

УДК 663/664:621.891

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ МЕТАЛЕВИХ СПЛАВІВ І ПОКРИТТІВ В САЛЬНИКОВИХ УЩІЛЬНЕННЯХ НАСОСІВ ЦУКРОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Ю.Г. Сухенко, доктор техн. наук, **В.Ю. Сухенко**, канд.техн.наук,
В.П. Василів, канд. техн. наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

С.М. Кудашев, канд. техн. наук, **Т.Д. Пушкар**, інж.
Одеський державний аграрний університет

Запропоновані методи підвищення зносостійкості валів відцентрових насосів, які перекачують технологічні середовища цукрових виробництв.

Ключові слова: цукрове виробництво зносостійкість, захисні покриття, поверхня тертя, плазмовий струмінь.

Вступ. Не використаним резервом підвищення зносостійкості валів відцентрових насосів на підприємствах харчової і переробної промисловості є раціональний вибір матеріалів і технологічних методів їх поверхневого зміцнення. Існує велика кількість способів впливу і керування складом, структурою і властивостями поверхневих шарів деталей, але їх широке впровадження у виробництво гальмується через брак наукового обґрунтованих рекомендацій щодо раціонального вибору матеріалів і захисних покриттів в залежності від виду зношування, його інтенсивності, характеристик технологічних рідин, які прямо впливають на фізико-хімічні процеси при корозійно-механічному зношуванні (КМЗ) деталей.

Проблема. В роботах [1-5] досліджений вплив нейтральних, лужних і кислих корозійно-активних рідких середовищ на процеси зношування матеріалів і захисних покриттів, пояснені фізичні і механо-хімічні явища на фрикційному контакті, розглянуті способи зниження інтенсивності КМЗ, що дозволили запропонувати визначальні напрямки пошуку шляхів підвищення довговічності вузлів тертя, які експлуатуються в специфічних умовах цукрових виробництв. Разом з тим, за останній період арсенал методів боротьби за підвищення довговічності деталей поповнився рядом ефективних захисних покриттів, які допомагають кардинально зменшити інтенсивність їх спрацювання. Ведучим видом зношування валів відцентрових насосів для перекачування ставкової, жомопресової і кислої жомової води, дифузійного і нефільтрованого соку I і II сатурації є корозійно-механічний, а супутнім – абразивний. При перекачуванні транспортерно-мийної води, фільтрпресового осаду і вапняного молока ведучим видом зношування є абразивний і поверхні валів цих насосів мають розвинутий мікрорельєф з великою кількістю подряпин. Процеси зношування всіх названих вище валів (за виключенням валів насосів, які перекачують конденсат випарних апаратів) відбуваються за різних співвідношень двох видів спрацювання - корозійно-механічного і

абразивного. Інтенсифікація кожного з них призводить до зменшення зносостійкості валів. Так, знос валів насосів ставкової води (у порівнянні зі зносом валів насосів конденсату) зростає, тому що ця вода включає тверді домішки та кисень, які інтенсифікують зношування. В транспортерно-мийній воді, фільтрпресовому осаді, вапняному молоці роль абразивного зношування ще більше зростає завдяки великій кількості абразивних домішок. Збільшення зносу валів у жомовій воді пов'язане, головним чином, з інтенсифікацією корозійних процесів. Для підвищення довговічності валів методи газотермічного напилення і електролітичного азотування практично не застосовувались. Тому авторами вбачалося перспективним повернення до проблеми підвищення зносостійкості валів відцентрових насосів бурякоцукрового виробництва на сучасному науковому рівні. Адже від довговічності сальникових ущільнень залежать продуктивність насосів, втрати напівпродуктів і безвідмовність виробництва в цілому.

Мета досліджень. Метою роботи є дослідження зносостійкості валів в сальникових ущільненнях відцентрових насосів, вибір матеріалів і захисних покриттів для запобігання їх спрацюванню під дією технологічних середовищ цукрових виробництв.

