

Ojačevalni učinek saj na kavčukove zmesi

Reinforcement of Rubber Compounds with Carbon Black

B. Fajdiga, Z. Šušterič, Sava Kranj, Razvojno-tehnološki inštitut

Članek obravnava ojačevalni učinek saj v kavčukovih zmesih. Ta se kaže kot povečanje viskoznosti in modulov elastičnosti z rastočim deležem saj v zmesi. Da bi kvantitativno opredelili vpliv tipa in koncentracije saj na ojačevalni učinek, smo pripravili zmesi iz dveh vrst kavčuka, v katera smo vmešavali v različnih koncentracijah po enega od štirih tipov saj. Tako pripravljenim zmesem, kakor tudi samim kavčukom, smo merili viskoznosti in module elastičnosti ter jih primerjali z izračunanimi.

Ključne besede: kavčukova zmes, saje, ojačevalni učinek, strižna viskoznost, modul elastičnosti

Reinforcing effect of carbon blacks in rubber compounds is presented. The effect manifests itself as an increase of the compounds' viscosities and elasticity moduli with increasing carbon black contents. With the aim to determine the influence of carbon black type and concentration quantitatively, rubber compounds consisting solely of one type of rubber and one type of carbon black at a time in various concentrations were used. Four types of carbon black and two types of rubber were chosen for the experiments. The relevant properties were measured and the results compared with those predicted theoretically.

Keywords: rubber compound, carbon black, reinforcing effect, shear viscosity, elasticity modulus

1 Uvod

Ključna snov v gumarski tehnologiji je kavčukova zmes, ki predstavlja vmesno stopnjo med posameznimi gradivi - osnovnimi sestavinami in končnim izdelkom. Poleg osnovne sestavine - elastomera vsebuje dodatke, potrebne za izboljšanje predelovalnih lastnosti same zmesi in za prilagoditev lastnosti končnega izdelka. Med najpomembnejše dodatke kavčukovi zmesi spadajo aktivna polnila, večinoma različne vrste saj. Njihova vloga je podrejena lastnostim izdelka. Pri tem gre za izboljšanje odpornosti proti obrabi, povečanje modulov elastičnosti in odpornosti proti staranju¹. Poleg vpliva na lastnosti vulkanizata imajo saje tudi izrazit učinek na predelovalne lastnosti kavčukovih zmesi. To se kaže v največkrat nezaželjenem povečanju viskoznosti zmesi, kar med drugim povzroča večjo porabo energije pri predelavi.

Naš namen je bil opredeliti vpliv deleža in vrste saj v kavčukovi zmesi na strižno viskoznost in module elastičnosti. Pri slednjih smo rezultate meritev primerjali tudi s tistimi dobljenimi teoretično.

2 Teoretični del

Na polimerno verigo se saje, zaradi številnih aktivnih mest na površini, vežejo s šibkimi silami Van der Waals-ovega tipa². Pri vezavi polnilo-saje gre tudi za kovalentne vezi med polimerom in funkcionalnimi skupinami na

delcih saj, ki so rezultat proizvodnega procesa. Tako nastala struktura omejuje gibljivost polimernih segmentov in povečuje notranje trenje, kar se makroskopsko odraža na porastu viskoznosti in modulov elastičnosti kavčukovih zmesi. Pri tem govorimo o ojačevalnem učinku saj. Ker je takšen sistem težko eksaktno opisati, smo si pomagali z modelom. V primeru, ko imamo opraviti s togimi, inertnimi kroglicami, se ta učinek na kapljevino izraža z Einstein-Guth-Goldovo enačbo³:

$$E = E_0(1 + 2,5C + 14,1C^2) \quad (1)$$

pri čemer predstavlja:

