

XI Міжнародна науково-технічна конференція. Нові матеріали і технології в машинобудуванні-2019
 високу (~в 2 рази) ударно-абразивну зносостійкість внаслідок більш високого вмісту вуглецю та додаткового легування азотом.

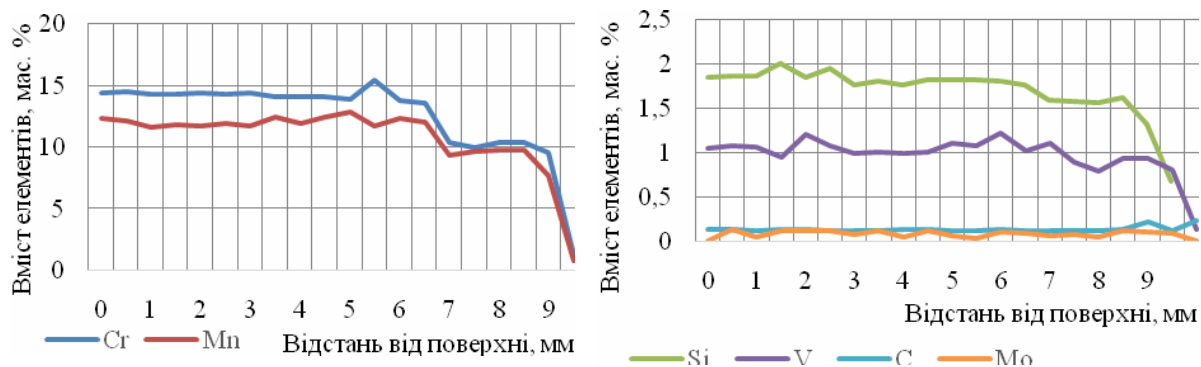


Рис. 1. Розподіл легувальних елементів та вуглецю по глибині наплавленого металу 12X13Г12САФ після відпуску 500 °С, 1 год

Ці економнолеговані зносостійки сталі рекомендуються для реновації наплавленням багатьох деталей машин і металургійного обладнання, що працюють в складних умовах абразивного та ударно-абразивного зношування взамін дорогих і дефіцитних наплавлювальних матеріалів.

Шейко О.І.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ОТРИМАННЯ ВИЛИВКІВ БЕЗ ПРИГАРУ В ПІЩАНИХ ФОРМАХ

Отримання сталевих та чавунних виливків у піщаних формах без пригару та інших поверхневих дефектів завжди було та є актуальною проблемою ливарного виробництва. Дослідження умов утворення пригару та підвищення якості поверхні виливків були розпочаті професором С.П. Дорошенком з 1959 року, коли він розпочав свою наукову діяльність після вступу до аспірантури. До сьогодні цей напрямок досліджень залишається одним із пріоритетних.

Підсумком проведених С.П. Дорошенком досліджень стало розроблення окислювальної теорії утворення пригару на поверхні виливків із залізовуглецевих сплавів, яка була визнана в усьому світі і принесла С.П. Дорошенку всесвітнє визнання.

Відповідно до цієї теорії, природа утворення хімічного пригару на чавунних і сталевих виливках однакова. Зв'язувальною ланкою між металом вилівка та шаром пригару (пригарною кіркою) є плівка оксидів заліза, яка утворюється, а міцність її зчеплення з ви-

ливком залежить від товщини цієї плівки оксидів. Якщо плівка оксидів має достатню товщину, то відбувається легке відокремлення пригарної кірки від виливка по шару оксидів заліза при охолодженні. Такий вид пригару було запропоновано називати пригар, який легко відокремлюється (легковідокремлюваним, *рос. легкоотделяемым пригаром*). Якщо плівка оксидів заліза має недостатню товщину, то відокремлення пригарної кірки не відбувається, вона міцно зв'язана з металом виливка. Дослідженнями встановлено, що мінімальна товщина плівки оксидів має складати 100 мкм.

Утворення на поверхні виливка шару оксидів заліза необхідної товщини можна отримати двома шляхами – посиленням окислення поверхні виливка або зменшенням або виключенням витрати оксидів заліза на взаємодію з формою або стрижнем. Перше положення (підсилення окислення) стало основою для досліджень та розроблення нового способу отримання пригару, який легко відокремлюється, на сталевих виливках шляхом використання спеціальних окислювальних формувальних сумішей або фарб.

