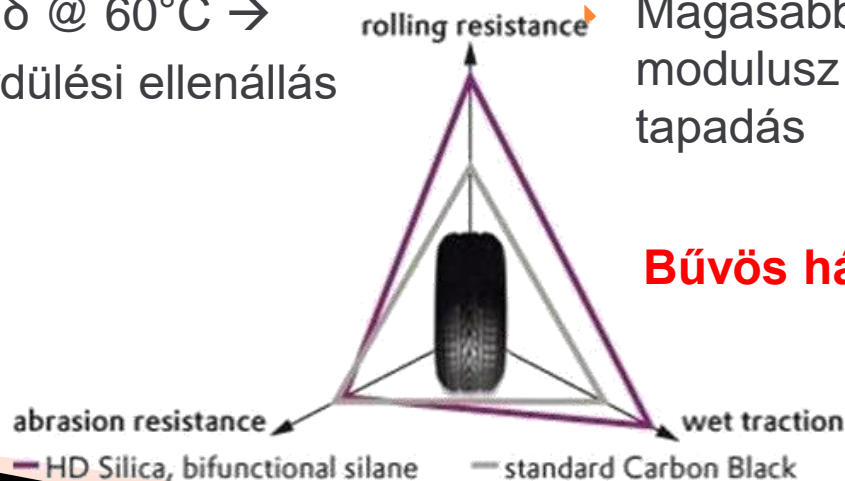


## Gördülési ellenállás (RR)

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

## Nedves tapadás

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



**Bűvös háromszög!**

# 7.) EU Labeling System

# EU Labeling



SUPPLIER'S NAME \_\_\_\_\_ Tyre type identifier \_\_\_\_\_

Size \_\_\_\_\_ Tyre class \_\_\_\_\_