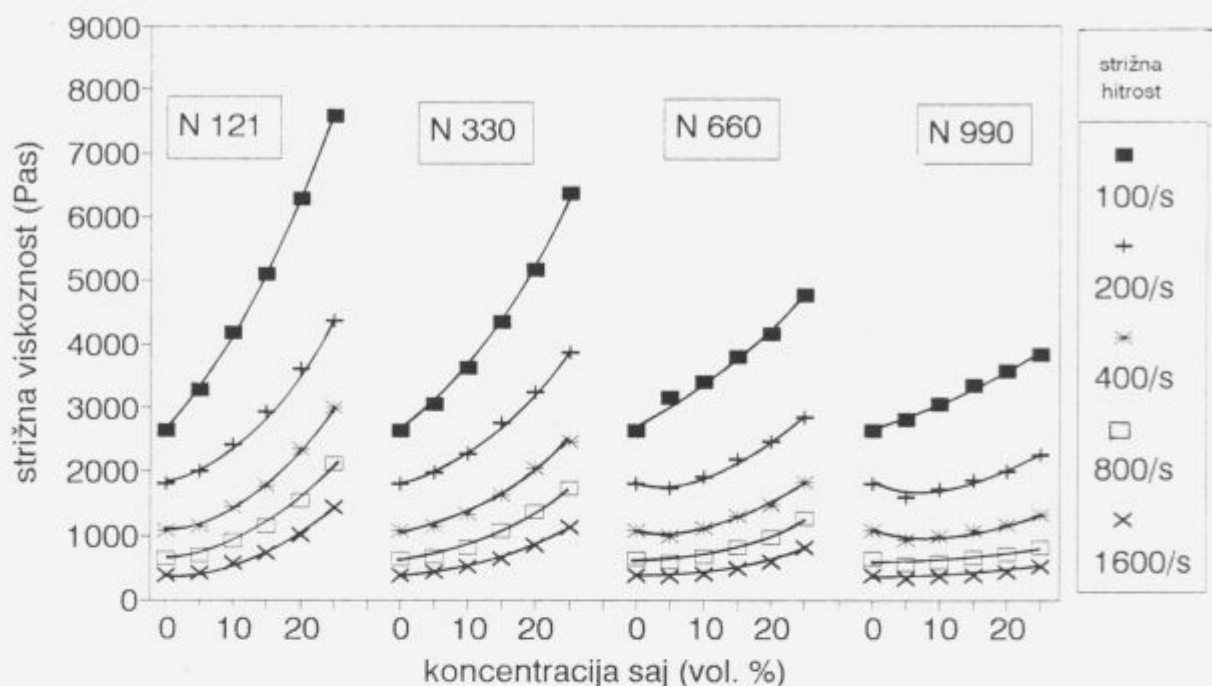
- E modul elastičnosti kavčukove zmesi,
- E_0 modul elastičnosti kavčuka,
- C volumski delež saj v kavčukovi zmesi.

Glede na naravo aktivnega polnila, uporabljenega v eksperimentu, pričakujemo, da bodo izmerjene vrednosti modulov elastičnosti višje od tistih, ki jih napoveduje enačba (1).

3 Eksperimentalni del

3.1 Sestava in priprava kavčukovih zmesi

Za eksperimentalno osnovo smo izbrali kavčuka: stiren-butadienski (SBR) in izopren-izobutilenski (IIR) in saje tipov N 121, N 330, N 660 in N 990. V posamezni kavčuk smo vmešavali po eno vrsto saj v območju koncentracij od



Slika 1: Odvisnost strižne viskoznosti od koncentracije saj za zmesi iz IIR in različne vrste saj
Figure 1: Shear viscosity dependence on carbon black concentration for rubber compounds based on IIR and various types of carbon black

0 do 25 volumskih %. Mešanje je potekalo v gnetilni glavi plastografa Brabender, ki mu je sledilo vlečenje zmesi v ploščo na dvovaljčniku Berstorff.

3.2 Meritve

3.2.1 Meritve strižne viskoznosti

Strižno viskoznost smo merili na kapilarnem viskozimetru firme Goettfert pri temperaturi 100°C in pri petih strižnih hitrostih od 100 do 1600 s⁻¹.