Друге положення (зменшення або виключення витрати оксидів заліза) досягається при виготовленні сталевих та чавунних виливків шляхом нанесення на поверхню форм і стрижнів протипригарних фарб. Цей спосіб запобігання утворення пригару на сьогодні є основним. У подальших дослідженнях кафедри, які виконувалися під керівництвом проф. С.П. Дорошенка, основна увага була направлена на підвищення ефективності використання протипригарних фарб та покриттів.

Для виконання свого призначення протипригарні фарби повинні мати високі технологічні властивості при їх приготуванні, в процесі нанесення на поверхню форм або стрижнів, після висушування або самовисихання на повітрі і, особливо при заливанні та затверджуванні сплаву в формі (тобто при високих температурах).

Після приготування при нормальних температурах протипригарна фарба повинна мати високу седиментаційну стійкість та гарну криючу здатність, тобто утворювати на поверхні форм і стрижнів рівномірний і рівний шар достатньої товщини, який після висушування або самовисихання має достатнє зчеплення з пофарбованою поверхнею форми та високу механічну міцність. Проведеними дослідженнями встановлено, що досягти цих вимог можливо при використанні в якості стабілізатора водних фарб високомолекулярних речовин, які при невеликій концентрації утворюють в'язкі структуровані розчини, завдяки чому досягається висока седиментаційна стійкість суспензії протипригарної фарби та її гарна криюча здатність. Найбільш ефективними стабілізаторами водних протипригарних фарб є поливініловий спирт (ПВС) та карбоксиметилцелюлоза (КМЦ). Це пояснюється тим, що макромолекули ПВС та КМЦ мають гідроксильні та карбоксильні функціональні групи, які утворюють з гідратованими часточками вогнетривкого наповнювача фарб стійкі

XI Міжнародна науково-технічна конференція. Нові матеріали і технології в машинобудуванні-2019 водневій зв'язки. Завдяки цьому, при одночасному підвищенні в'язкості дисперсного середовища забезпечується висока седиментаційна стійкість протипригарних фарб навіть при використанні важких наповнювачів (наприклад, циркон). Для самовисихаючих протипригарних фарб в якості стабілізатора доцільно використовувати полівінілбутираль (ПВБ).

Криючу здатність протипригарної фарби визначають її в'язкість та статичне напруження зсуву (СНЗ). Дослідженнями, проведеними в 1969-1972 роках аспірантом В.М. Дробязко, було встановлено, що в'язкість фарби визначає її здатність проникати в поверхню ливарної форми або стрижня, а СНЗ – товщину та рівномірність шару, який утворюється при нанесенні фарби. Здатність фарби проникати в поверхневі шари ливарної форми є дуже важливою властивістю, яка визначає разом із зв'язувальним компонентом фарби міцність зчеплення шару протипригарного покриття з поверхнею форми або стрижня. Це пояснюється тим, що зчеплення покриття з поверхнею форми або стрижня забезпечується як за рахунок сил адгезії, так за рахунок когезійної міцності прожилок фарби, які проникли в міжзернинні проміжки формувальної суміші. Встановлено, що оптимальна глибина проникнення протипригарної фарби в'язкістю 45...60 с за віскозиметром ВЗ-4 має складати 1,3...1,6 середньої величини зерна наповнювача формувальної або стрижневої суміші. В'язкість протипригарної фарби необхідно регулювати зміною в'язкості розчину стабілізатора (ПВС, КМЦ або ПВБ).

СНЗ фарби визначає товщину та рівномірність притипригарного шару, який утворюється на поверхні форми або стрижня. Дослідженнями встановлено, що при низьких значеннях СНЗ фарба стікає з вертикальних поверхонь форми, а при високих значеннях – утруднюється самовільне вирівнювання поверхні шару фарби під дією поверхневих сил і він зберігає сліди пензля, підтікань та спостерігається утворення шару покриття нерівномірної товщини. Залежно від виду вогнетривкого наповнювача, який використовується у складі протипригарної фарби, оптимальне значення СНЗ при використанні високомолекулярних стабілізаторів має знаходитися в межах 0,04...0,10 Па. При таких значеннях СНЗ фарби при одноразовому нанесенні утворюють рівномірний шар покриття товщиною 0,40...0,45 мм, який є достатнім для запобігання утворення пригару на виливках з товщиною стінки до 50...60 мм. При необхідності отримання шару покриття більшої товщини потрібно проводити повторне його нанесення на поверхню, яка висушена. Регулювати значення СНЗ в указаних межах необхідно зміною кількістю вогнетривкого наповнювача, який входить до складу протипригарної фарби.

