

## Залежність функціональних властивостей борованих сукцинімідів від вмісту бору

В.В. Юдіна, З.С. Яворська, О.І. Сафронів, Б.М. Ярмолюк

Державне підприємство Український науково-дослідний інститут нафтопереробної промисловості "МАСМА" (ДП УкрНДІНП "МАСМА"),  
Україна, 03680 Київ-142, МСП, просп. Академіка Палладіна, 46;  
тел.: (044) 424-24-13, факс: (044) 424-02-64

Досліджено взаємодію поліізобутеніл-біс-сукцинімідів, одержаних на основі високореакційного поліізобутену з борною кислотою. Залежно від кількості введеного бору утворюються добавки із різними структурами: амонійні солі, поліборати і структури проміжного складу. Амонійні солі – малов'язкі, поліборатні – високов'язкі продукти. Отримані добавки досліджували на антикорозійні й протизношувальні властивості. В амонійній солі метаборної кислоти спостерігали поступове зниження корозійної активності додатку і різке зменшення діаметру сліду зношування із ростом масової частки бору в оливі. У проміжній структурі різко знижувалась корозійна активність за незначного збільшення концентрації бору. Для поліборатної структури зафіксовано найнижчу корозійну агресивність вже за мінімальної концентрації бору і значне сповільнення процесу зношування. Характер зміни властивостей залежить від співвідношення бор і основний азот в молекулі сукцинімідного додатку і є функцією зміни структури утворених продуктів.

Розвиток різних галузей техніки (авіаційної, автомобільної, суднобудування) забезпечується не лише вдосконаленням конструкцій двигунів, а й якістю мастильних матеріалів. До сучасних мастильних матеріалів належать оливи з підвищеним терміном експлуатації, що знижують зношування вузлів тертя і витрати пального, не мають негативного впливу на навколишнє середовище.

За останні роки особлива увага привертається до застосування в мастильних матеріалах борованих добавок, які навіть за незначного вмісту бору значно поліпшують протизношувальні, антифрикційні та антиокиснювальні властивості мастильного матеріалу, чим продовжують термін експлуатації останнього, зменшують витрату пального у двигунах і тим самим стають обов'язковим компонентом сучасних мастильних матеріалів [1–3].

У мастильні матеріали бор, як правило, вводять за рахунок борної кислоти (рис. 1), якою борують різні легувальні добавки. Найчастіше – це алкенілсукциніміди.

Борна кислота – безбарвна кристалічна речовина у вигляді пластинок, має шарувату триклинну ґратку, в якій молекули  $H_3BO_3$  з'єднані водневими зв'язками у

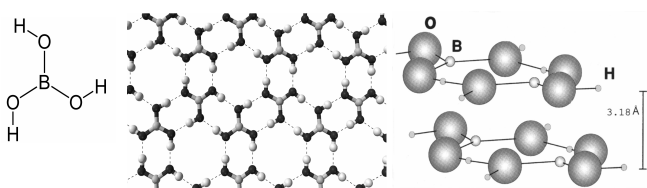
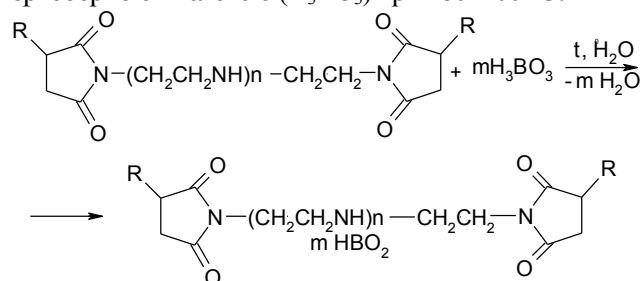


Рис. 1. Структура борної кислоти

плоскі шари, які поєднані між собою міжмолекулярними зв'язками. Оскільки відстань між шарами є відносно великою ( $d = 0,318$  нм), то зв'язуючі їх міжмолекулярні сили відносно малі. За дії зовнішнього навантаження шари легко зміщуються один відносно одного. Міжмолекулярні зв'язки всередині шару не допускають контакту поверхонь тертя [4, 5]. Таким чином зменшується зношування деталей.

