TEXNIK UGLERODNING XOSSALARINI ASTM D2414 VA ASTM D3493 KO‘RSATKICHLARI ASOSIDA TALILI

Nosir Tojimurodovich Ortiqov
Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tadqiqot instituti, PhD, katta ilmiy xodim
Tel. +998977490061
Mas’ud Ubaydulla o‘g‘li Karimov
Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tadqiqot instituti Ilmiy ishlar bo‘yicha direktor o‘rinbosari t.f.d., prof.
Abdulaxat Turapovich Djalilov
Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tadqiqot instituti Direktori k.f.d. prof. O‘zRFA akademigi

Annotatsiya: Ushbu ilmiy ishda texnik uglerodning strukturaviy va fizik-kimyoviy xossalari ASTM D2414 (yog‘ni yutish miqdori – YYM) va ASTM D3493 (siqilgan yog‘ni yutish miqdori – SYYM) standartlari asosida kompleks tahlil qilingan. Texnik uglerodning sanoat ahamiyati uning zarracha o‘lchami, agregat va aglomerat tuzilishi, strukturaviy tarmoqlanish darajasi hamda sirt xossalari bilan bog‘liq ekanligi adabiyotlar va eksperimental natijalar asosida yoritilgan. Pech, kanal, atsetilen va piroliz usullari orqali olingan texnik uglerodlarning strukturaviy farqlari tahlil qilinib, uch pog‘onali tuzilish — birlamchi zarracha, agregat va aglomeratsiya tushunchalari batafsil izohlangan. ASTM D3493 bo‘yicha aniqlangan SYYM qiymatlari agregatlarning mexanik siqilish ostida strukturani saqlab qolish qobiliyatini baholash imkonini bergan. Tajriba natijalariga ko‘ra 1-N dan 6-N namunagacha SYYM qiymatlarining muntazam ortib borishi strukturaviy rivojlanishni ko‘rsatgan bo‘lsa, 6-N namunada optimal strukturaviy maksimum kuzatilgan. Keyingi namunalarda (7-N–10-N) SYYM qiymatlarining pasayishi haddan tashqari aglomeratsiya va strukturaviy barqarorlikning kamayishi bilan izohlangan. Olingan natijalar texnik uglerod ishlab chiqarish jarayonida optimal texnologik parametrlar mavjudligini ilmiy asosda tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: Texnik uglerod, yog‘ni yutish miqdori, agregat, aglomerat, strukturaviy barqarorlik, zarracha o‘lchami, kauchuk-kompozit materiallar, mustahkamlovchi qo‘shimcha.

Аннотация: В данной научной работе проведен всесторонний анализ структурных и физико-химических свойств технического углерода на основе стандартов ASTM D2414 (маслопоглощающая способность - YYM) и ASTM D3493 (маслопоглощающая способность под давлением - SYYM). На основе литературных данных и экспериментальных результатов подчеркивается связь промышленной значимости технического углерода с размером частиц, агрегатной и агломератной структурой, степенью структурного разветвления

ISSN 3030-3907

и свойствами поверхности. Проанализированы структурные различия технических углеродов, полученных печным, канальным, ацетиленовым и пиролизным методами, и подробно объяснены концепции трехстадийной структуры - первичные частицы, агрегаты и агломерации. Значения SYYM, определенные по стандарту ASTM D3493, позволили оценить способность агрегатов сохранять свою структуру при механическом сжатии. Согласно экспериментальным результатам, закономерное увеличение значений SYYM от образца 1-N до 6-N указывало на развитие структуры, при этом оптимальный структурный максимум наблюдался в образце 6-N. Снижение значений SYYM в последующих образцах (7-N–10-N) объяснялось чрезмерной агломерацией и снижением структурной стабильности. Полученные результаты научно подтверждают существование оптимальных технологических параметров в процессе производства технического углерода.

Ключевые слова: Технический углерод, степень маслопоглощения, агрегат, агломерат, структурная стабильность, размер частиц, резинокомпозитные материалы, армирующая добавка.