Методика досліджень. Знос валів оцінювався за допомогою рельефометра індикаторного типу по довжині сальникового ущільнення у виробничих умовах. Металографічний аналіз поверхонь конструкційних матеріалів і захисних покриттів після тертя в нейтральних, кислих і лужних технологічних середовищах проводився з використанням біологічного МБС-2, металографічного МІМ-8М електронного УЕМВ-100 мікроскопів. Випробування зносостійкості матеріалів і захисних покриттів в лабораторних умовах проводили на установці торцевого тертя [6]. За зразки використовували конструкційні матеріали і матеріали з захисними покриттями, отриманими методами плазмового напилення, газополуменевої наплавки та електролітичного азотування. Контртіло виготовлялось з пенькової набивки, яку застосовують в ущільненнях насосів. Знос зразків оцінювали ваговим способом. В роботах [6-8] показано, що більшість відцентрових насосів бурякоцукрового виробництва перекачує технологічні середовища з температурою 50-90°C і працює при радіальному тиску набивки 0,6-0,8 МПа і швидкості ковзання вала в межах 2,5-5,0 м/с. Тому при проведенні дослідів на установці торцевого тертя тиск на контакті становив 0,7 МПа, а швидкість ковзання дорівнювала 2,5 м/с. Температура робочих середовищ підтримувалась близькою до 50-60°C. Випробування зносостійкості металів і захисних покриттів проводили в дистильованій воді, яка за своїм складом близька до конденсату випарних апаратів цукрових заводів, а також в 15%-ному розчині цукрози, кислому буферному розчині (рН 6,5), дифузійному та сатурованому соці. Досліджувалась зносостійкість нормалізованої і загартованої сталі 45, електролітично азотованої сталі 45Х [9], чавуну СЧ20, а також плазмових покриттів з бронзи БрОЦС-5-5-5, нікель-алюмінієвого сплаву ПН85Ю15, кераміки (плазмотексту ОТЗ та

електрокорунду Мн 28) і газополумєневих покриттів зі сплаву ПГ-10Н-01 (Ni-Cr-B-Si).

Результати досліджень. Вимірювання зносу близько 100 валів насосів, які перекачують різноманітні середовища цукрових виробництв безпосередньо на цукрових заводах України після 60-120 діб експлуатації і дослідження стану їх поверхонь після спрацювання, дозволило установити основні закономірності їх зношування. Дослідження показали, що максимальне спрацювання робочої ділянки вала може бути в кінці

сальникової камери, на її початку, або на початку і в кінці камери (рис. 1). Причому найменший добовий знос мають вали, які більше спрацьовуються в кінці (на дні) сальникової камери, а найбільший – на початку камери, де тиск набивки найвищим, а змащування технологічним середовищем недостатнє.

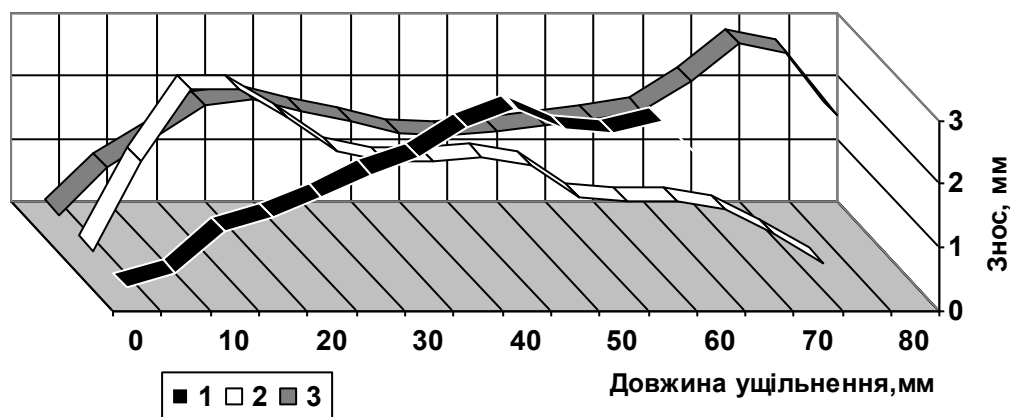


Рис.1. Розподіл добового зносу валів по довжині сальникового ущільнення відцентрових насосів: 1-СОТ-30 (ставкова вода, Денехівський цукровий завод); 2-Ж-200 (жом з водою, Григорівський цукровий завод); 3-СОТ-100 (дифузійний сік, Саливонківський цукровий завод).

