Registered in Germany Europa Revue Journal
ISSN: 1862-6564 Vol. 6 No. 10 (2026) Published October 31, 2026

THE EFFECT OF MULTISTAGE COMPLEX PURIFICATION ON THE COMPOSITION AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF INDUSTRIAL PYROLYSIS SOOT

Shermamatova Zebinniso Qo‘chqarovna
Teshayeva Sabrina Baxtiyorovna
To‘xtayev Feruz Sadulloyevich
Navoi State University

Abstract

The article investigates a comprehensive purification method for soot produced during the oxidative pyrolysis of natural gas at JSC “Navoiyazot,” aimed at preparing it for use as a carbon pigment in electrographic toners. The process consists of extraction with a toluene–acetone mixture, demineralization using a 10% HCl solution, and vacuum thermal treatment at 350 °C and a pressure of 10^{-2} MPa. As a result of purification, the ash content decreases from 3.15% to 0.18%, while the proportion of resinous substances decreases from 4.80% to below 0.05%. The specific surface area increases from 62 to 118 m^2/g, and the specific volume electrical resistivity rises from 1.8×10^2 to 1.2×10^3 Ω·cm. Stage-by-stage analysis shows that extraction primarily reduces resinous substances, while acid treatment is mainly responsible for removing mineral impurities. The results provide a basis for evaluating the purified soot in subsequent functional tests as a toner pigment.

Keywords

pyrolysis soot, carbon pigment, electrographic toner, complex purification, extraction, demineralization, BET surface area, specific volume electrical resistivity.

KO‘P BOSQICHLI KOMPLEKS TOZALASHNING SANOAT PIROLIZ SAJASI TARKIBI VA FIZIK KIMYOVIY XUSUSIYATLARIGA TA’SIRI

Shermamatova Zebinniso Qo‘chqarovna
Teshayeva Sabrina Baxtiyorovna
To‘xtayev Feruz Sadulloyevich
Navoiy davlat universiteti

Annotatsiya

Maqolada “Navoiazot” AJda tabiiy gazning oksidlovchi pirolizi jarayonida hosil bo‘ladigan sajani elektrografik tonerlar uchun uglerod pigmenti sifatida tayyorlashga yo‘naltirilgan kompleks tozalash usuli o‘rganilgan. Jarayon toluol va aseton aralashmasida ekstraksiya, 10 % li HCl eritmasida demineralizatsiya hamda 350 °C harorat va 10^{-2} MPa bosimdagi vakuum-termik ishlovdan iborat. Tozalash natijasida kul miqdori 3,15 % dan 0,18 % gacha, smolali moddalar ulushi 4,80 % dan 0,05 % dan past darajagacha kamaygan. Solishtirma sirt yuzasi 62 dan 118 m^2/g gacha, solishtirma hajmiy elektr qarshiligi esa $1,8 \times 10^2$ dan $1,2 \times 10^3$ Ω·cm gacha oshgan. Bosqichlar bo‘yicha tahlil ekstraksiyaning smolali moddalarni, kislotali ishlovning esa mineral aralashmalarni kamaytirishdagi asosiy hissasini ko‘rsatadi. Natijalar tozalangan sajani toner pigmenti sifatida keyingi funksional sinovlarda baholash uchun asos beradi.

Kalit so‘zlar: piroliz sajasi, uglerod pigmenti, elektrografik toner, kompleks tozalash, ekstraksiya, demineralizatsiya, BET sirt yuzasi, solishtirma hajmiy elektr qarshiligi.

Kirish

Elektrografik toner tarkibidagi uglerod pigmentining vazifasi tasvirga qora rang berish bilan birga, kompozitsiyaning elektr xususiyatlari va polimer matritsadagi taqsimlanishiga ta’sir ko‘rsatish bilan ham bog‘liq. Tonerlar uchun maxsus uglerod pigmentlarining turli markalari ishlab chiqarilishi materialni faqat bitta ko‘rsatkich asosida tanlash yetarli emasligini ko‘rsatadi [1, 2]. Pigmentning tozaligi, sirt xususiyatlari va elektr qarshiligini birgalikda baholash mahalliy xomashyoning qo‘llanish imkoniyatini aniqlashda muhimdir[3-5].