Abstract: In this scientific work, the structural and physicochemical properties of technical carbon were comprehensively analyzed based on the ASTM D2414 (oil absorption capacity - YYM) and ASTM D3493 (compressed oil absorption capacity - SYYM) standards. The fact that the industrial importance of technical carbon is related to its particle size, aggregate and agglomerate structure, degree of structural branching, and surface properties is highlighted based on literature and experimental results. The structural differences of technical carbons obtained by furnace, channel, acetylene, and pyrolysis methods were analyzed, and the concepts of three-stage structure - primary particle, aggregate, and agglomeration - were explained in detail. The SYYM values determined according to ASTM D3493 allowed us to assess the ability of aggregates to maintain their structure under mechanical compression. According to the experimental results, a regular increase in SYYM values from sample 1-N to 6-N indicated structural development, while an optimal structural maximum was observed in sample 6-N. The decrease in the SYYM values in the following samples (7-N–10-N) was explained by excessive agglomeration and reduced structural stability. The results obtained scientifically confirm the existence of optimal technological parameters in the production process of technical carbon.

Keywords: Technical carbon, oil absorption rate, aggregate, agglomerate, structural stability, particle size, rubber-composite materials, reinforcing additive.

Kirish

ISSN 3030-3907

Texnik uglerod (carbon black) yuqori dispersli, asosan elementar ugleroddan tashkil topgan sanoat materiali bo‘lib, kauchuk, plastmassa, bo‘yoq, siyoh, elektrotexnika va kompozit materiallar ishlab chiqarishda muhim mustahkamlovchi va funksional qo‘shimcha sifatida qo‘llaniladi. Texnik uglerodning sanoat ahamiyati uning zarracha o‘lchami, sirt maydoni, strukturaviy tarmoqlanish darajasi va sirt kimyosi bilan belgilanadi. Ayniqsa, avtomobil shinalari sanoatida texnik uglerod mexanik mustahkamlik, ishqalanishga chidamlilik va elastiklikni ta’minlovchi asosiy komponent hisoblanadi [1–3]. Adabiyotlarda texnik uglerod olishning bir necha asosiy sanoat texnologiyalari keltirilgan bo‘lib, ularning har biri o‘ziga xos strukturaviy va fizik-kimyoviy xossalarga ega. Pech (Furnace black) usuli Pech usuli hozirgi kunda dunyoda ishlab chiqarilayotgan texnik uglerodning 90 % dan ortig‘ini tashkil etadi. Ushbu usulda aromatik uglevodorodlar (neft qoldiqlari, piroliz moylari) cheklangan kislorod muhitida 1200–1800 °C haroratda termik parchalanadi. Jarayon davomida uglerod atomlari kondensatsiyalanib, birlamchi zarrachalar, agregatlar va aglomeratlar hosil qiladi [4,5]. Pech usulining asosiy afzalligi — strukturasi va sirt xossalarini keng diapazonda boshqarish imkoniyatidir. Harorat, reaksiya vaqti va xomashyo tarkibi o‘zgartirilishi orqali turli YYM va BET qiymatlariga ega texnik uglerodlar olinadi [6]. Kanal (Channel black) usuli Kanal usuli eng qadimgi texnologiyalardan biri bo‘lib, tabiiy gazning metall plastinalar yuzasida qisman yonishi orqali amalga oshiriladi. Ushbu usulda olingan texnik uglerod juda kichik zarracha o‘lchamiga va yuqori sirt maydoniga ega bo‘ladi. Biroq energiya sarfining yuqoriligi va ekologik cheklovlar sababli hozirgi kunda sanoatda kam qo‘llaniladi [7].Atsetilen usuli Atsetilenning yuqori haroratda parchalanishi natijasida olinadigan texnik uglerod (acetylene black) juda yuqori elektr o‘tkazuvchanlikka ega bo‘lib, asosan batareya va elektrotexnika sohalarida ishlatiladi. Ushbu uglerod past strukturali, lekin yuqori kristallik darajasiga ega ekanligi bilan ajralib turadi [8,9]. Piroliz va chiqindilarni qayta ishlash asosidagi usullar So‘nggi yillarda ekologik muammolar tufayli chiqindilar (plastmassa, shinalar, piroliz moylari) asosida texnik uglerod olish bo‘yicha tadqiqotlar faollashdi. Adabiyotlarda piroliz orqali olingan texnik uglerodning xossalari an’anaviy pech usuli bilan taqqoslanib, sirt kimyosi va kul miqdorini optimallashtirish muhimligi ta’kidlangan [10–12]. Texnik uglerodning tuzilishi: zarracha, agregat va aglomerat, adabiyotlarda texnik uglerod tuzilishi uch darajali ierarxik tizim sifatida qaraladi:

1. **Birlamchi zarracha (primary particle)** diametri 10–100 nm atrofida bo‘lgan sferik zarracha
2. **Agregat (aggregate)** birlamchi zarrachalarning kimyoviy jihatdan mustahkam bog‘langan uch o‘lchamli tarmog‘i

ISSN 3030-3907

3. **Aglomerat (agglomerate)** agregatlarning kuchsiz (van-der-Vaals) kuchlar orqali birlashgan tuzilmasi SEM va TEM tadqiqotlari agregatlarning tarmoqlangan (branching) strukturaga ega ekanligini ko‘rsatadi, bu esa texnik uglerodning mexanik mustahkamlovchi xususiyatlarini belgilaydi [13–15]. Strukturaviy xossalar va YYM vaSYYM ko‘rsatkichlari Texnik uglerodning strukturaviy darajasi adabiyotlarda Oil Absorption Number (YYM) va Compressed Oil Absorption Number (SYYM) orqali baholanadi. ASTM D2414 va ASTM D3493 standartlari asosida aniqlanadigan ushbu ko‘rsatkichlar agregatlarning tarmoqlanish darajasini va ichki bo‘shliq hajmini ifodalaydi [16].

Yuqori YYM va SYYM qiymatlari: rivojlangan agregat tarmog‘i, yuqori mexanik mustahkamlash, yuqori modul va ishqalanishga chidamlilik, bilan bog‘liq ekanligi ko‘plab tadqiqotlarda isbotlangan [17–19]. Sirt kimyosi va funksional guruhlar Texnik uglerod sirtida karboksil, fenolik, karbonil va lakton guruhlar mavjud bo‘lib, ular sirt qutbliligini va polimer bilan o‘zaro ta’sirini belgilaydi. FTIR, XPS va Boehm titrlash usullari orqali aniqlanganidek, sirt funksional guruhlari dispersiyalanish va polimer-matritsa bilan adgeziyada muhim rol o‘ynaydi [20–22]. Texnik uglerodning asosiy fizik xossalari Adabiyotlarda quyidagi xossalar asosiy sifat ko‘rsatkichlari sifatida keltiriladi: BET sirt maydoni, zarracha o‘lchami, YYM va SYYM, zichlik, kul miqdori, elektr o‘tkazuvchanlik, ushbu xossalarning optimal kombinatsiyasi texnik uglerodning maqsadli qo‘llanilishini belgilaydi [23–25].

Keyingi tadqiqot ishimiz ASTM D3493 bo‘yicha siqilgan yog‘ni yutish natijalarining ilmiy tahlili o‘rganildi. Tadqiqotning mazmuni texnik uglerodning strukturaviy xususiyatlarini chuqurroq baholash maqsadida ASTM D3493 standarti asosida siqilgan yog‘ni yutish miqdori (Compressed Oil Absorption Number – SYYM) aniqlandi. Mazkur ko‘rsatkich texnik uglerod agregatlarining mexanik siqilish ostida strukturani saqlab qolish qobiliyati, ya’ni ishlab chiqarishda texnologik jarayonlardagi (aralashtirish texnik uglerodni kauchuk yoki polimer bilan **bir xil tarqatish**, ekstruziya aralashmani **bosim bilan teshikdan siqib chiqarish**, kalandrlash materialni **ikki valik orasidan o‘tkazib yupqalash**.) harakatini baholash imkonini beradi.

1-Jadval

Tajriba natijalarida quyidagi SYYM qiymatlari olindi (m^3/kg)

Namuna	SYYM (m^3/kg)	SYYM (sm^3/100 g)	Struktura darajasi
1-N	0.03	30	Past strukturali
2-N	0.038	38	
3-N	0.0465	46.5	

ISSN 3030-3907

4-N	0.0503	50.3	O‘rtacha strukturali
5-N	0.0654	65.4	
6-N	0.0803	80.3	O‘rtacha–yuqori strukturali
7-N	0.078	78.0	O‘rtacha–yuqori strukturali
8-N	0.075	75.0	
9-N	0.075	75.1	
10-N	0.07	70.3	

Olingan ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki, 1-N dan 6-N namunagacha SYYM qiymati muntazam ortib bordi, bu texnik uglerod strukturasi bosqichma-bosqich rivojlanib borayotganini bildiradi. 6-N namunada SYYM maksimal qiymatga (80.3 m^3/kg) yetib, keyingi namunalar (7-N – 10-N) uchun pasayishi kuzatiladi.