Випробування матеріалів за прийнятою методикою в парі тертя з сальниковою набивкою в лабораторних умовах показали (табл. 1), що в дистильованій воді найбільшу зносостійкість серед традиційних матеріалів має напилена плазмою бронза, а найменшу - сірий чавун СЧ20. Після дослідження на поверхні тертя зразка зі сталі 45 були виявлені темні плями оксидів і сліди їх руйнування, які орієнтовані у напрямку вектора швидкості ковзання (рис. 2,а). Колір оксидних плівок змінювався від чорного до світло-сірого, що свідчило про їх різну товщину. Травлення поверхні металу показало, що оксидні темні плівки розміщені в основному на ділянках перлітних включень. Електронно-мікроскопічні дослідження виявили полоси зруйнованих оксидів, які орієнтовані в напрямку ковзання (рис. 2,б). Руйнування оксидів відбувалося шляхом видалення невеликих частинок, інколи великих блоків. Вигляд зношених поверхонь зразків із загартованої сталі 45 дещо інший (рис. 2,в). Тут на темному полі розсіяні вкраплення світло-сірого та чорного кольорів. З використанням електронного мікроскопа

виявлені сліди деформації, перетікання і руйнування оксидних плівок (рис. 2,г).

Таблиця 1. Спрацювання металів і захисних покриттів (мг/км) при терті по пеньковій набивці в нейтральних, кислих та лужних модельних і технологічних середовищах бурякоцукрового виробництва

№ п/п	Модельні або технологічні розчини	Метали та захисні покриття								
		Сталь 45 (нормалізація)	Сталь 45 (гартування)	Чавун СЧ20	Бронза Бр05Ц5С5 (плазмове напилення)	ПГ-10Н-01 (газолуменева наплавка)	ПН85 Ю15	ОТ 3	Мн 28	Сталь 45Х (електроліт. азотування)
							(плазмове напилення)			
1.	Дистильована вода	0,275	0,205	0,372	0,025	0,018	0,016	0,018	0,022	0,004
2.	15%-ний розчин цукрози в дистильованій воді	0,155	0,170	0,305	0,020	0,015	0,014	0,017	0,021	0,003
3.	Кислий буферний розчин (рН 6,5)	1,502	2,225	1,632	0,254	0,028	0,032	0,026	0,028	0,925
4.	Дифузійний сік	1,005	0,625	1,18	0,225	0,020	0,022	0,025	0,026	0,532
5.	Лужний розчин	0,042	0,030	0,058	0,012	0,004	0,008	0,006	0,003	0,002
6.	Сатурований сік	0,033	0,027	0,045	0,010	0,002	0,006	0,004	0,003	0,002

Поверхня тертя зразків із сірого чавуну була вкрита темними і темно-сірими плівками оксидів, причому темні оксиди розміщені впродовж тильної сторони графітних включень, які орієнтовані перпендикулярно до вектора швидкості ковзання. Графітні включення виступають над поверхнею на висоту до 100 мкм і тому зношена поверхня вкрита суцільними рифами (рис. 2,д). Поверхня тертя зразка з напиленої плазмовим струменем бронзи БрОЦС-5-5-5 вкрита оксидами синього і темно-червоного кольору (рис. 2,е), а в деяких місцях на поверхні була виявлена мідь. При роботі в хімічно-активному середовищі зносостійкість металів залежить від їх протикорозійних властивостей та властивостей вторинних структур, які утворюються на поверхні тертя. Тому зносостійкість нормалізованої сталі 45 в дистильованій воді визначається адгезійною міцністю плівок, які утворені на її перлітній і феритній складових. На перлітних ділянках плівки зношуються поступово з невеликою інтенсивністю, а на феритних вони відриваються від основи. Таким чином, збільшуючи в сталі кількість перлітної складової можна очікувати підвищення її зносостійкості. Загартована сталь 45 має однорідну мартенситну структуру і підвищені антикорозійні властивості. При терті на ній утворюються більш м'які, ніж основа, оксидні плівки, які перетікають по поверхні тертя без утворення