Підсумком ґрунтовних багаторічних досліджень стала публікація в 1978 році монографії авторів С.П. Дорошенко, В.М. Дробязко, К.І. Ващенко «Получение отливок без пригара в песчаных формах». Це видання було відразу переведено на китайську та

японську мови, стало настільною книгою для наступних поколінь ливарників практиків та науковців.

При заливанні ливарної форми на шар протипригарного покриття впливає, з одного боку, ерозійна дія та згинальні навантаження з боку рідкого металу, з другого – газовий тиск з боку форми або стрижня за рахунок протікання в поверхневому шарі процесів деструкції зв'язувального компонента формувальної суміші та випаровування вологи. Таким чином, необхідною умовою для виключення утворення пригару та інших дефектів на поверхні виливків є висока міцність шару протипригарного покриття при згинанні та достатня міцність зчеплення його з поверхнею форми або стрижня при контакті металу з шаром протипригарного покриття на поверхні форми.

Дослідження технологічних властивостей протипригарних покриттів при високих температурах були виконані Шейко О.І. після 1975 року.

Для дослідження та контролю властивостей протипригарних покриттів при високих температурах розроблені та виготовлені оригінальні установки, використання яких дало змогу визначати міцність зчеплення та міцність при згинанні шару протипригарних покриттів при температурах, наближених до реальних умов заливання форм.

На основі проведених досліджень встановлено, що на міцність зчеплення протипригарних покриттів (при оптимальній глибині проникнення фарб після їх нанесення) з поверхнею форм та стрижнів та їх міцність при згинанні при високих температурах вирішальний вплив надає термостійкість зв'язувального компонента. Водні протипригарні покриття з широко використовуваними органічними зв'язувальними (наприклад ЛСТ) повністю втрачають міцність при температурах 550...650 °С. Тому їх слід використовувати при виготовленні виливків з невеликою товщиною стінок.

При виготовленні крупних та товстостінних виливків необхідно до складу фарб вводити неорганічні зв'язувальні компоненти, які порівняно з органічними, мають значно вищу термостійкість і низьку газотвірність, наприклад, алюмо-, хром-, магнійфосфати, інші фосфати, сульфати та інші. При їх використанні протипригарні покриття зберігають достатню міцність при нагріванні до 1100...1300 °С.

Із самовисихаючих протипригарних фарб найбільше використовують спиртові фарби з ПВБ, який вважають і стабілізатором і зв'язувальним компонентом одночасно. Але ПВБ являє собою термопластичний полімер, який розплавляється при температурі близько 200 °С, тому міцність зчеплення покриттів з поверхнею форм та стрижнів різко знижується при нагріванні теплотою металу, який заливається. При цьому під дією газів, які утворюються, відбувається відривання покриття від поверхні форми, що призводить до утворення пригару та засмічень. Дослідженнями встановлено, що для підвищення міцнос-

ті покриттів до складу фарб з ПВБ необхідно додавати додатковий зв'язувальний компонент, наприклад, резольні фенолформальдегідні смоли, а ПВБ – вважати стабілізатором. Такі смоли відрізняються високою термостійкістю і гарно суміщуються з ПВБ, утворюючи з ним після випаровування розчинника тверді розчини, які забезпечують міцність покриттів при підвищенні температури до 800...850 °С. До більш високих температур зберігають міцність самовисихаючі покриття з ПВБ при використанні в якості зв'язувальних компонентів кремнійорганічних смол. Однак, такі смоли підвищують газотвірність покриттів та мають високу вартість.