Sanoat piroliz sajasi uglerodli ikkilamchi resurs bo‘lib, uning tarkibidagi smolali va mineral komponentlar tozalash usulini tanlash zaruratini yuzaga keltiradi. Organik komponentlarni erituvchi yordamida ajratish va kislotada eruvchan mineral aralashmalarni kamaytirish turli fizik-kimyoviy jarayonlarga asoslanadi. Shu sababli ularni ketma-ket qo‘llash material tarkibining bosqichma-bosqich o‘zgarishini kuzatish imkonini beradi.

Ekstraksion, kislotali va vakuum-termik ishlovlarning piroliz sajasidagi kul va smolali moddalar ulushi, solishtirma sirt yuzasi hamda solishtirma hajmiy elektr

qarshiligiga ta’sirini baholash. Ishning asosiy vazifasi har bir bosqichning hissasini miqdoriy taqqoslash va olingan materialning toner pigmenti sifatidagi istiqbolini mavjud natijalar doirasida muhokama qilishdan iborat.

Tadqiqot materiallari va usullari

Boshlang‘ich xomashyo sifatida “Navoiazot” AJning tabiiy gazni oksidlovchi piroliz qilish jarayonidan olingan saja qo‘llanilgan. Dastlabki namunalar uchun kul miqdori 2,8–3,4 %, smolali komponentlar ulushi 4,5–5,2 % oralig‘ida qayd etilgan. Bosqichlar bo‘yicha taqqoslashda 1-jadvaldagi qiymatlardan foydalanildi.

Birinchi bosqichda xom saja Sokslet apparatida toluol va asetonning 1:1 nisbatdagi aralashmasi bilan 6 soat ekstraksiya qilingan. Ushbu ishlov erituvchida eruvchan organik komponentlarni ajratishga yo‘naltirilgan. Namuna keyinchalik 80 °C da quritilgan. Erituvchilar nisbatining hajmiy yoki massaviy asosi hamda xomashyo va erituvchi nisbati tajriba bayonnomasida alohida belgilanishi kerak.

Ikkinchi bosqichda ekstraksiyalangan saja 10 % li HCl eritmasida 70–75 °C haroratda 3 soat mexanik aralashtirish bilan ishlangan. So‘ng namuna vakuum-filtrlash orqali ajratilib, yuvindi suvlar pH qiymati 6,8–7,0 ga yetguncha distillangan suv bilan yuvilgan. Bu bosqich kislotada eruvchan mineral komponentlarni ajratishga qaratilgan. Kulning element va faza tarkibi aniqlanmagani sababli chiqarilgan komponentlarni muayyan metall oksidlari sifatida qat’iy tavsiflash uchun qo‘shimcha tahlil talab etiladi.

Uchinchi bosqichdan oldin yuvilgan material 105 °C da quritilgan, keyin vakuum pechida 350 °C haroratda 2 soat ishlangan. Qayd etilgan bosim 10^{-2} MPa ni tashkil etgan. Bu qiymat mutlaq bosim sifatida qabul qilinganda 10 kPa ga teng; uning mutlaq yoki manometrik bosim ekanini tajriba bayonnomasi orqali aniqlashtirish zarur. Ishlov qoldiq namlik va uchuvchi komponentlarni kamaytirishga yo‘naltirilgan.