Bu holat texnik uglerod strukturasi uchun optimal maksimum nuqta mavjudligini ko‘rsatadi. Strukturaviy barqarorlik nuqtai nazaridan tahlil ASTM D3493 usuli aynan strukturaviy barqarorlikni baholaydi. YYM (ASTM D2414) bilan solishtirganda, SYYM quyidagilarni ko‘rsatadi: agregatlarning siqilish ostida parchalanish darajasi, ichki bo‘shliqlarning mexanik barqarorligi, ishlab chiqarishda texnologik yuklama ostidagi strukturani saqlab qolish qobiliyati

1-N, 4-N namunalarda SYYM past bo‘lib, bu past strukturali yoki yetarlicha rivojlanmagan agregatlar mavjudligini ko‘rsatadi. 5-N va ayniqsa 6-N namunalarida SYYM keskin ortishi rivojlangan va barqaror strukturaga ega texnik uglerod hosil bo‘lganini bildiradi. Maksimal SYYM va optimal struktura 6-N namunaning SYYM ≈ 78–80 m^3/kg bo‘lishi quyidagilarni anglatadi:

agregatlar yaxshi shakllangan

tarmoqlanish darajasi yuqori

siqilishda struktura buzilmaydi

real ishlab chiqarish sharoitlariga mos

Bu ko‘rsatkich texnik uglerodning optimal strukturaviy holatiga erishilganini bildiradi. 7-N, 8-N va 9-N namunalarida SYYM biroz pasayishi ehtimoliy sabablar bilan izohlanadi:

haddan tashqari aglomeratsiya

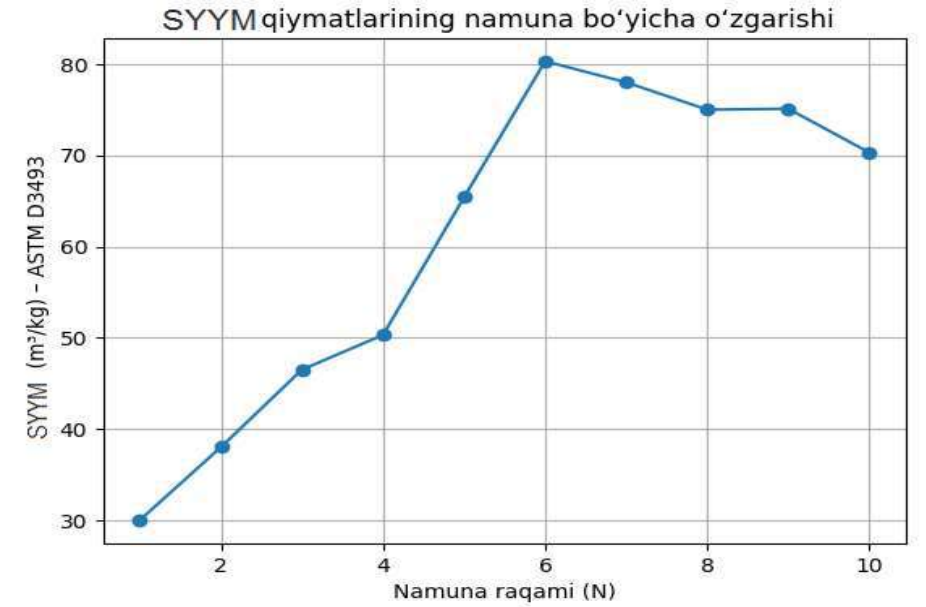
zarralararo bog‘lanishning mo‘rtlashuvi

yuqori harorat yoki reaksiya vaqtining ortishi

Sanoat ushbu turdagi texnik uglerodlar SYYM = 70–80 m^3/kg diapazonida shina protektori, yuk ko‘taruvchi rezinalar, ishqalanishga chidamli kauchuk buyumlar uchun eng maqbul strukturaviy daraja hisoblanadi. ASTM D3493 bo‘yicha olingan siqilgan yog‘ni yutish natijalari texnik uglerod strukturasi bosqichma-bosqich rivojlanishini, 6-N namuna atrofida optimal strukturaviy maksimum hosil bo‘lishini va undan keyingi bosqichlarda strukturaviy

