ATSETILEN QURIMI ASOSIDA TEXNIK UGLEROD OLISH VA ASTM D1514 ASTM D2414 – BO‘YICHA TAHLIL QILISH

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

Annotasiya: Maqolada metandan atsetilen olish jarayonida hosil bo‘ladigan qurumdan texnik uglerod ishlab chiqarish texnologiyasi o‘rganilgan. Dastlabki xomashyo sifatida olingan qurum 45 μm elakdan o‘tkazilib mexanik aralashmalardan tozalanadi, tarkibida mavjud polisiklik aromatik uglevodorodlar vakuum distillash orqali ajratib olinadi. Kul miqdoridagi metall ionlari xelatlovchi reagent yordamida eritma holatiga o‘tkaziladi. Quritish, yuvish va maydalashdan so‘ng TU-10 markali texnik uglerod olingan. Tayyor mahsulot ASTM D1514 (45 μm elak qoldig‘i) va ASTM D2414 (yog‘ni yutish miqdori OAN) standartlari bo‘yicha kompleks baholangan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra texnik uglerodning dispersiyalanuvchanligi, aglomeratsiya darajasi, zarracha o‘lchami, strukturaviy rivojlanish darajasi (SI), ichki bo‘shliq hajmi va kauchuk-kompozit tizimlar uchun mustahkamlovchi samarasi o‘rganilgan. 6-N, 7-N, 8-N va 9-N namunalarida OAN va SI qiymatlarining yuqoriligi ularning o‘rtacha va o‘rtacha-yuqori strukturali toifaga mansubligini ko‘rsatadi. Natijalar sanoat chiqindilaridan yuqori sifatli texnik uglerod olishning texnologik, iqtisodiy va ekologik samaradorligini isbotlaydi.

Kalit so‘zlar: Texnik uglerod, atsetilen qurumi, polisiklik aromatik uglevodorodlar zarracha o‘lchami, kauchuk-kompozit materiallar, TU-10 markasi, vakuum distillash, xelatlash.

Аннотация: В статье изучена технология получения технического углерода из сажи, образующейся в процессе получения ацетилена из метана. Исходное сырьё предварительно очищается от механических примесей путём просеивания через сито с размером ячеек 45 μm, а содержащиеся в нём полициклические ароматические углеводороды удаляются методом вакуумной дистилляции. Металлические ионы золы переводятся в растворимую форму с использованием хелатирующего реагента. После этапов сушки, промывки и измельчения получен технический углерод марки TU-10. Готовый продукт комплексно оценён в соответствии со стандартами

ISSN 3030-3907

ASTM D1514 (остаток на сите 45 μm) и ASTM D2414 (маслоёмкость OAN). Результаты исследований показали влияние диспергируемости, степени агломерации, размера частиц, структурного индекса (SI), внутреннего объёма пор и усиливающего эффекта в каучук-композиционных системах. Повышенные значения OAN и SI для образцов 6-N, 7-N, 8-N и 9-N свидетельствуют об их принадлежности к средне- и средне-высокоструктурированным типам. Полученные данные подтверждают технологическую, экономическую и экологическую эффективность получения высококачественного технического углерода из промышленных отходов.

Ключевые слова: технический углерод, ацетиленовая сажа, полициклические ароматические углеводороды, размер частиц, каучук-композиционные материалы, марка TU-10, вакуумная дистилляция, хелатирование.

Annotation: The article investigates the technology for producing carbon black from soot generated during the acetylene production process from methane. The raw soot is first purified by sieving through a 45 μm mesh to remove mechanical impurities, while polycyclic aromatic hydrocarbons are separated by vacuum distillation. Metallic ions present in the ash are converted into a soluble form using a chelating reagent. After drying, washing, and grinding, carbon black of TU-10 grade is obtained. The final product is comprehensively evaluated according to ASTM D1514 (45 μm sieve residue) and ASTM D2414 (oil absorption number — OAN). Research results demonstrate the influence of dispersibility, agglomeration degree, particle size, structural index (SI), pore volume, and reinforcing effect in rubber–composite systems. High OAN and SI values observed for samples 6-N, 7-N, 8-N, and 9-N indicate their classification as medium- and medium–high-structure carbon blacks. The findings confirm the technological, economic, and environmental efficiency of producing high-quality carbon black from industrial by-products.

Keywords: carbon black, acetylene soot, polycyclic aromatic hydrocarbons, particle size, rubber–composite materials, TU-10 grade, vacuum distillation, chelation.