3.2.2. Meritve modula elastičnosti

Kot preizkušance za meritve modulov elastičnosti smo porabili ekstrudat iz predhodne meritve. Pod mikroskopom smo jim določili presek, nato smo jih po temperiranju v sušilniku (pri 100°C) preko vzvoda, povezanega z elektronsko tehtnico Sartorius raztezali do 20 %.

4 Rezultati in razprava

Rezultati meritev strižne viskoznosti zmesi iz IIR so prikazani na **sliki 1**, za zmesi iz SBR pa na **sliki 2**. V obeh primerih je razviden odločilen vpliv deleža saj v zmesi na strižno viskoznost, kar je v skladu tudi z literaturnimi podatki^{4,5}, medtem ko je vpliv specifične površine (vrste saj) bolj diskreten⁶. Iz predstavljenih odvisnosti viskoznosti od hitrosti strižne deformacije je razvidna strukturnoviskozna narava kavčukovih zmesi.

Ojačevalni učinek saj prikazujeta tudi odvisnosti modulov elastičnosti IIR- zmesi (**slika 3**) in SBR- zmesi (**slika 4**) od vsebnosti saj. Pri tem smo za primerjavo v diagramih

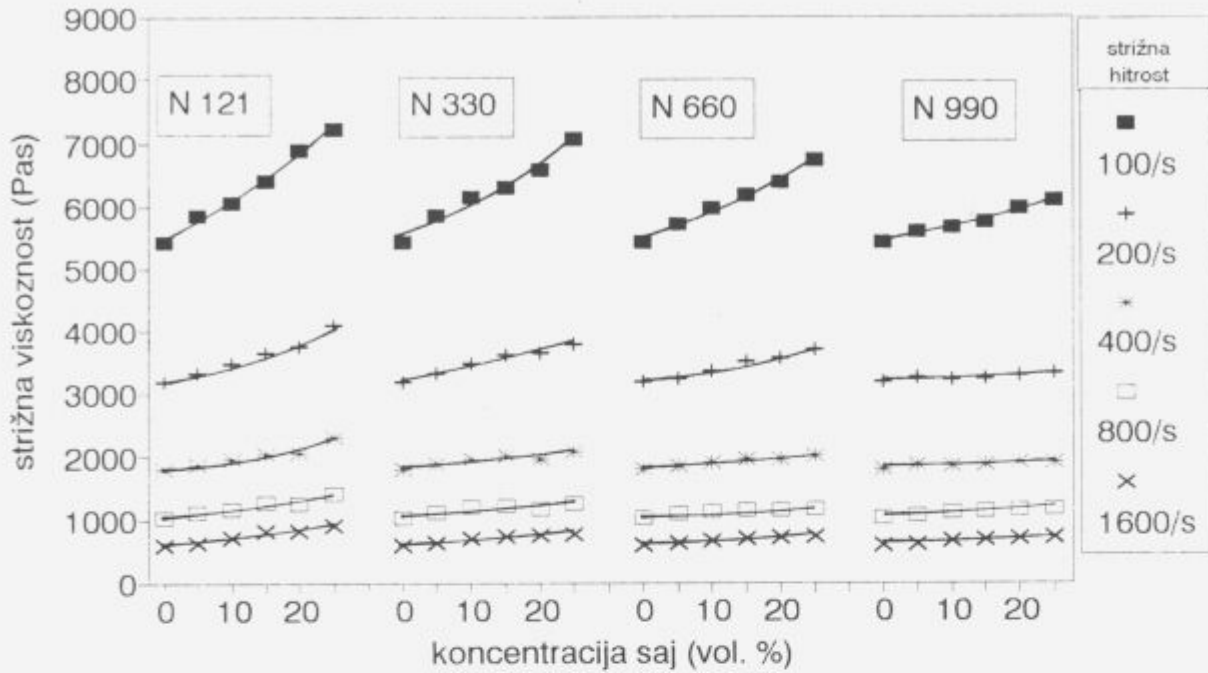
predstavili tudi vrednosti, računane po enačbi (1). Iz prikazanega sklepamo, da se zlasti v primeru zmesi na osnovi izopren-izobutilenskega kavčuka, manj aktivne saje približujejo predstavi togih, neaktivnih kroglic.