Для дослідження впливу бору на функціональні властивості сукцинімідних добавок у цій роботі використано поліізобутеніл-біс-сукцинімідні добавки, одержані на основі високореакційного поліізобутену молекулярної маси 1300 і тетраетиленпентаміну з 50 %-м вмістом активного компонента [6].

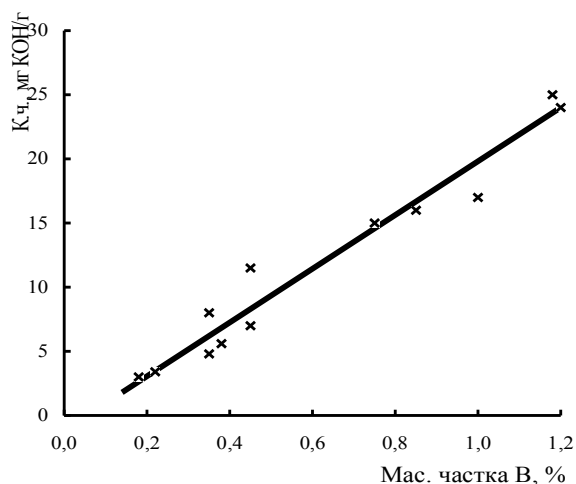
Поліізобутеніл-біс-сукцинімідні добавки обробляли ортоборною кислотою ( $H_3BO_3$ ) при 180–200 °С:



де R – поліізобутенільний радикал з  $\overline{M}_n = 1300$ .

Залежно від кількості введеного бору утворюються добавки із різними структурами.

Методом потенціометричного титрування (ГОСТ 11362) встановлено прямо пропорційну залежність між масовою часткою бору і кислотним числом борованих



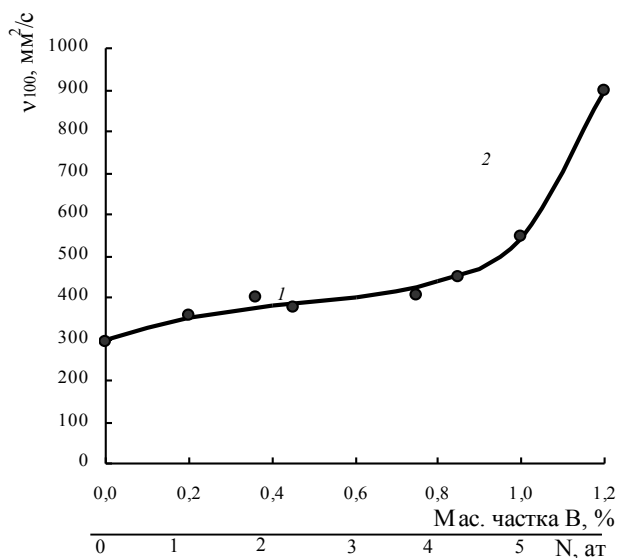
**Рис. 2.** Залежність між масовою часткою бору і кислотним числом (к.ч.) борованих сукцинімідів

сукцинімідів (рис. 2), що свідчить про утворення солей.

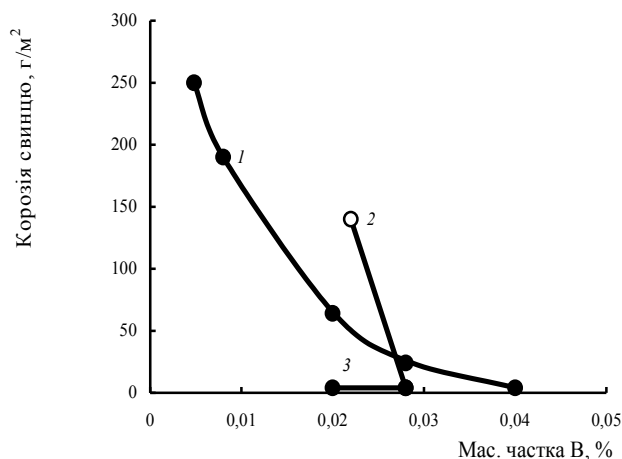
На рис. 3 наведено залежність між кінематичною в'язкістю борованого сукциніміду, кількістю основних атомів азоту в молекулі і масовою часткою введеного бору.