тріщин (рис. 2,г), зношуються і руйнуються поступово, тому ця сталь має вищу зносостійкість, ніж нормалізована. Сірий чавун корозійно не стійкий, а його металева основа розділена графітними включеннями. Руйнування оксидних плівок здійснюється на металевій основі, причому на феритних ділянках цей процес проходить більш інтенсивно, ніж на перлітних, тому при експлуатації в дистильованій воді сірий чавун з перлітною основою завжди буде більш стійким.

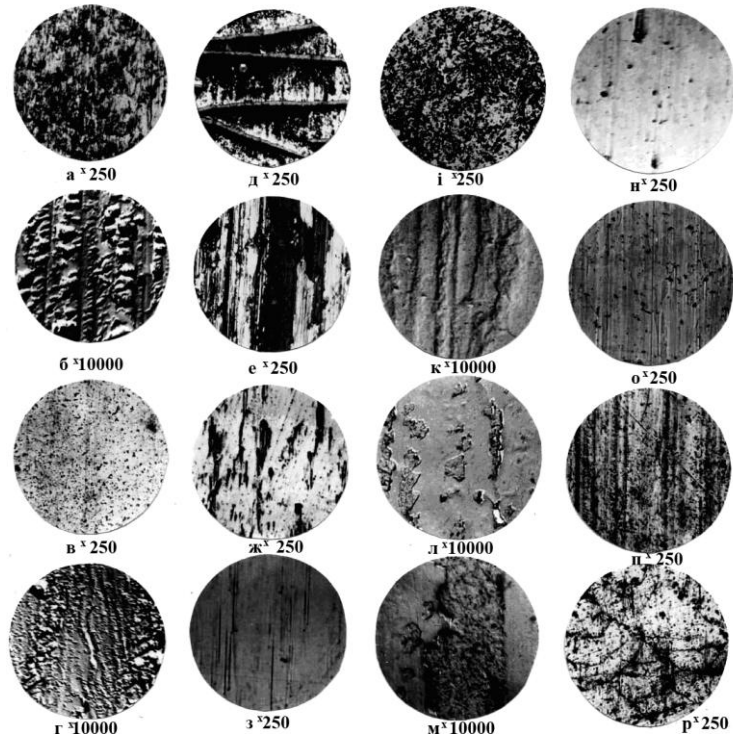


Рис. 2. Поверхні тертя зразків з нормалізованої (а,б,ж,і,к,н,о) і загартованої (в,г,з,л,м,п) сталі 45, сірого чавуну СЧ20 (д) і напиленої плазмою бронзи Бр ОЦС-5-5-5 (е) після зношування пеньковою набивкою в дистильованій воді (а-е), 15%-вому розчині цукрози (ж-з), кислому буферному розчині (і-м), дифузійному соці (н) та лужному розчині (о-р).