5 Zaključek

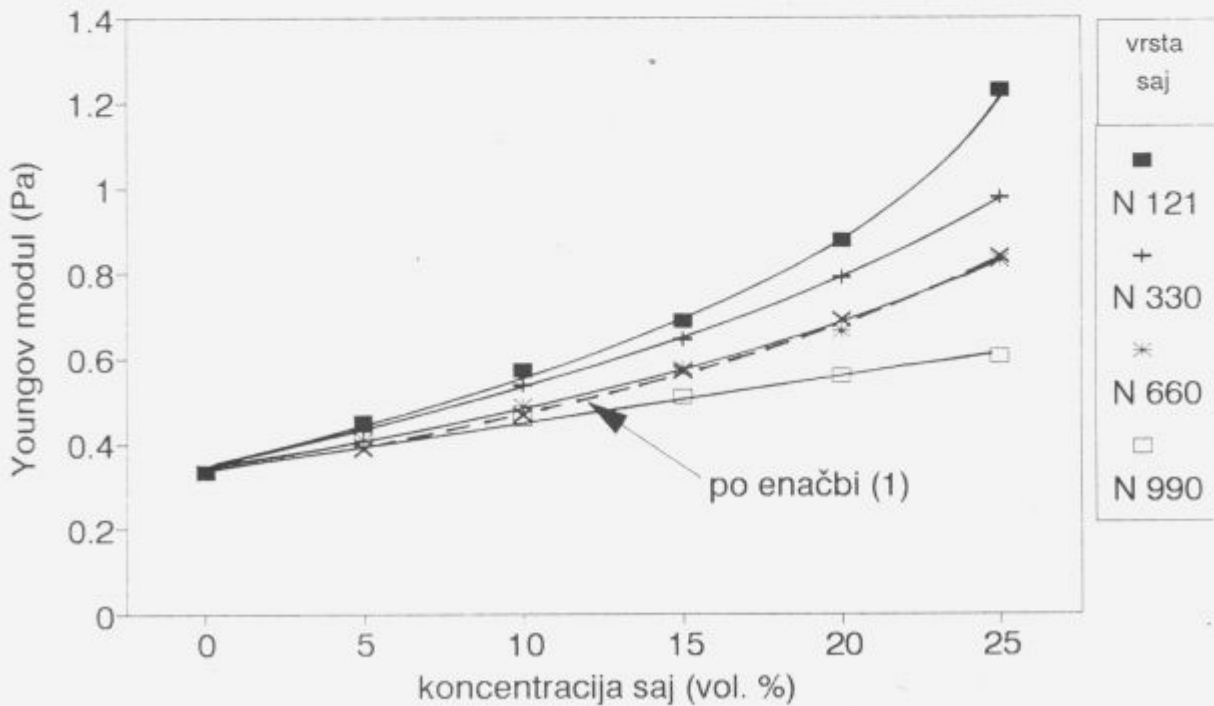
Dobljene vrednosti so povsem v skladu s pričakovanji. V bodoče bo potrebno raziskave usmeriti na vpliv ostalih dodatkov kavčukovim zmesem, ki drastično vplivajo na ojačevalni učinek, kot so na primer mehčala.