ISSN 3030-3907

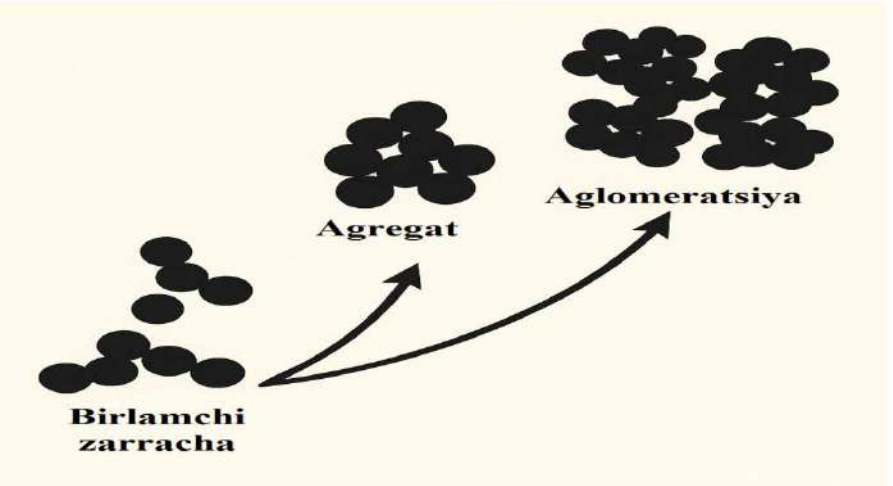
barqarorlikning pasayishini aniq ko‘rsatdi. Mazkur holat texnik uglerod olish texnologiyasida optimal parametrlar mavjudligini tasdiqlaydi hamda jarayonni optimallashtirish uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.



1-Rasm SYYM miqdori qiymatlarining o‘zgarish grafigi

Texnik uglerod **uch pog‘onali tuzilishga ega**. 1-**Birlamchi zarracha** o‘lchami: **10–80 nm** sferik shaklda, alohida holatda mavjud bo‘lmaydi. 2-**Agregat b**irlamchi zarrachalar **piroliz paytida** o‘zaro **birikib ketadi b**u bog‘lanish kuchli qaytarilmaydi mexanik usul bilan ajralmaydi o‘lchami: **100–500 nm bo‘ladi.Eng muhim jihat:** YYM **va SYYM aynan agregat strukturasini baholaydi. 3-Aglomeratsiya** agregatlar yopishishidan hosil bo‘ladi lekin aralashtirishda parchalanadi, o‘lchami **mikrometr darajasida (1–50 µm) ASTM D1514 (45 µm elak qoldig‘i)** aynan **AGLOMERAsiyaNI** baholaydi. **YYM va SYYM agregatlarning tarmoqlanish darajasini o‘lchaydi,** *Texnik uglerod agregatlari birlamchi uglerod zarrachalarining doimiy bog‘lanishi natijasida hosil bo‘lgan murakkab strukturaviy birliklar bo‘lib, ularning tarmoqlanish darajasi va ichki bo‘shliqlari texnik uglerodning yog‘ yutish qobiliyati (YYM,SYYM) bilan bevosita bog‘liqdir.* Texnik uglerod tuzilishi **uch bosqichdan** iborat: 1-**Birlamchi zarracha** o‘lchami: **10–80 nm s**ferik shaklda alohida holatda mavjud bo‘lmaydi 2-**Agregat** Birlamchi zarrachalar **piroliz paytida** o‘zaro **birikadi, b**u bog‘lanish kuchli qaytarilmaydi mexanik usul bilan ajralmaydi o‘lchami: **100–500 nm** 3-**Aglomeratsiya** agregatlar **fizik kuchlar** bilan yopishadi mexanik aralashtirishda parchalanadi o‘lchami: **mikrometr darajasida (1–50 µm)**