Kirish

Texnik uglerod zarralari grafitga o‘xshash tuzilishga ega bo‘lgan 2-4 nm o‘lchamdagi tartibli uglerod atomlarining ko‘plab tuzilmalaridan iborat. Bu maydonlarning tuzilishi qatlamlar ichidagi buzilishlar va ularning almashinishidagi nosimmetrikliklar tufayli ideal grafit panjarasidan farq qiladi. Bunday tartib sohalari kristallitlar deb ataladi va ular o‘zlarining geometrik xususiyatlariga ega: La - o‘rtacha diametr, Lc - kristallitning o‘rtacha balandligi va d_{002} - kristallitdagi

ISSN 3030-3907

qatlamlar orasidagi o‘rtacha masofa. Ushbu qiymatlar rentgenologik tahlil yordamida aniqlanadi. Bundan tashqari, kristallitlar orasidagi bo‘shliqni egallagan yoki qatlamlar orasiga ko‘milgan bir qancha tartibsiz atomlar (amorf uglerod) mavjud. Bu atomlar sp, sp^2 yoki sp^3 gibrid holatda bo‘lishi mumkin. [1- 2].

Texnik uglerod ishlab chiqarish, tuzilishi va xossalarini o‘rganish bo‘yicha eng fundamental manbalardan biri hisoblanadi. Ushbu maqolada pech (furnace black), kanal (channel black), termik va atsetilen usullari batafsil tahlil qilingan. Uglerod zarrachalarining hosil bo‘lish mexanizmini gaz-faza pirolizi nuqtai nazaridan o‘rganilgan. Texnik uglerodning strukturasi, agregatlanish darajasi va YYM bilan bog‘liqligi ilmiy asoslangan. Shuningdek, ishlab chiqarish sharoitlarining (harorat, gaz tezligi, xomashyo turi) yakuniy mahsulot sifatiga ta’siri ko‘rsatib berilgan [3].

Texnik uglerodning kauchuk tizimlaridagi mustahkamlovchi roli chuqur tahlil qilinishi. YYM va BET yuzasi kabi ko‘rsatkichlar kauchukning tortilish mustahkamligi bilan bog‘lanadi. Ushbu ishda turli texnik uglerod markalari (N110–N660) taqqoslanadi. Texnik uglerod olish jarayonida struktura nazoratining muhimligini asosiydir[4].

Mazkur maqolada sanoat va neft-kimyo chiqindilaridan texnik uglerod olish imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. Mualliflar piroliz yo‘li bilan hosil bo‘lgan qurumning fizik-kimyoviy xususiyatlarini tahlil qilgan. Olingan uglerodning OAN, kul miqdori va zarracha o‘lchami an’anaviy texnik uglerod bilan solishtirilgan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, to‘g‘ri tanlangan piroliz sharoitlarida sanoat chiqindilaridan olingan uglerod sanoat talablariga mos kelishi mumkin. Bu maqola sizning ish yo‘nalishingizni amaliy va iqtisodiy jihatdan asoslab beradi[5].

Ushbu maqolada texnik uglerod strukturasi (OAN) ning kauchukning aşınuvchanligi va cho‘zilish mustahkamligiga ta’siri o‘rganilgan. Tadqiqotlar yuqori OAN qiymatli uglerodlarning mustahkamlovchi ta’siri yuqori ekanini ko‘rsatadi. Muallif strukturasi rivojlangan uglerod agregatlari polimer zanjirlari bilan mexanik tarmoqlar hosil qilishini isbotlaydi. Bu ish OAN = 120 cm^3/100 g kabi qiymatlarning yaxshi sifat ko‘rsatkichi ekanini ilmiy jihatdan tasdiqlaydi. Dissertatsiyada mexanik xossalarga bog‘liq bo‘lim uchun juda mos manba. [6].

Texnik uglerod zarralari alohida birlamchi shakllanishlardan kristallitlardan iborat. O‘rtacha kristallit uchdan beshgacha qatlamli tekisliklarni o‘z ichiga oladi. To‘rt qatlamli tekislikka ega bo‘lgan kristallit 375 uglerod atomidan iborat. 100 m^2 / g sirt maydoni bo‘lgan texnik uglerod zarrachasida 4000 dan ortiq kristallit mavjud[7].

