

О.І. Лотоцька

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ЦИЛІНДРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ ПОЛІГРАФІЧНИХ МАШИН ПРИ КОМПЛЕКСНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ

У статті запропоновано комплексну технологію, а саме вібраційне обкатування з подальшим хромуванням. Досліджено і проаналізовано параметри шорсткості поверхні, фізико-механічні характеристики поверхні і структури металу.

Ключові слова: вібраційне обкатування, регулярний мікрорельєф, хромування, шорсткість, мікротвердість.

Табл. 1. Рис. 6. Літ. 15.

О.И. Лотоцкая

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ ПОЛІГРАФИЧЕСКИХ МАШИН ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

В статье предложена комплексная технология, которая включает в себя вибрационное накатывание с последующим хромированием. Исследовано и проанализировано параметры шероховатости поверхности, физико-механические характеристики поверхности и структуры металла.

Ключевые слова: вибрационное накатывание, регулярный микрорельеф, хромирование, шероховатость, микротвердость.

O. Lototska

STUDY OF QUALITY PARTS OF CYLINDRICAL SURFACE PRINTING MACHINES AT THE COMPLEX TECHNOLOGY

The paper proposes a complex technology, which includes vibratory rolling with further chrome plating. Studied and analyzed the surface roughness parameters, physical and mechanical characteristics of the surface and structure of the metal.

Keywords: vibration rolling, regular microrelief, chroming, roughness, micro-hardness.

Постановка проблеми. Питання підвищення надійності і довговічності деталей, вузлів, виробів з розвитком сучасної техніки і технології стають все більш актуальним. Працездатність виробів таких, як літальні апарати, двигуни, автомобілі, машини та інші, а також циліндричних деталей та вузлів поліграфічних машин у значній мірі залежить від якості поверхні деталей, оскільки відмова виробів відбувається, як правило, внаслідок ушкоджень втомного характеру. Особливо це важливо для вузлів тертя, оскільки 80% відмов машин і механізмів відбувається через поверхневе руйнування. Довговічність роботи машини залежить від зношування деталей, які працюють в умовах тертя, як швидко чи повільно будуть виникати і розвиватися тріщини, особливо при знакозмінних навантаженнях, тобто довговічність буде залежати від якості поверхневого шару деталі.

Перед нами постає задача підвищити якість поверхні та поверхневого шару, а також експлуатаційних властивостей деталей поліграфічних машин. Відомо, що зародження втомної тріщини починається з поверхні заготовки або в приповерхневому шарі. Тому на фінішних операціях виготовлення відповідальних деталей виробів здійснюють їх обробку методами поверхневого пластичного деформування. Ця обробка дозволяє поліпшити параметри якості поверхневого шару деталей, що забезпечує підвищення надійності і ресурсу виробів у цілому.

При вирішенні завдань технологічного забезпечення якості поверхні деталей та експлуатаційних властивостей потрібно забезпечувати параметри якості поверхневого шару деталей машин відповідно до їхнього призначення, прогнозувати режими обробки, визначати комплекс методів обробки, що забезпечують отримання заданих параметрів якості поверхневого шару з найбільшою продуктивністю.

У зв'язку з цим актуальною є розробка комплексного технологічного процесу, який забезпечить високу якість поверхні та підвищить експлуатаційні властивості деталей поліграфічних машин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасне поліграфічне машинобудування висуває високі вимоги до матеріалів конструкції, деталей машин, робота яких здійснюється у важких умовах. Номенклатура різних за призначенням виробів та умови роботи, у яких робочі функції виконують поверхневі зони металу (тоді як серцевинні зони несуть лише додаткові функції), безпосередньо не піддається зовнішньому впливу. До таких виробів можуть бути віднесені: деталі, що працюють у середовищах, які викликають хімічну корозію; деталі, які працюють в умовах високих температур; вироби, які підлягають ерозійному впливу середовища за низьких і високих

температур; вироби, які працюють на втому (механічну, термічну, корозійну); вироби, які працюють в умовах високого зносу [1].

Механічна обробка поверхонь металу формує новий мікрорельєф, який забезпечить кращі експлуатаційні характеристики деталям поліграфічного обладнання. Однак після такого процесу обробки, як шліфування, у поверхневому шарі обробленої деталі залишаються значні стискувальні і розтягуювальні напруження, які негативно впливають на зносостійкість поверхні. Відповідно, у деяких випадках необхідна додаткова обробка, зокрема: лазерна обробка, дробоструменева обробка, оздоблювально-зміцнююча обробка, нанесення і закріплення на поверхні порошків, тощо.

Нині широкого використання набув метод вібраційної оздоблювально-зміцнювальної технології. Зацікавленість спеціалістів А. П. Гавриша [2], П. О. Киричка [3], Л. Г. Маталіна [4], А. В. Несхозієвського [5], В. Г. Олійника [6, 7], Д. Д. Папшева [8], О. І. Хмілярчук [9], Ю. Г. Шнейдера [10] цим процесом пояснюється широкими технологічними можливостями й істотними техніко-економічними перевагами. Сфера застосування вібраційної технології в різних галузях виробництва достатньо багатогранна та має тенденцію до подальшого розширення. Технологічні можливості цього методу в поєднанні з високою продуктивністю зміцнювальних операцій роблять його одним з найактуальніших і найперспективніших способів зміцнення деталей машин [11 – 14]. Актуальними і не повною мірою дослідженими є поєднання гальванічних і хімічних методів нанесення покриттів, наплавлення, напилення, іонна імплантація, лазерна обробка з оздоблювально-зміцнювальними технологічними процесами. Забезпечити підвищення експлуатаційних властивостей, покращити декоративний вигляд виробів можна завдяки використанню вібраційного обкатування з подальшим хромуванням.