Велика зносостійкість плазмово-напиленої бронзи обумовлена її високими протикорозійними властивостями і тим, що вторинні структури, які утворюються на її поверхні, мають мало тріщин і міцно зчеплені з основою. Інші газотермічні покриття також мають добрі антикорозійні властивості і їх знос ще менший зносу напиленої плазмою бронзи (див. табл. 1). Найменший знос характерний для електролітично азотованої сталі 45Х. В розчині цукрози, яка входить до складу більшості технологічних середовищ бурякоцукрових заводів, а також надзвичайно часто зустрічається в середовищах інших харчових виробництв, зносостійкість металів і покриттів визначається її інгібуючою дією на метал [1,10,11]. Наявність цукрози в розчині значно збільшує зносостійкість практично всіх досліджених металів і металевих покриттів і майже не впливає на зносостійкість керамічних

плазмових покриттів (див. табл. 1). Зносостійкість менш корозійностійких матеріалів підвищується більше, ніж металів і покриттів, які мають високі протикорозійні властивості. Цукроза також знижує коефіцієнти тертя досліджуваних матеріалів. Відомо, що цукроза - це надзвичайно слабка багатоосновна кислота з константою електролітичної дисоціації при 25°C рівною $3 \cdot 10^{-13}$ [12]. Тому можна припустити, що однією з причин уповільнення інтенсивності зношування металів у розчині цукрози є уповільнення електрохімічних процесів, які при терті та зношуванні металів часто відіграють визначальну роль [13]. Цукрози притаманні добрі змащувальні властивості, що дає можливість більше навантажувати пару тертя [10,14]. На поверхнях тертя після випробувань в цукровому розчині утворюються більш світліші, ніж у дистильованій воді, захисні плівки (рис. 2,ж,з). Так, на поверхні тертя зразків із сталі 45 нормалізованої (рис. 2,б) і загартованої (рис. 2,в) темних оксидів значно менше, ніж при випробуваннях цієї ж сталі в дистильованій воді (рис. 2,а,в). Темні оксиди розташовані лише у вигляді плям, а на загартованій сталі також зменшилась їх кількість. Металографічний аналіз поверхонь тертя зразків після випробування у розчині цукрози показав, що їх КМЗ відбувається менш інтенсивно, ніж при терті в дистильованій воді, тому зносостійкість корозійно-стійких металів в розчинах цукрози підвищується, в середньому, на 8-15%, а металів з малою корозійною стійкістю (сердньовуглецевих сталей та чавунів) - на 35- 45%. В кислих середовищах (жомо-водяна суміш, кислі жомові та жомопресові води, дифузійний сік в бурякоцукровому виробництві, молочна сироватка, молочна кислота, газувана вода в інших галузях харчової промисловості) з рН 3,5-6,5 значно зростає інтенсивність зношування всіх досліджуваних металів і захисних покриттів. Так, дослідження зносостійкості матеріалів у буферному розчині двоохаміщеного фосфорнокислого натрію і лимонної кислоти в дистильованій воді з рН 6,5 при терті в парі з пеньковою набивкою показали, що найвищу зносостійкість мали нанесені газотермічним напиленням металеві сплави ПГ-10Н-01, ПН85Ю15, а також керамічні покриття з плазмотексту ОТЗ та електрокорунду Мн 28. Серед металів найбільш стійкою виявилась нормалізована сталь 45 і сірий чавун СЧ 20, а менш стійкою була загартована сталь 45. Напилена плазмовим струменем бронза за зносостійкістю займала проміжне місце між чорними металами і нікелемісткими та керамічними газотермічними покриттями. Мала зносостійкість була притаманна також електролітично азотованим зразкам із сталі 45Х. Металографічні дослідження поверхонь тертя нормалізованої сталі 45 показали, що вони вкриті темними і темно-сірими оксидними плівками, причому більш темними (товстими) плівками вкриті дільниці з перлітною складовою (рис. 2,і). Аналіз стану поверхні тертя на електронному мікроскопі (рис. 2,к) виявив, що при терті нормалізованої сталі 45 по пеньковій набивці оксидні плівки на ній руйнуються так, як і в дистильованій воді (рис. 2,б), але мікронерівності на плівках більш плавні та заокруглені. Такий характер руйнування свідчить про те, що під дією кислого середовища відбувається інтенсивне електрохімічне розчинення плівок, яке інтенсифікує