Navoiyazot AJ da metandan atsetilen olishda xosil bo‘ladigan qurumdan texnik uglerod olish uchun dastlabgi xomashyo sifatida olindi. Tadqiqotlar natijasida 1-namunali TU-10 markali texnik uglerod olinish usuli quyidagicha

ISSN 3030-3907

dastlab olingan xomashyo ISO 3310-1 standarti bo‘yicha va 45-mikronli maxanik zarrachalardan tozalandi. Zarrachalardan ajratib olingan xomashyoni yuzasida metanni chala yonishi natijasida qurum yuzalarida kondensatlanish natijasida polisiklik aromatik uglevodorod adsorbsiyalanib qoladi bular asosan polisiklik aromatik uglevodorodlar (PAU) benzol, naftalin, antratsen, piren va ularning hosilalari, shuningdek, to‘yinmagan uglevodorodlar va alifatik smolalar qoldiqlari mavjud. PAUlar bu atsetilenning yuqori haroratda o‘zaro polimerlanishi va kondensatsiyalanishi hosil bo‘ladigan aromatik halqali uglevodorodlar. Ular (qora qurum) hosil bo‘lish jarayonining oraliq bosqichlari bo‘lib qisman karbonlanadi. Ushbu organik moddalar karbonlanishdan oldin to‘liq polimerizatsiya va atsetilen radikallarining kondensatsiyasi natijasida yuzaga keladi. Olingan xomashyoni tarkida 3% dan 6% gacha mavjud bo‘lgan polisiklik aromatik uglevodorodlarni vakum sharoitida distillash usuli bilan ajratib olinadi va kondensatlanadi. Olingan xomashyoni tarkibidagi 4 % kul miqdoridagi metall ionlarining eritma holatiga xelat xosil qiluvchi birikmalar bilan xelatlash 60 ºC haroratda xelat hosil qiluvchi moddadan 5 mmol/l pH 7-7.5 bo‘lganda eritmaga o‘tkaziladi. Keyingi bosqichda quruq qoldiq yuvilib ajratib olinadi va 130 ºC haroratda quritilib maydalanib TU-10 markali texnik uglerod olindi.

1-Namuna bo‘yicha olingan ASTM D1514 – (45 µm) Bu standart texnik uglerodning 45 mikrometrli (µm) elakdan o‘tmay qolgan qattiq zarracha qoldig‘ini mg/kg birligida o‘lchandi. Bu usul texnik uglerodning tozaligi, dispersiyalanish sifati, aglomeratlarning mavjudligi va granulyatsiya sifati haqida juda muhim ma’lumot o‘rganildi. Standart bo‘yicha 45 mikron elakdan o‘tmay qolgan yirik zarrachalarning miqdori mg/kg, texnik uglerodning qanchalik bir xil va dispers bo‘lganini va 45 µm elak qoldig‘i ≤ 10–25 mg/kg bo‘lishi, Bundan yuqori bo‘lsa, uglerodning dispersiyasi yomon, yirik aglomeratlar bor. Yirik erimagan aglomeratlarni aniqlash texnik uglerod ishlab chiqarishida ba’zi zarralar 45 µm dan katta bo‘lib qolishi bu granulyatsiya sifati past degani. Polimerga qo‘shilganda zarrachalar paydo bo‘lishini oldini olish agar polimerga yirik zarrachalar tushsa: yuzada qora dog‘lar hosil qiladi mexanik mustahkam bo‘lmaydi Qoldiq kam bo‘lsa dispersiya yaxshi qoldiq ko‘p dispersiyalanish yomon bo‘ladi. Texnik uglerod namunasi (100 g) olinadi va 45 µm elakkada vibratsion qurilmada yordamida 20–30 daqiqa vaqt davomida elakdan o‘tkaziladi. Elakda qolgan zarrachalar yig‘iladi, Qoldiq quritiladi 110°C atrofida quritilib analitik tarozida tortiladi natija hisoblanadi:

$$Elakdagi\ qoldiq\ \frac{mg}{kg} = \frac{\text{m qoldiq}}{\text{m namuna}}\ 10^6$$

Ushbu formula orqali elakdagi qoldiq hisoblab topiladi.

ISSN 3030-3907

1-Jadval

1-namuna bo‘yicha olingan texnik uglerodlarning ASTM D1514 45 µm elak qoldig‘ini (mg/kg)

Texnik uglerod turi	45 µm qoldiq (mg/kg)	1-N	2-N	3-N	4-N	5-N	6-N	7-N	8-N	9-N	10-N
Yuqori sifatli kauchuk uchun	≤ 10										
O‘rtacha sifatli	≤ 20-25						**22.5**	22.3	20.5	20	20
Past sifatli/ texnik maqsadlar	≤ 50					50					
Qoldiq > 50 mg/kg	Qoldiq miqdori yuqori	105	100	94.5	90						

ASTM D1514 texnik uglerodning 45 µm elak qoldig‘ini (mg/kg) o‘rganilganda zarracha yirikligi, aglomeratsiya darajasi, tozaligi, dispersiyalanish sifati bo‘yicha ma’lumotlar o‘rganildi texnik uglerodda 45 µm elak qoldig‘i eng yaxshi namuna 22.5mg/kg aniqlandi. Qoldiq miqdori qanchalik past bo‘lsa shunchalik sifatli texnik uglerod xisoblanadi.

