KARBAMID-FORMALDEGID KONDENSATSIYASI ASOSIDAGI TO‘LDIRILGAN POLIMER KOMPOZITSIYALARNING STRUKTURAVIY-MEXANIK XUSUSIYATLARINI OPTIMALLASHTIRISH

Bozorova Munavvarxon
Farg‘ona davlat universiteti magistranti

Annotatsiya. *Mazkur tezisda karbamid-formaldegid smolalari (KFS) asosidagi to‘ldirilgan polimer kompozitsiyalarning fundamental gidrolitik va termomexanik kamchiliklarini bartaraf etish hamda ularning strukturaviy-mexanik xususiyatlarini optimallashtirish masalalari tahlil qilinadi. An’anaviy tizimlarning yuqori toksikligi va vaqt o‘tishi bilan mo‘rtlashishi muammosini hal qilish maqsadida, polikondensatlanish jarayonini bosqichma-bosqich (muhit pH va haroratini nazorat qilish orqali) boshqarish hamda tizimga organik va mineral modifikatorlarni (melamin, nanotsellyuloza, lignosulfonatlar, montmorillonit) kiritish konsepsiyasi taklif etilgan. Sintez qilingan kompozitlarning kimyoviy strukturasi va tikuvchanlik darajasi IQ-Fure (FTIR) hamda ^{13}C YMR spektroskopiyasi usullari yordamida baholanishi, formaldegid emissiyasi esa perforator usuli bilan aniqlanishi rejalashtirilgan. Kutilayotgan natijalar erkin formaldegid ajralishini E1 va E0.5 xalqaro ekologik sinflari darajasiga tushirish, materiallarning fizik-mexanik mustahkamligini oshirish hamda qurilish sanoati uchun barqaror amaliy yechimlarni ishlab chiqishga xizmat qiladi.*

Kalit so‘zlar: *karbamid-formaldegid smolasi, polimer kompozitsiyalar, strukturaviy-mexanik xususiyatlar, modifikatsiya, formaldegid emissiyasi, gidrolitik barqarorlik, IQ-Fure spektroskopiyasi, ^{13}C YMR, ekologik sinf, amaliy yechimlar.*

Аннотация. *В данном тезисе анализируются вопросы устранения фундаментальных гидролитических и термомеханических недостатков полимерных композиций на основе мочевино-формальдегидных смол (МФС) и оптимизации их структурно-механических свойств. Для решения проблем высокой токсичности и охрупчивания традиционных систем со временем предложена концепция стадийного управления процессом поликонденсации (путем контроля pH среды и температуры) и введения в систему органических и минеральных модификаторов (меламина, наноцеллюлозы, лигносульфонатов, монтмориллонита). Химическую структуру и степень сшивки синтезированных*

композитов планируется оценивать методами ИК-Фурье (FTIR) и ^{13}C ЯМР-спектроскопии, а эмиссию формальдегида — перфораторным методом. Ожидаемые результаты послужат снижению выделения свободного формальдегида до уровня международных экологических классов E1 и E0.5, повышению физико-механической прочности материалов и разработке устойчивых практических решений для строительной индустрии.

Ключевые слова: *мочевино-формальдегидная смола, полимерные композиции, структурно-механические свойства, модификация, эмиссия формальдегида, гидролитическая стабильность, ИК-Фурье спектроскопия, ^{13}C ЯМР, экологический класс, практические решения.*

Abstract. *This thesis analyzes the mitigation of fundamental hydrolytic and thermomechanical drawbacks of filled polymer compositions based on urea-formaldehyde resins (UFR) and the optimization of their structural-mechanical properties. To address the challenges of high toxicity and time-dependent embrittlement of conventional systems, a conceptual framework is proposed involving the stepwise control of the polycondensation process (via environmental pH and temperature regulation) and the incorporation of organic and mineral modifiers (melamine, nanocellulose, lignosulfonates, montmorillonite) into the system. The chemical structure and cross-linking density of the synthesized composites are planned to be evaluated using FTIR and ^{13}C NMR spectroscopy, while formaldehyde emission will be determined by the perforator method. The expected results will contribute to reducing free formaldehyde emission to the level of international E1 and E0.5 environmental classes, enhancing the physical-mechanical strength of the materials, and developing sustainable practical solutions for the construction industry.*

Keywords: *urea-formaldehyde resin, polymer compositions, structural-mechanical properties, modification, formaldehyde emission, hydrolytic stability, FTIR spectroscopy, ^{13}C NMR, environmental class, practical solutions.*

Kirish. Karbamid-formaldegid smolalari (KFS) xomashyosining arzonligi, yuqori adgezion xossalari, rangsizligi va tez qotishi tufayli yog‘och-qirindi plitalar (DSP), tola plitalari (MDF), faner ishlab chiqarish hamda qurilish va qog‘oz sanoatida yetakchi amino-formaldegid bog‘lovchi hisoblanadi [1], [3]. Biroq KFS ning fundamental kamchiliklari mavjud. Qotgan polimerdagi metilol ($–CH_2OH$) va metilen-efir ($–CH_2–O–CH_2–$) bog‘lari namlik va harorat ta’sirida gidrolitik beqaror bo‘lib, erkin formaldegid ajralishiga (emissiya, toksiklik) olib keladi. Shu jarayonning o‘zi polimer to‘rining destruksiyasiga, mikrodarzlar hosil bo‘lishiga va kompozitning vaqt o‘tishi

bilan mo‘rtlashishiga sabab bo‘ladi [2]. Yashil texnologiyalar davrida bu muammoni sintez parametrlarini boshqarish va polimerni kimyoviy hamda fizik modifikatsiyalash orqali hal etish ekologik xavfsiz qurilish materiallari uchun dolzarb vazifadir .