зношування. Дослідження зносостійкості зразків із загартованої сталі 45 показало, що її опір зношуванню набагато менший, ніж нормалізованій сталі 45 (див. табл. 1). На її поверхні тертя проявляються два види руйнування оксидних плівок - з поступовим стиранням плівок (рис. 2,л) і крихке (рис. 2,м). При випробуванні зразків із сірого чавуну СЧ20 виявилось, що характер руйнування їх поверхонь аналогічний руйнуванню в дистильованій воді (рис. 2,д). Зменшення зносостійкості металів в кислому буферному розчині пов'язане з більшою хімічною активністю середовища та зі збільшенням ролі механічного чинника процесу через інтенсивне заповнення поверхні набивки продуктами зносу. Тому ведучим видом зношування металів і покриттів в кислих середовищах треба вважати корозійно-механічний. Знос монолітних металів в цих середовищах в 5-8 разів вищий, ніж у дистильованій воді. Максимальна зносостійкість характерна для корозійностійких керамічних плазмових покриттів, а також покриттів на нікелевій основі. При терті матеріалів в дифузійному соці (рН 6,2-6,4) порядок їх розташування за зносостійкістю подібний до порядку в кислому буферному розчині, але їх знос зменшується на 30-50%. Серед металів найбільшу зносостійкість має загартована сталь 45, а найменшу - сірий чавун СЧ20. Газотермічні покриття з нікелемістких сплавів і оксидів мають надзвичайно високу зносостійкість, яка істотно перевищує зносостійкість бронзового покриття. Азотування сталевих зразків для роботи в кислих розчинах не дало бажаного результату (див. табл. 1). Більш висока зносостійкість металів і захисних покриттів в дифузійному соці пояснюється наявністю в ньому цукрози, поверхнево-активних речовин (ПАР), частинок клітковини та домішок дрібнодисперсних абразивних частинок. У цьому середовищі процес тертя набивки по металах і покриттях схожий на процес полірування [15]. ПАР на поверхні зразка і набивки міцно зчеплюються між собою і, за рахунок цього, відбувається зрив оксидних плівок, а тверді частинки обкатують і вигладжують через шар ПАР поверхню металу (рис. 2,н). Значне підвищення зносостійкості загартованої сталі 45 і азотованої сталі 45Х в дифузійному соці (див. табл. 1) зумовлене також дією ПАР, які ефективно розділяють спряжені поверхні, перешкоджають місцевій концентрації напружень, зменшують тангенціальні зусилля, попереджуючи крихке руйнування поверхонь тертя [16]. Тому загартовані сталі можна рекомендувати для виготовлення деталей вузлів тертя, які працюють у дифузійному соці. Ще кращих результатів можна очікувати при використанні нікелемістких і оксидних покриттів. Наприклад, зносостійкість самофлюсованого сплаву ПГ-10Н-01, нанесеного методом газополуменевої наплавки, більша в 30 разів за зносостійкість сталі 45. Лужні технологічні середовища досить часто зустрічаються в харчових виробництвах (розчини для миття і дезинфекції обладнання, різні соки тощо). На бурякоцукрових заводах це вапняне молоко, суспензія гідрооксиду кальцію, сатуровані і сульфітовані соки. Сатурований сік має водневий показник рН 10-11. До його складу, крім сполук кальцію, входить цукроза. Сульфітований сік, який отримують після обробки сатурованого сірчанним газом, має слабколужну реакцію (рН 7,6÷8,0). В ньому немає сполук кальцію