Yog‘ni yutish miqdori ASTM D2414 m^3/kg Bu texnik uglerodning eng muhim xususiyatlaridan biri bo‘lib, dispersiya, struktura va polimerga qancha nisbatta qo‘shilishini baholashda qo‘llaniladi. Texnik uglerod yuqori dispersli uglerod materiallari guruhiga mansub bo‘lib, uning asosiy texnologik va ekspluatatsion xossalari zarracha o‘lchami, sirt kimyosi va strukturaviy tarmoqlanish darajasi bilan belgilanadi. Olingan namunalar jadval ko‘rinishida taqqoslandi.

2-Jadval

1-namuna bo‘yicha olingan texnik uglerodlarning ASTM D2414 bo‘yicha yog‘ni yutish miqdori m^3/kg

Texnik uglerod turi	Past strukturali	O‘rtacha strukturali	Yuqori strukturali	Super strukturali
YYM (см³/100 г)	70–110	100-125	120-150	150-300
1-N	30.3			
2-N	35.7			

ISSN 3030-3907

3-N	39.5			
4-N	60.8			
5-N	78.5			
6-N			120.1	
7-N		100.2		
8-N		105.5		
9-N		108.7		
10-N	79			

YYM miqdori qancha katta bo‘lsa texnik uglerodning ichki g‘ovaklig darajasi va kauchuk mustahkamligi shuncha yuqori. YYM past bo‘lsa zarralar silliq va g‘ovakligi kam va yumshoq, elastik material.

Texnik uglerodning polimer-kompozit tizimlardagi mustahkamlovchi samarasi ko‘p jihatdan uning strukturasi, ya’ni zarrachalarning uch o‘lchamli agregat va aglomeratlar holida bog‘lanish darajasi bilan uzviy bog‘liqdir. Strukturaviy xususiyatlarni miqdoriy baholash uchun xalqaro miqyosda qabul qilingan asosiy ko‘rsatkichlardan biri ASTM D2414 m^3/kg Oil Absorption Number (OAN) yani Yog‘ni yutish miqdori va struktura indeksi (Structure Index, SI texnik uglerod strukturasining OAN ga asoslangan nisbiy ko‘rsatkichi) hisoblanadi. Yog‘ni yutish miqdori dioktilftalat (DOF) yog‘i bilan jarayonida agregatlarning tarmoqlanish darajasini ifodalaydi. Yog‘ning uglerod agregatlari tomonidan yutilishi, strukturada mavjud bo‘lgan bo‘shliq hajmi bilan proporsional bo‘lib, yuqori OAN qiymati uglerodning yuqori tarmoqlanganligi, katta ichki bo‘shliqqa egaligi ega ekanligi bilan xarakterlanadi. Shu sababli OAN texnik uglerodning strukturaviy darajasini baholash uchun eng sezgir parametr sanaladi. Struktura indeksi texnik uglerod agregatlarining tarmoqlanish darajasini, zarrachalararo bog‘lanishni va ichki bo‘shliqning nisbiy ulushini miqdoriy baholovchi ko‘rsatkichdir. SI to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘lchanmaydi, balki OAN qiymatlari asosida hisoblanadi.

$$SI = \frac{\text{YYM} - \text{YYMmin}}{\text{YYMmin}}$$

Formulada -SI Struktura indeksi, YYM-texnik uglerodni yog‘ni yutish miqdori, YYMmin-shu turdagi texnik uglerodning yog‘ni yutish miqdori

Bu yerda YYM min mos klassdagi texnik uglerod uchun minimal strukturali holatdagi standart qiymat. SI qiymati ortgan sari texnik uglerodning strukturasi murakkablashadi, agregatlar ichidagi bo‘shliq hajmi kengayadi, zarra soni ortadi. Yuqori SI quyidagi xususiyatlar bilan tavsiflanadi: Polimer bilan mexanik bog‘lanishning kuchayadi, qattiqligi mustahkamligi oshadi, Kauchuk aralashmasining qattiqlashuvi elektr o‘tkazuvchanligi ma’lum darajada kamayadi.

ISSN 3030-3907

Past SI esa elastiklik, past modul, yumshoqlik va yuqori deformatsiya qobiliyatini ta’minlaydi. Struktura indeksi qiymatlari jadval ko‘rinishida keltirilgan va natijalari tahlil qilingan.