6 Literatura

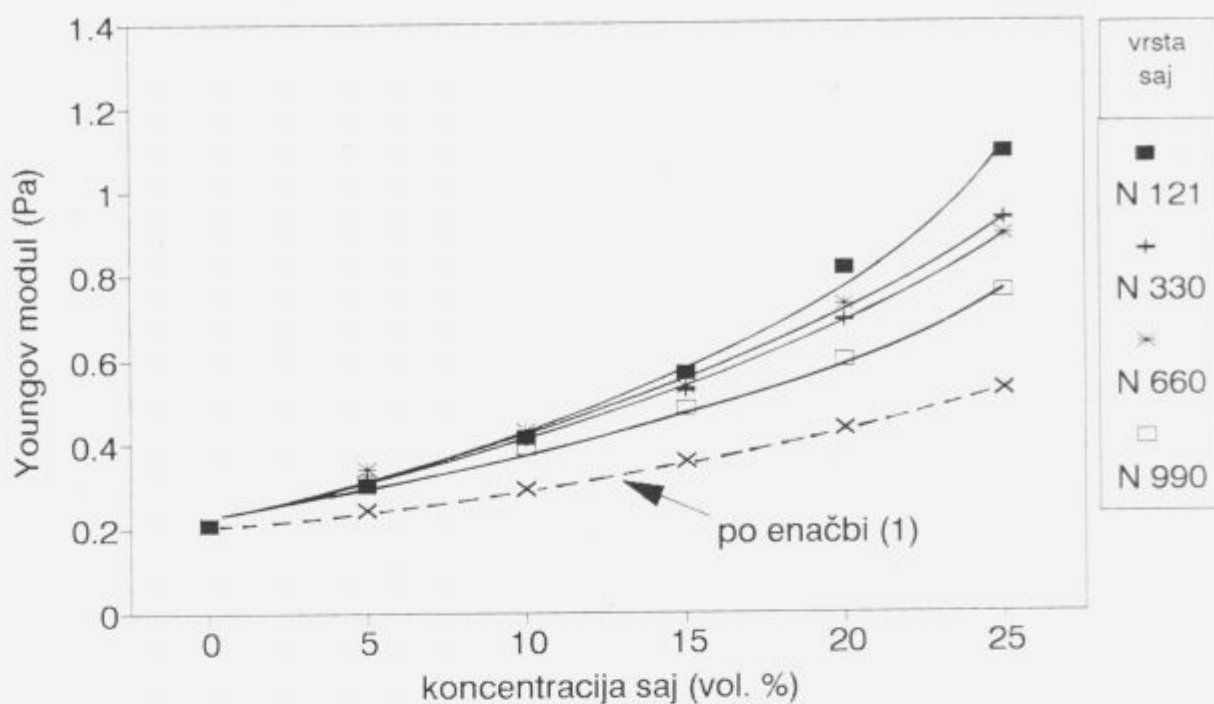
- W. Kleemann: Mischungen fuer die Elastverarbeitung, VEB Deutscher Verlag fuer Grundstoffindustrie, Leipzig, 1982, Kap. 7, str 155.
- G. Kraus: Interactions of elastomers and reinforcing fillers, Rubber Chem. Technol., 38, 1070 (1965).
- J. L. White v: Science and Technology of Rubber, F. R. Eirich Ed, Academic Press, New York 1978, Chap. 6, str. 267.
- G. Kraus v: Reinforcement of Elastomers, G. Kraus Ed, Interscience Publishers, New York 1965, Chap. 4, str. 125.
- A. K. Sircar: Optimum loading of carbon black in rubber by Monsanto oscillating disc rheometer, Rubber World 197, 30 (1987).
- G. Kraus v: Science and Technology of Rubber, F. R. Eirich Ed, Academic Press, New York 1978, Chap. 8, str. 351.



Slika 2: Odvisnost strižne viskoznosti od koncentracije saj za zmesi iz SBR in različne vrste saj
Figure 2: Shear viscosity dependence on carbon black concentration for rubber compounds based on SBR and various types of carbon black



Slika 3: Youngovi moduli elastičnosti v odvisnosti od koncentracije saj za IIR zmesi
Figure 3: Dependence of Young's elasticity moduli on carbon black concentration for rubber compounds based on IIR



Slika 4: Youngovi moduli elastičnosti v odvisnosti od koncentracije saj za SBR zmesi

Figure 4: Dependence of Young's elasticity moduli on carbon black concentration for rubber compounds based on SBR