і домішок абразивних частинок. Лужне середовище в дослідях моделювалось водним розчином оксиду кальцію (рН 11). Лабораторні випробування показали, що серед монолітних металів найменш стійким в лужних середовищах є сірий чавун СЧ20, посередині розташовується олов'яниста бронза, а надзвичайно велику стійкість мають газотермічні та азотомісткі покриття. Поверхні майже всіх зразків після випробування були більш світлими (з меншою товщиною плівок), ніж при випробуванні в кислих середовищах (рис. 2,о,п). Знос металів і покриттів в лужному середовищі зменшився в середньому в 5-9 разів, що можна пояснити утворенням на поверхні тертя більш міцних монолітних оксидних плівок, а також пасивуючих плівок з ОН-іонів, які перешкоджають розвиткові корозійних процесів. Більш міцні оксидні плівки, утворені на металевих ділянках чавуну СЧ20 (рис. 2,р), зношуються менш інтенсивно, ніж графітні включення і тому рифи на поверхні зразка (рис. 2,д), як це було при випробуваннях в дистильованій воді, не утворюються. Дослідження у фільтрованому соці 1-ї сатурації (сухих речовин-15%, доброякісність-90%, рН – 11) показали, що знос всіх зразків дещо зменшився (див. табл. 1), що пояснюється інгібуючою дією цукрози і наявністю ПАР, які пластифікують поверхні тертя і запобігають сколюванню оксидних плівок. Таким чином, технологічні середовища бурякоцукрового виробництва по-різному впливають на зносостійкість металів і захисних покриттів. Найбільш інтенсифікують зношування кислі технологічні середовища. Проведені на ряді цукрових заводів дослідження виявили цільниці цукрового виробництва, де вали насосів зношуються найбільш інтенсивно (табл. 2). Встановлено, наприклад, що у виробничих умовах знос валів у кислій жомовій воді в 22, а в транспортерно-мийній більш ніж в 10 разів вищий, ніж в конденсаті випарних апаратів. Ведучим видом зношування валів в сальникових ущільненнях насосів для перекачування ставкової та кислої жомової води, дифузійного соку I сатурації є корозійно-механічний, а супутнім – абразивний. В ущільненнях насосів для перекачування транспортерно-мийної води та вапняного молока ведучим є абразивний, а супутнім – корозійно-механічний знос. Найбільше зношуються вали під дією кислих середовищ і абразивних частинок.

Таблиця 2. Середньодобовий знос I валів відцентрових насосів, їх відносна зносостійкість ϵ і вплив плазмових покриттів на збільшення зносостійкості К.

Технологічне середовище	$1 \cdot 10^{-3}$	ϵ , мкм/мкм	Рекомендоване плазмове покриття	Коефіцієнт збільшення зносостійкості, К
Ставкова вода	15	0,4	ПГ-10Н-01	7,2
Кисла жомова вода	135	0,04	ОТЗ	5,1
Транспортерно-мийна вода	67	0,09	ПГ-10Н-01	5,6
Вапняне молоко	45	0,13	ОТЗ	6,3

Продовження таблиці 2

Дифузійний сік	33	0,18	ПН85Ю15	3,0 - 5,2
Сік 1 сатурації	20	0,3	Мн28	3,1
Конденсат випарних апаратів	6,0	1	ПН85Ю15	9,2

Аналіз результатів виробничих випробувань валів, зміцнених плазмовими покриттями, показує (див. табл. 2), що завдяки їх застосуванню можна підвищити зносостійкість цих деталей в 3-9 разів. За даними цукрових заводів застосування напилених плазмою валів дало змогу зменшити втрати напівпродуктів цукрового виробництва в 2 – 5 разів.