При введенні борної кислоти до еквімолярної кількості відносно основних атомів азоту в молекулі бісукциніміду (у використаних зразках сукциніміду кількість основних атомів азоту в молекулі становила ~4,5) утворюється малов'язкий продукт, що є амонійною сіллю метаборної кислоти з невеликим вмістом бору (0,2–0,8 %) (рис. 3, відрізок 1, структура 1).

Кількість борної кислоти, більша за еквімолярну, при боруванні призводить до утворення високов'язких поліборатних структур з високим вмістом бору

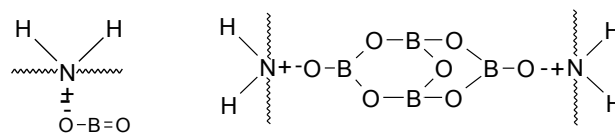


**Рис. 3.** Залежність між кількістю основних атомів азоту в молекулі сукциніміду і масовою часткою бору, введеного до нього, й кінематичною в'язкістю отриманого борованого сукциніміду: 1 – додатки зі структурою амонійної солі метаборної кислоти; 2 – додатки зі структурою поліборатів



**Рис. 4.** Вплив масової частки бору в оливі М-11 за рахунок борованих сукцинімідних додатків на корозійність щодо пластинок із свинцю: 1 – структура амонійної солі метаборної кислоти; 2 – проміжна структура; 3 – поліборатна структура

(>0,8 %) (рис. 3, відрізок 2, структура 2):



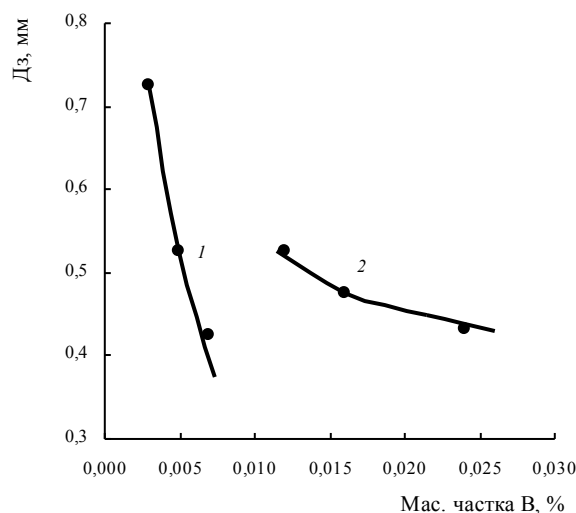
Структура 1

Структура 2

Точка перегину на кривій рис. 2, що відповідала вмісту бору (~0,8 %), еквімолярній кількості основних атомів азоту в молекулі (~4,5), відповідає проміжним структурам.

Отримані боровані сукцинімідні додатки досліджували на антикорозійні й протизношувальні властивості.

Антикорозійні властивості отриманих у складі олив М-11 та И-20А додатків оцінювали на пластинках



**Рис. 5.** Вплив масової частки бору за рахунок борованих сукцинімідів в оливі И-20А на процеси зношування на ЧКМ (1%-ві розчини у перерахунку на вміст активного компонента додатка): 1 – амонійна сіль метаборної кислоти; 2 – поліборатна структура

зі свинцю згідно з ГОСТ 20502 метод А, варіант 2 (рис. 4).

У випадку амонійної солі метаборної кислоти спостерігали поступове зниження корозійної активності додатку із ростом масової частки бору в оливі. Стосовно проміжної структури фіксували різке зниження корозійної активності при незначному збільшенні концентрації бору. Найнижчу корозійну агресивність поліборатної структури спостерігали вже при мінімальній концентрації бору.

Протизношувальні властивості (діаметр сліду зношування –  $D_3$ ) оливі з цими додатками досліджували на чотирикульковій машині тертя (ЧКМ) за температури ( $20 \pm 5$  °С) під час навантаження 196 Н і тривалості випробування 1 год згідно з ГОСТ 9490 (рис. 5).