3-Jadval

YYM miqdoriga nisbatan SI qiymatlari

SI qiymati	Past strukturali	O‘rtacha strukturali	O‘rtacha strukturali-yuqori strukturali	Yuqori strukturali
SI-qiymati	0-0.2	0.2-0.5	0.5-0.8	> 8
1-N	-			
2-N	-			
3-N	-			
4-N	-			
5-N	-			
6-N			0.5	
7-N		0.25		
8-N		0.3		
9-N		0.3		
10-N	-			

Ushbu jadval texnik uglerod namunalarining strukturaviy rivojlanish darajasini SI ko‘rsatkichiga asoslangan holda tahlil qilindi Jadvalda SI qiymatlari quyidagi to‘rt sinfga ajratilgan: Jadvaldagi 6-N, 7-N, 8-N va 9-N namunalarining SI qiymatlari mos ravishda 0.5, 0.25, 0.3 va 0.3 bo‘lishi ularning o‘rtacha yoki o‘rtacha yuqori strukturali guruhga kirishini ko‘rsatadi. Xususan: 6-N namunasi (SI = 0.5) o‘rtacha-yuqori strukturali sinfga kiradi. Bu yuqori mustahkamlovchi xususiyatga ega bo‘lib, kauchuk-kompozit aralashmalarida mexanik mustahkamlik va ishqalanishga bardoshliligini oshiradi. Jadvaldan ko‘rinadiki, namunalar orasida eng rivojlangan struktura 6-N namunasiga tegishli bo‘lib, u elastomer materiallarda yuqori mustahkamlovchi komponent sifatida samarali qo‘llaniladi. Ushbu tahlil texnik uglerod namunalarning qaysi sinfga tegishli ekanini va ular qanday texnologik jarayonlar uchun mos kelishini aniq ko‘rsatib beradi.

Xulosa: Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, metandan atsetilen olish jarayonida ajralib chiqadigan qurumni texnik uglerod olish uchun qayta ishlash imkoniyati yuqori amaliy ahamiyatga ega. Xomashyo mexanik aralashmalardan, polisiklik aromatik uglevodorodlardan va kul tarkibidagi metall ionlaridan izchil tozalangandan so‘ng yuqori sifatli TU-10 markali texnik uglerod olish mumkinligi tajribaviy isbotlandi. ASTM D1514 bo‘yicha 45 μm elak qoldig‘ining past qiymatlari namunalar dispersiyasining yaxshi ekanini

ISSN 3030-3907

ko‘rsatdi; eng yaxshi natija 22,5 mg/kg bo‘lib, bu yuqori sifatli texnik uglerodlarga xos ko‘rsatkichdir. ASTM D2414 bo‘yicha o‘lchangan yog‘ni yutish miqdorlari (OAN) texnik uglerod agregatlarining tarmoqlanish darajasini ochib berdi. OAN yuqori bo‘lgan 6-N, 7-N, 8-N va 9-N namunalarida strukturaviy indeks (SI) qiymatlarining yuqoriligi kauchuk-kompozit tizimlarda mustahkamlovchi samaradorlikning oshganligini ko‘rsatadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Структурные превращения различных марок технического углерода под воздействием импульсного электронного пучка с высокой плотностью энергии. М. В. Тренихин, Ю. Г. Кряжев, Н. Н. Коваль // III Всероссийская конференция Каучук и резина. - 2013. - № 3. - С. 10-13.

2. Barrera, C. S., Cornish, K. (2016).High performance waste-derived filler/carbon black reinforced guayule natural rubber composites. Industrial Crops and Products, 86, 132–142. doi:10.1016/j.indcrop.2016.03.021 10.1016/j.indcrop.2016.03.021.

3. Donnet, J. B., Bansal, R. C., & Wang, M. J. (1993). *Carbon Black: Science and Technology*. 2nd ed., Marcel Dekker, New York.

4. Wang, M. J. (1998). The role of carbon black in rubber reinforcement. *Rubber Chemistry and Technology*, 71(3), 520–589.

5. Kalyoncu R.S., Taylor P.R. Production of carbon black from waste hydrocarbon feedstocks. Fuel Processing Technology, 2001, 72, 1–10.

6. Choi S.S. Influence of carbon black structure on abrasion and tensile properties of rubber. Journal of Applied Polymer Science, 2002.

7. Раздьяконова, Г. И. Получение и свойства дисперсного углерода : монография/ Г. И. Раздьяконова ; Минобрнауки России, ОмГТУ ; ИППУ СО РАН. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2014. – 5-7 с.

ISSN 3030-3907