Висновки. Проведені дослідження показали, що для кожного технологічного середовища цукрового виробництва треба підбирати свій матеріал і захисне покриття, яким притаманний достатній опір зношуванню. Перспективними для підвищення довговічності валів в сальникових ущільненнях відцентрових насосів можуть бути газотермічні і електролітичні покриття. Для підтвердження даних лабораторних досліджень потрібно провести всебічні випробування зміцнених валів у виробничих умовах на дільницях цукрового виробництва, де застосовуються різноманітні за складом технологічні середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Прејс Г.А., Сологуб Н.А., Некоз А.И. Повышение износостойкости оборудования пищевой промышленности.- М.: Машиностроение, 1979.- 208 с.
2. Портер А.И. Исследование влияния коррозионно-активных сред на процессы трения и изнашивания: Автореф. дис... канд. техн. наук.- Киев, 1980.- 27 с.
3. Роменский Н.П. Разработка и исследование металлизационно-полимерных покрытий для защиты от коррозионно-механического изнашивания диффузионных аппаратов сахарных заводов: Автореф. дис... канд. техн. наук.- Киев, 1981.- 22 с.
4. Смертяк Ю.Л. Исследование долговечности сальниковых уплотнений центробежных насосов свеклосахарных заводов: Автореф. дис. канд. техн. наук.- Киев, 1969.- 30 с.
5. Захист від корозії устаткування цукрових заводів / Супрунчук В.К., Вдовенко І.Д., Канченко Л.П. та ін. - Київ: Техніка, 1972.- 241 с.
6. Сухенко Ю.Г., Некоз О.І., Стечишин М.С. Технологічні методи забезпечення довговічності обладнання харчової промисловості.- Київ: Елерон, 1993.- 107 с.
7. Сологуб Н.А., Сухенко Ю.Г., Малыгин А.И., Мотяков С.А. Повышение износостойкости некоторых деталей оборудования сахарных заводов /Труды Республиканской научно-техн. конф. "Интенсификация технологий и совершенствование оборудования перерабатывающих отраслей АПК".- Киев, КТИПП, 1989.- с.251.
8. Сологуб Н.А. Повышение долговечности трущихся деталей технологического оборудования сахарных заводов/Автореф. дис.... канд. техн. наук.- Киев, КТИПП, 1964,-27 с.

9. А.с. 1259689 Способ азотирования стальных деталей /В.Ф. Павленко, А.Н. Озерянский, В.О. Мовчан и Ю.Г. Сухенко. Заявл. 11.01.85.
10. Сухенко Ю.Г. Корозійна стійкість газотермічних покриттів на деталях харчового обладнання // Харчова промисловість.- К.: УДУХТ.- 1988.- Вип.43-44.-С.197-199.
11. Прейс Г.А., Сологуб Н.А. Повышение износостойкости деталей оборудования сахарных заводов.- Киев: Техника, 1966.-138 с.
12. Силин П.М. Технология свеклосахарного и рафинадного производства.- М.: Пищепромиздат, 1958. – 120 с.
13. Интенсификация процессов и защита оборудования пищевых производств/ Г.П. Тищенко, Н.Д. Хоменко, В.Ю. Сухенко, и др. – К.: ТОВ «ДІЯ», 2006. – 224 с.
14. Сологуб Н.А., Штефан Б.П. О роли сахарозы в процессах трения и изнашивания.- В сб.: Повышение износостойкости и срока службы оборудования пищевой промышленности.- М.: ДНИИТЭЛегпищемаш, 1968. – с. 45-48.
15. Крагельский И.В. Трение и износ.- М.: Машиностроение, 1968.- 480 с.
16. Колесниченко Л.Ф. Изменение структуры поверхностного слоя металлов при трении в связи с действием смазочных сред / Автореф. дис. канд. техн. наук./ ИПМ АН УССР. –К., 1963 – 30 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ВАЛОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ САХАРНЫХ ЗАВОДОВ

Ю.Г. Сухенко, В.Ю. Сухенко, В. П.Васильев, С.Н. Кудашева, Т.Д. Пушкарь

Ключевые слова: сахарное производство, износостойкость, защитные покрытия, поверхность трения, плазмовый поток.

Резюме

Предложены методы повышения износостойкости валов центробежных насосов, которые перекачивают технологические среды сахарных заводов.

MAINTENANCE OF WEAR RESISTANCE OF SHAFT OF CENTRIFUGAL PUMPS OF SUGAR FACTORIES

J.G. Sukhenko, V.J. Sukhenko, V.P. Vasiliv, S.N. Kudashev, T.D. Pushkar

Key words: sugar production durability, protective coatings, surface friction, the plasma jet.

Sammary

Methods of increase of wear resistance of shaft of centrifugal pumps which pump over technological environments of sugar factories are offered.