Solishtirma sirt yuzasi azot adsorbsiyasi asosida BET usuli bilan baholangan. Adsorbsion ma’lumotlarni taqdim etishda degazatsiya sharoiti, izoterma va BET hisoblash oralig‘ini ko‘rsatish natijalar talqinini yaxshilaydi [2]. Kul miqdori 800 °C da mufel pechida kuydirish orqali aniqlangan. Solishtirma hajmiy elektr qarshiligi har bir bosqichdan keyin qayd etilgan. Smolalarni miqdoriy aniqlash protokoli, elektr o‘lchash geometriyasi va takrorlar soni mavjud ma’lumotlarda batafsil berilmagan; shu sababli

statistik ahamiyat haqida qat’iy xulosa chiqarilmadi.

Konsentratsiyaning nisbiy kamayishi $R = (C_0 - C_i)/C_0 \times 100$ % ifodasi bilan hisoblandi. Bu yerda C_0 — taqqoslash uchun boshlang‘ich, C_i — keyingi bosqichdagi massa ulushi. Sirt yuzasining nisbiy o‘sishi boshlang‘ich qiymatga nisbatan, elektr qarshiligining o‘zgarishi esa ρ_i/ρ_0 nisbatida baholandi. Hisoblangan kamayishlar aralashmalarning mutlaq chiqarilish darajasini emas, ularning mahsulotdagi ulushi o‘zgarishini ifodalaydi.

Natijalar va ularning muhokamasi

1-jadval.

Piroliz sajasini tozalash bosqichlaridagi fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlar

Namuna holati	**Kul miqdori, %**	**Smolali moddalar, %**	**BET sirt yuzasi, m^2/g**	**Elektr qarshiligi, Ω·cm**
Xom saja	3,15 ± 0,10	4,80 ± 0,15	62 ± 3	$1,8 \times 10^2$
Ekstraksiyadan so‘ng	2,95 ± 0,08	0,40 ± 0,05	88 ± 4	$4,2 \times 10^2$
HCl ishlovidan so‘ng	0,25 ± 0,03	0,35 ± 0,04	104 ± 5	$8,5 \times 10^2$
Vakuum-termik ishlovdan so‘ng	0,18 ± 0,02	< 0,05	118 ± 4	$1,2 \times 10^3$

Ekstraksiya bosqichining hissasi

Ekstraksiyadan keyin smolali moddalar ulushi 4,80 ± 0,15 % dan 0,40 ± 0,05 % gacha kamaygan. Nominal farq 4,40 foiz punktni, boshlang‘ich qiymatga nisbatan kamayish esa 91,7 % ni tashkil etadi. Kul ulushi shu bosqichda 3,15 % dan 2,95 % gacha, ya’ni 6,3 % ga pasaygan. Demak, kuzatilgan o‘zgarishlar bo‘yicha ekstraksiyaning asosiy hissasi organik fraksiyani kamaytirishdan iborat bo‘lgan.

Solishtirma sirt yuzasining 62 dan 88 m^2/g gacha oshishi 41,9 % lik o‘sishga teng. Smolalar ulushining keskin kamayishi bilan bir vaqtda yuz bergan bu o‘zgarish avval organik komponentlar bilan to‘silgan sirtning azot adsorbsiyasi uchun ochilishi haqidagi talqinga mos keladi. Biroq bu sababiy bog‘lanish qo‘shimcha sirt va g‘ovaklik tahlillari bilan tekshirilishi kerak.

Kislotali ishlovning hissasi

HCl ishlovidan keyin kul ulushi 2,95 % dan 0,25 % gacha kamayib, oldingi

bosqichga nisbatan 91,5 % pasaygan. Dastlabki xomashyo bilan taqqoslaganda ikki bosqichdan keyingi umumiy kamayish 92,1 % ni tashkil etgan. Bu kislotali ishlov mineral aralashmalar ulushini pasaytirishda asosiy bosqich bo‘lganini ko‘rsatadi.