Tadqiqot maqsadi. Karbamid va formaldegidning polikondensatlanish jarayonini maqbul pH, harorat va mol nisbati sharoitlarida boshqarish; modifikatorlar (aminlar, tabiiy polimerlar, mineral to‘ldiruvchilar) yordamida erkin formaldegid ajralishini kamaytirish va yuqori fizik-mexanik xossalarga ega kompozitsion birikmalar olish.

Metodlar va tahlil rejasi.

1. *Sintez.* Jarayon uch bosqichda olib boriladi. Birinchi bosqichda kuchsiz ishqoriy muhitda (pH 7,5–8,5; 40–70 °C) gidroksimetillanish (qo‘shilish) reaksiyasi borib, mono-, di- va trimetilolkarbamid hosil bo‘ladi. Ikkinchi bosqichda kuchsiz kislotali muhitda (pH 4,5–5,5; 85–95 °C) polikondensatsiya sodir bo‘lib, metilen va metilen-efir ko‘priklari shakllanadi. Uchinchi bosqichda karbamidning ikkinchi ulushi qo‘shilib, oxirgi F/U mol nisbati (~1,0–1,2) kamaytiriladi. Modifikator (melamin, ureido-guruhli tarmoqlangan polimerlar, nanotsellyuloza, lignin, nanokremnezem yoki montmorillonit) kondensatsiya bosqichida kiritiladi.

2. *Struktura tahlili.* IQ-Fure (FTIR) spektroskopiyasida N–H/O–H (~3350 sm^{-1}), amid I–III (~1640, 1550, 1250 sm^{-1}) va C–O (~1000–1130 sm^{-1}) chiziqlari bo‘yicha metilol, metilen va efir guruhlari nisbati baholanadi. ^{13}C YMR (NMR) spektroskopiyasi mono- va dimetilol, metilen va metilen-efir bog‘lari ulushini miqdoriy aniqlab, tikuvchanlik darajasini baholash imkonini beradi.

3. *Amaliy xossalar.* Erkin formaldegid perforator usuli (EN 120) va gaz-xromatografik tahlil bilan aniqlanadi. Qattiqlik, cho‘zilish va egilishdagi mustahkamlik universal sinov mashinasida, termomexanik xossalar TMA orqali, suv shimishi va qalinlik bo‘yicha bo‘kish esa standart sinovlar bilan baholanadi.

Kutilayotgan natijalar va muhokama. Modifikatsiyalangan tizimda amin (–NH_2, –NH–) va gidroksil (–OH) guruhlarining metilol guruhlari bilan qo‘shimcha kondensatsiyasi natijasida to‘ldirilmagan metilol va beqaror efir bog‘lari kamayadi. Natijada barqaror uch o‘lchamli (to‘rsimon) polimer karkas shakllanadi, tikuvchanlik zichligi ortadi, kristalli mikrodomenlarning mo‘rt chegaralari kamayadi. Bu hol erkin formaldegid emissiyasini E1 (perforator usulida ≤8 mg/100 g) yoki E0,5 ekologik sinfi darajasiga tushirishi hamda gidrolitik barqarorlik va suvga chidamlilikni oshirishi prognoz qilinadi . To‘ldiruvchilar bilan adgeziya bir necha mexanizm orqali ta’minlanadi: vodorod bog‘lari (to‘ldiruvchi sirtidagi –OH, Si–OH guruhlari va matritsadagi amid/metilol guruhlari), metilol va gidroksil guruhlari orasidagi qisman

kovalent bog‘lar hamda g‘ovak sirtda mexanik “qulflanish”. To‘ldiruvchining optimal miqdori matritsada bir tekis taqsimlanishini ta’minlaydi, ortiqcha miqdori esa agregatsiya hisobiga mexanik ko‘rsatkichlarni pasaytiradi. Eksperimental ma’lumotlar qayd etilgunga qadar bu qonuniyatlar adabiyot ma’lumotlariga tayangan prognoz hisoblanadi.

Xulosa. Taklif etilayotgan texnologiya KFS sintezini fundamental kimyoviy qonuniyatlar asosida boshqarish va maqsadli modifikatsiyalash orqali formaldegid emissiyasi past, mexanik jihatdan mustahkam va suvga chidamli kompozitlar olish imkonini beradi. Bu ekologik xavfsiz qurilish materiallari va fitingslar ishlab chiqarishda yuqori iqtisodiy samaradorlikni, shuningdek aholi salomatligi va ichki muhit sifati nuqtai nazaridan ijtimoiy samarani ta’minlaydi.

Adabiyotlar

1 Xu G., Liang J., Zhang B. et al. Performance and structures of urea-formaldehyde resins prepared with different formaldehyde solutions. Wood Science and Technology, 2021, 55, 1419–1437. https://doi.org/10.1007/s00226-021-01280-y

2 Dorieh A., Ayrilmis N., Farajollah Pour M., Valizadeh Kiamahalleh M., Movahed S.G. Recent progress in ultra-low formaldehyde emitting adhesive systems and formaldehyde scavengers in wood-based panels: a review. Wood Material Science & Engineering, 2022, 18(2), 763–782. https://doi.org/10.1080/17480272.2022.2056080

3 Yang H., Wang H., Du G. et al. Ureido hyperbranched polymer modified urea-formaldehyde resin as high-performance particleboard adhesive. Materials, 2023, 16(11), 4021.