Проведеними автором дослідженнями встановлено, що досягти достатньої міцності водних та самовисихаючих протипригарних покриттів можна шляхом їх самовільного зміцнення під дією теплоти металу, який заливається в форму, при додаванні до складу фарб спеціальних домішок, які сприяють протіканню процесу низькотемпературного спікання в шарі покриття.

Як відомо, процес спікання порошків оксидів та силікатів у присутності рідкої фази протікає при більш низьких температурах та значно швидше. Так, наприклад, для самовисихаючих покриттів з ПВБ та смолою, які зберігають міцність до 800...850 °С, необхідно використовувати домішки, які забезпечують зміцнення покриттів при цих температурах. Установлено, що в якості таких домішок – прискорювачів спікання можуть бути використанні фосфати, хлориди, фториди. Міцність таких покриттів при згинанні при 1000 °С складає 0,15...0,18 МПа. При збільшенні тривалості витримки спостерігається подальше зростання міцності, тобто спостерігається явно виражена здатність покриттів до спікання.

Розроблені склади високоефективних протипригарних покриттів були впроваджені в ряді ливарних цехів, завдяки чому було досягнуто зниження браку та трудомісткості очищення виливків від пригару та інших поверхневих дефектів, а також покращено санітарно-гігієнічні умови праці на операціях очищення.

Отримання протипригарних покриттів, які мають високу міцність при згинанні, не є достатньою умовою для запобігання утворенню пригару. Необхідно, щоб покриття зберігало зчеплення з поверхнею форм та стрижнів при нагріванні. Дослідженнями встановлено, що міцність зчеплення покриттів з поверхнею форм та стрижнів визначається як міцністю самого покриття, так і поверхневою міцністю форм та стрижнів при температурах заливання сплаву. При недостатній міцності протипригарного покриття його відривання відбувається по границі «покриття – суміш», а при низькій поверхневій міцності суміші відривання покриття відбувається разом з поверхневим шаром форми або стрижня, який втратив міцність.

Для контролю поверхневої міцності формувальних і стрижневих сумішей при нагріванні (до 1100 °С) було розроблено та виготовлено спеціальну установку, принцип дії якої засновано на визначенні втрати маси стандартного циліндричного зразка в умовах впливу високих температур.

Проведеними дослідженнями встановлено, що переважна більшість формувальних і стрижневих сумішей, які використовують у ливарному виробництві, і в першу чергу з органічними зв'язувальними компонентами, мають дуже низьку поверхневу міцність. Це призводить до втрати міцності, а потім руйнування поверхневого шару форми або стрижня при нагріванні їх вище температури термодеструкції зв'язувального компонента суміші, і в підсумку, до відшарування протипригарного покриття (навіть високотермостійкого з високою міцністю) і утворення пригару та інших поверхневих дефектів на виливках.

Для підвищення поверхневої міцності формувальних і стрижневих сумішей при температурах заливання запропоновано проводити зміцнення поверхні форм і стрижнів спеціальними зміцнювальними розчинами, наприклад, розчинами зв'язувальних матеріалів або комплексними розчинами. Для приготування зміцнювальних розчинів можуть використовуватися як водо-, так і спирторозчинні зв'язувальні матеріали. Наприклад, самовисихаючі покриття з ПВБ та фенолформальдегідною смолою зберігають зчеплення з поверхнею форм та стрижнів з РСС з ЛСТ при підвищенні температури на границі «покриття – форма» до 550...600 °С, а після попереднього зміцнення форми або стрижня зміцнювальним розчином – до 800...850 °С. Найбільша міцність зчеплення досягається при використанні самовисихаючих протипригарних покриттів із домішками, які сприяють спіканню покриття (наприклад, з фосфатами), та одночасним зміцненням поверхні форм та стрижнів. При цьому міцність зчеплення шару протипригарного покриття з поверхнею форм та стрижнів зберігається при підвищенні температури до 1000 °С і вище. Виробничими дослідженнями встановлено, що при використанні розроблених складів протипригарних покриттів, які спікаються, та одночасним зміцненням поверхні ливарних форм і стрижнів спеціальними зміцнювальними розчинами гарантується висока чистота поверхні навіть дуже крупних та товстостінних виливків, які отримують у разових піщаних формах, в тому числі із ХТС з органічними зв'язувальними компонентами.