ISSN 3030-3907



2-Rasm Texnik uglerodning struktura ko‘rinishi

SYYM hisoblash formulasi SYYM $= \frac{\text{V yog‘}}{\text{m TU}}$

Bu yerda:V yog‘ yutilgan yog‘ hajmi, m TU siqilgan uglerod massasi Birliklar: $cm^3/100$ g yoki m^3/kg olingan texnik uglerodlarning ASTM D2414 va ASTM D3493 o‘rtasidagi ilmiy farqi jadval ko‘rinishida keltirildi

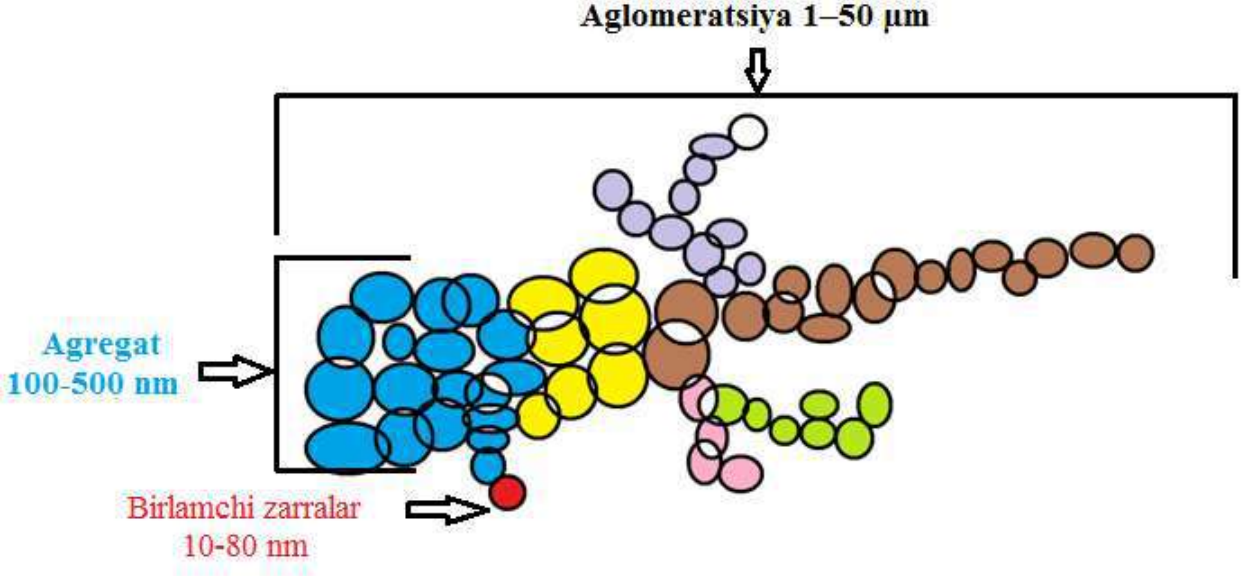
3-Jadval

Olingan texnik uglerodlarning ASTM D2414 va ASTM D3493 o‘rtasidagi farqi

Ko‘rsatkich nomi	ASTM D2414	ASTM D3493
Holat	Siqilmagan	Siqilgan
Maqsad	Strukturani ko‘rish	Struktura mustahkamligini baholash
Natija	YYM	SYYM

YYM va SYYM nisbati strukturaviy mustahkamlik indeksi sifatida ishlatiladi. ASTM D3493 bo‘yicha aniqlangan siqilgan yog‘ni yutish ko‘rsatkichlari texnik uglerod agregatlarining mexanik barqarorligini baholash imkonini beradi. COAN qiymatining yuqori bo‘lishi agregatlarning uch o‘lchamli strukturasi siqish jarayonida saqlanib qolishini va mustahkam tarmoqlangan tuzilishga ega ekanini ko‘rsatadi. Tadqiqot natijalari 6–9-N namunalarda strukturaviy barqarorlik yuqori ekanini, 1–2-N namunalarda esa agregatlarning siqish ta’sirida yemirilishini ko‘rsatdi.