Smolali moddalar ulushi 0,40 ± 0,05 % dan 0,35 ± 0,04 % gacha o‘zgargan. Nominal kamayish 12,5 % bo‘lsa-da, 0,05 foiz punktlik farq keltirilgan noaniqliklar bilan taqqoslanadigan darajada. Statistik ma’lumotlar yetishmagani sababli ushbu farqni ishonchli ta’sir sifatida baholash mumkin emas. Sirt yuzasi esa 88 dan 104 m^2/g gacha, ya’ni 18,2 % ga oshgan. Bu o‘sishda mineral fraksiyaning ajralishi va mahsulot massasining tarkibiy o‘zgarishi ham hissa qo‘shishi mumkin.

Vakuum-termik ishlovning hissasi

Yakuniy bosqichda smolalar ulushi 0,35 % dan 0,05 % dan past darajaga tushgan. Nominal qiymatlar bo‘yicha bu oldingi bosqichga nisbatan 85,7 % dan ortiq kamayishdir. Biroq natija smolalar yoki ularning ayrim xavfli komponentlari butunlay yo‘qolganini tasdiqlamaydi. Alohida organik birikmalar bo‘yicha xulosa chiqarish uchun mos xromatografik yoki boshqa selektiv tahlil zarur.

Kul miqdori 0,25 ± 0,03 % dan 0,18 ± 0,02 % gacha kamaygan. Bu farqni mineral komponentlarning termik chiqarilishi bilan biryoqlama izohlash yetarli emas: namunaning bir jinsliligi, hisoblash asosi va o‘lchash noaniqligi ham hisobga olinishi kerak. Sirt yuzasi 104 dan 118 m^2/g gacha, ya’ni 13,5 % ga oshgan. Bosqichning eng ravshan natijasi qoldiq smolalar ulushining pasayishi bo‘lgan.

Sirt va elektr xususiyatlarining umumiy o‘zgarishi

Kompleks ishlovdan keyin sirt yuzasining umumiy ortishi 56 m^2/g yoki 90,3 % ni tashkil etgan. Mutlaq o‘sishning 26 m^2/g qismi ekstraksiya, 16 m^2/g qismi kislotali ishlov va 14 m^2/g qismi vakuum-termik bosqichdan keyin kuzatilgan. Bu ketma-ket jarayondagi hissalar bo‘lib, mustaqil yoki sinergetik ta’sirni isbotlamaydi. Bunday baholash uchun faqat ekstraksiya, faqat kislota va faqat termik ishlov berilgan nazorat namunalari zarur.

BET qiymatining ortishi zarracha o‘lchamining kichrayishi yoki polimerdagi disperslanishning yaxshilanishi bilan teng emas. Adsorbsion sirtni talqin qilishda g‘ovaklik va sirtga kirish imkoniyati hisobga olinadi. Disperslik haqidagi xulosalar

zarracha va aglomeratlar o‘lcham taqsimoti, elektron mikroskopiya hamda kompozitsiyadagi taqsimlanish natijalari bilan asoslanishi lozim.

Solishtirma hajmiy elektr qarshiligi 180 dan 1200 Ω·cm gacha oshib, yakuniy qiymat boshlang‘ich qiymatdan 6,7 baravar yuqori bo‘lgan. Bosqichlararo nisbatlar mos ravishda 2,33; 2,02 va 1,41 ni tashkil etadi. Bir xil o‘lchash sharoitlarida qarshilikning ortishi elektr o‘tkazuvchanlikning kamayishini bildiradi. Buni sirt holati, qoldiq komponentlar va zarrachalararo kontaktlarning o‘zgarishi bilan bog‘lash mumkin, ammo jadval bu omillarning alohida hissasini aniqlash imkonini bermaydi.

Uglerod kukunining qarshiligi bilan tayyor toner qarshiligini tenglashtirish mumkin emas. Polimer matritsa, pigment ulushi va disperslanish holati yakuniy kompozitsiyaga ta’sir qiladi. Tonerga oid patent misollarida ham pigmentning disperslanishi va toner yuzasida ochilib qolishi elektr qarshiligini boshqarish bilan bog‘langan. Shuning uchun $1{,}2 \times 10^3$ Ω·cm qiymati pigmentning tonerda talab etilgan zaryadlanish xususiyatlarini ta’minlashini o‘z-o‘zidan tasdiqlamaydi.