Отримані результати свідчать, що для амонійної солі метаборної кислоти характерне різке зменшення діаметра сліду зношування з ростом концентрації бору, тоді як поліборатні структури значно сповільнюють цей процес.

Отже, введення бору до складу сукцинімідних додатків впливає на в'язкісні, антикорозійні й протизношувальні властивості оливі з додатками. Характер зміни властивостей залежить від співвідношення бору і основного азоту в молекулі сукцинімідного додатку,

яке, в свою чергу, впливає на структуру утворених продуктів. Змінюючи це співвідношення, можна вибірково і керовано впливати на властивості синтезованих додатків і легованих ними мастильних оливі.

1. Fenfang I., Boshui Ch., Weigin H., *Lubricat. Sci.*, 2001, (13), 341–347.
2. Суховерхов В.Д., Василькевич І.М., Яворська З.С., Філінова В.В., *Вопр. химии и хим. технологии*, 2006, (1), 124–130.
3. Chaudhary R., Pande P., *Lubricat. Sci.*, 2002, (14), 211–222.
4. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И., *Общая и неорганическая химия*, Москва, Химия, 1994.
5. Реми Г., *Курс неорганической химии*, Москва, Иностран. лит., 1963.
6. Harrison J.J., Young D.C., Mayne Ch. L., *J. Org. Chem.*, 1997, (62), 693–699.

Надійшла до редакції 04.11.2011 р.

## Зависимость функциональных свойств борированных сукцинимидов от содержания бора

*В.В. Юдина, З.С. Яворская, О.И. Сафронов, Б.М. Ярмолук*

*Государственное предприятие Украинский научно-исследовательский институт нефтеперерабатывающей промышленности "МАСМА" (ГП УкрНИИ НП "МАСМА")*

*Украина, 03680 Киев-42, МСП, просп. Академика Палладина 46;*

*тел.: (044) 424-24-13, факс: (044) 424-02-64*

Исследовано взаимодействие полиизобутил-бис-сукцинимидов, полученных на основе высокореакционного полиизобутена с борной кислотой. В зависимости от количества введенного бора образуются присадки с различными структурами: аммонийные соли, полибораты и структуры промежуточного строения. Аммонийные соли – менее вязкие, полиборатные – высоковязкие продукты. Полученные присадки исследовали на антикоррозионные и противоизносные свойства. В аммонийной соли метаборной кислоты постепенно снижалась коррозионная активность присадки и резко уменьшался диаметр пятна износа с увеличением массовой доли бора в масле. У промежуточной структуры резко снижалась коррозионная активность при незначительном увеличении концентрации бора. Для полиборатной структуры зафиксированы наименьшая коррозионная активность уже при минимальной концентрации бора и значительное замедление процесса изнашивания. Характер изменения свойств зависит от соотношения бор и основной азот в молекуле сукцинимидной присадки и является функцией изменения структуры полученных продуктов.

## Borated succinimides functional properties depending on boron content

*V.V. Yudina, Z.S. Yavors'ka, O.I. Safronov, B.M. Yarmoljuk*

*State-owned Enterprise Ukrainian S&R Institute for Crude Oil Refining Industry "MASMA", 46, Palladin av., Kyiv-142, MSP, Ukraine, 03680, Tel.: (044) 424- 24-13, Fax: (044) 424-02-64*

Interaction of polyisobutenyl-bis-succinimides synthesized on the base of high reactivity polyisobutene with boric acid has been investigated. Depending on boron content different structures of additives can be obtained: ammonium salts, polyborates and intermediate structures. Ammonium salts have lower viscosity contrary to polyborates, products with high viscosity. All obtained additives have been investigated for anticorrosive and antiwear properties. In case of ammonium metaboric salt with increase of boron content wear scar diameter shrinked and corrosion activity was gradually decreasing .. In intermediate structures with insignificant boron content increase abruptly corrosion activity slump was fixed. For polyborate structure with minimum boron content. the lowest corrosion rate and significant wear activity slowdown was fixed. The pattern of properties change depends on boron-basic nitrogen ratio in succinimide additive molecule and results from the end products structure change.