ISSN 3030-3907



3-Rasm texnik uglerod strukturasi bog‘lanishi keltirilgan

Rasmda ko‘rsatilgan texnik uglerod strukturasi bog‘lanishi keltirilgan mayda sharlar **birlamchi zarrachalar** ulangan sharlar **agregat** fazoda yoyilgan shakl **uch o‘lchamli struktura bildiradi.**

XULOSA: Ushbu natijalar texnik uglerodning strukturaviy xossalarini baholashda ASTM D2414 va ASTM D3493 standartlari o‘zaro to‘ldiruvchi ahamiyatga ega ekanini ko‘rsatdi. ASTM D2414 bo‘yicha aniqlanadigan YYM agregatlarning umumiy tarmoqlanish darajasini tavsiflasa, ASTM D3493 bo‘yicha o‘lchanadigan SYYM texnik uglerod agregatlarining mexanik yuklama va siqilish sharoitida strukturaviy barqarorligini baholash imkonini beradi. Eksperimental ma’lumotlarga ko‘ra, 6-N namuna uchun SYYM ning maksimal qiymati (≈78–80 m^3/kg) texnik uglerod agregatlarining yaxshi shakllangan, yuqori darajada tarmoqlangan va siqilish jarayonida buzilmaydigan optimal strukturaga ega ekanini ko‘rsatdi. Ushbu strukturaviy holat real sanoat sharoitlarida, jumladan kauchuk aralashtirish, ekstruziya va kalandrlash jarayonlarida yuqori mustahkamlovchi samarani ta’minlaydi. 7-N–9-N namunalarda SYYM ning biroz pasayishi haddan tashqari aglomeratsiya, zarralararo bog‘lanishning mo‘rtlashuvi yoki reaksiya sharoitlarining keskinlashuvi bilan izohlanadi. Shu bilan birga, sanoat amaliyoti uchun SYYM = 70–80 m^3/kg diapazoni shina protektori, yuk ko‘taruvchi va ishqalanishga chidamli rezina buyumlar ishlab chiqarishda eng maqbul strukturaviy daraja ekanligi tasdiqlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Donnet J.B., Bansal R.C., Wang M.J. *Carbon Black: Science and Technology*. Marcel Dekker, 1993.
2. Heinrich G., Klüppel M. *Carbon black reinforcement of elastomers*. Rubber Chem. Technol., 2002.

ISSN 3030-3907

3. Wang M.J. *The role of filler networking in dynamic properties of filled rubber*. Rubber Chem. Technol., 1998.
4. Medalia A.I. *Structure of carbon black*. Rubber Chem. Technol., 1978.
5. ASTM D2414 – Standard Test Method for Oil Absorption Number.
6. ASTM D3493 – Standard Test Method for Compressed Oil Absorption Number.
7. Kraus G. *Reinforcement of elastomers by carbon black*. Wiley, 2005.
8. Dannenberg E.M. *Carbon black structure and reinforcement*. Rubber Chem. Technol., 1986.
9. Rodríguez-Reinoso F. *The role of carbon materials in electrochemistry*. Carbon, 1998.
10. Williams P.T. *Pyrolysis of waste tyres*. Fuel, 2013.
11. Martínez J.D. *Pyrolytic carbon black from waste tires*. Waste Management, 2019.
12. Tang L. *Recovery of carbon black from waste*. J. Anal. Appl. Pyrolysis, 2020.
13. Donnet J.B. *Scanning electron microscopy of carbon black*. Carbon, 1996.
14. Oberlin A. *TEM studies of carbon black*. Carbon, 1981.
15. ISO 11345 – Characterization of carbon black by SEM.
16. ASTM D1514 – Sieve residue test.
17. Medalia A.I., Heckman F.A. *Structure of aggregates*. Carbon, 1969.
18. Heinrich G. *Filler–filler interactions*. Macromol. Symp., 2004.
19. Klüppel M. *Payne effect*. Rubber Chem. Technol., 2003.
20. Boehm H.P. *Surface oxides on carbon*. Carbon, 2002.
21. XPS Handbook, Physical Electronics, 2010.
22. FTIR of carbon materials, Elsevier, 2015.
23. ISO 4656 – Carbon black density.
24. ASTM D1765 – Carbon black classification.
25. Marsh H., Rodríguez-Reinoso F. *Activated Carbon*. Elsevier, 2006.

ISSN 3030-3907