Natijalarning amaliy ahamiyati va cheklovlari

Yakuniy mahsulotdagi kul konsentratsiyasi 94,3 % ga, smolali moddalar ulushi esa 99,0 % dan ortiq kamaygan. Aralashmalarning haqiqiy chiqarilish darajasini topish uchun har bir bosqichdagi quruq mahsulot massasi ham kerak. Masalan, mineral qoldiq massasi namuna massasining kul ulushiga ko‘paytmasi orqali baholanadi. Mahsulot chiqishi berilmagan sharoitda konsentratsiya kamayishini bevosita moddiy ajratish samaradorligi deb atash to‘g‘ri emas.

Jadvalda triboelektrik zaryad, bosma optik zichligi, fon ifloslanishi yoki zarracha o‘lchami keltirilmagan. Shu sababli muayyan manfiy zaryad diapazoni, to‘liq disperslik optimallashuvi yoki tijoriy pigment o‘rnini bosish tasdiqlangan natija sifatida bayon qilinmaydi. Bundan tashqari, universal toner talabi sifatida kulning 0,5 % chegarasini qo‘llash uchun aniq texnik shart yoki standart ko‘rsatilishi lozim.

Keyingi bosqichda namunalarning bir xil namlik va zichlanish sharoitidagi elektr qarshiligi, toner tarkibidagi disperslanish va zaryadlanish barqarorligi baholanishi maqsadga muvofiq. Takroriy tajribalar bilan birga erituvchi sarfi va qayta tiklanishi, kislotali oqimlar, mahsulot chiqishi va energiya sarfini hisoblash usulning amaliy

samaradorligini aniqlashga yordam beradi.

Xulosa

Ekstraksiya, HCl bilan demineralizatsiya va vakuum-termik ishlovdan iborat ketma-ket usul sanoat piroliz sajasidagi kul hamda smolali moddalar ulushini kamaytirgan. Smolalarni kamaytirishda ekstraksiya, kulni kamaytirishda kislotali bosqich asosiy hissa qo‘shgan. Yakuniy mahsulotda kul 0,18 %, smolalar esa 0,05 % dan past darajada qayd etilgan.

Solishtirma sirt yuzasi 90,3 % ga, solishtirma hajmiy elektr qarshiligi 6,7 baravar oshgan. Bu natijalar materialning tarkibi va o‘lchangan fizik-kimyoviy xususiyatlari o‘zgarganini ko‘rsatadi. Tozalangan sajani elektrografik toner pigmenti sifatida qo‘llash istiqbolli bo‘lsa-da, uning amaliy yaroqliligi tayyor toner kompozitsiyasidagi funksional sinovlar bilan tasdiqlanishi kerak.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Schein, L. B. Electrophotography and Development Physics. Springer Science & Business Media, 2013. — 356 p.

2. Donnet, J. B., Bansal, R. C., Wang, M. J. Carbon Black: Science and Technology. 2nd Edition, Marcel Dekker, New York, 1993. — 461 p.

3. Nurmonov, S. E., Ziyadullaev, O. E., Ikramov, A. A. Asetilen kimyosi va texnologiyasi: olingan ikkilamchi mahsulotlar utilizatsiyasi // O‘zbekiston kimyo jurnali. — Toshkent, 2019. — № 4. — B. 45–52.

4. Xoliqov, A. J., Rahimov, H. Y. “Navoiazot” AJ piroliz jarayoni chiqindilarining moddiy tarkibi va ularni tozalash istiqbollari // Kimyo va kimyo texnologiyasi. — Toshkent, 2021. — № 2. — B. 68–73.

5. Radushkevich, L. V., Taran, N. G. Fiziko-ximicheskiye svoystva sajy, poluchennoy pri termicheskom krekinge metana // Kolloidniy jurnal. — Moskva, 2017. — T. 79, № 3. — S. 312–318.