Низька шорсткість поверхні, а також зміцнення поверхнево-пластичним деформуванням (ППД), до якого відноситься метод вібраційного обкатування підвищує витривалість деталей. У результаті ППД відбувається поверхневий наклеп. Така обробка поверхні перед нанесенням гальванічного покриття повністю знімає шкідливий вплив покриття на експлуатаційні властивості деталей.

Як вказано в роботах [11, 15], деталі з покриттям мають високі експлуатаційні властивості, що значно підвищує їхню зносостійкість і ресурс роботи.

Невирішені частини проблеми. При виготовленні поліграфічних машин особливу увагу приділяють питанням підвищення надійності, економічності та ресурсу виробів, що експлуатуються, за рахунок нанесення на них стійких покриттів, здатних упродовж тривалого часу працювати в умовах тертя. Унаслідок високої корозійної стійкості та зносостійкості покриття хромом вже використовується в якості захисних у багатьох галузях.

При вирішенні завдань технологічного забезпечення якості поверхні деталей та експлуатаційних властивостей потрібно забезпечувати параметри якості поверхневого шару деталей машин відповідно до їхнього призначення, прогнозувати режими обробки, визначити комплекс методів обробки, що забезпечують отримання заданих параметрів якості поверхневого шару з найбільшою продуктивністю.

Ознайомлення з роботами українськими вченими свідчить про те, що в теперішній час немає достатньо раціональних, що вичерпують всі можливості застосування оздоблювально-зміцнюючої обробки для створення на поверхні заданого регулярного мікрорельєфу синусоїдального типу без перетину нерівностей, з одночасним наперед заданим покращенням фізико-механічних властивостей поверхневого шару, геометричних параметрів поверхні та, відповідно, експлуатаційних властивостей виробів.

Метою дослідження є розробка комплексної технології формування мікрорельєфу на циліндричних поверхнях для забезпечення якості та експлуатаційних властивостей деталей поліграфічних машин. Експериментальне визначення параметрів якості поверхневого шару циліндричних деталей поліграфічних машин по запропонованій технології.

Основні результати дослідження. На надійність роботи деталей машин суттєве значення має якість обробленої поверхні. Адже, якість – поняття багатогранне, яке включає в себе ряд аспектів: від зовнішнього вигляду до експлуатаційних властивостей, включаючи надійність.

Формування мікрогеометрії поверхні і поверхневого шару відбувається при протіканні складних процесів під час різних методів обробки та зміцнення. Запропоновано комплексну технологію формування на поверхнях циліндричних деталей, яка включає в себе вібраційне обкатування з подальшим хромуванням.

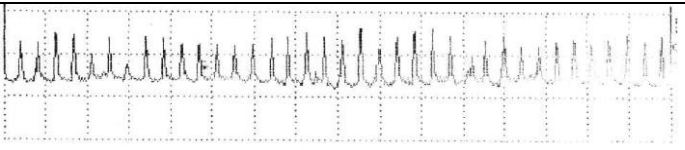
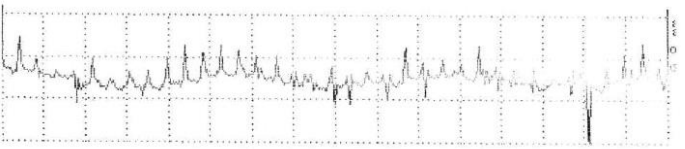
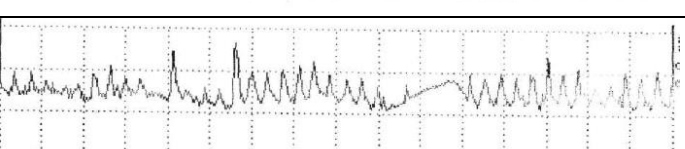
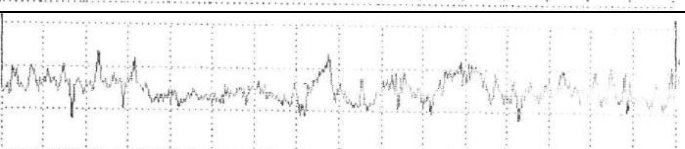
Якість поверхні характеризується фізико-механічними і геометричними властивостями поверхневого шару деталі. До фізико-механічних властивостей відносяться структура поверхневого шару, твердість, ступінь і глибина наклепу, залишкові напруги.

З геометричних властивостей найбільший вплив на точність обробки і експлуатаційні властивості деталей надає шорсткість поверхні.

Експериментальні дослідження шорсткості поверхні проводили на зразках зі сталі 45 після шліфування, вібраційного обкатування, хромування, а також після комплексної технології.

Профілограми з поверхні деталей і середнє арифметичне відхилення профілю R_a при зазначених вище методах обробки для сталі 45 наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Середнє арифметичне відхилення профілю та профілограми для сталі 45 за різними технологіями

№ з/п	Метод обробки	Середнє арифметичне відхилення профілю, R_a	Профілограми
1	Шліфування	0,16 – 3,2	
2	Хромування	0,32 – 2,5	
3	Вібраційне обкатування	0,32 – 2,5	
4	Вібраційне обкатування + хромування	0,16 – 1,6	

Геометричні параметри поверхні після вібраційного обкатування алмазним індентором майже не відрізнялись від геометричних параметрів поверхні після шліфування. Шорсткість поверхні після комплексної технології становить R_a 0,16–1,6 мкм.

У процесі експлуатації поверхні машин, які працюють за умов тертя, піддаються корозійному, тепловому, адгезійному впливу при цьому важливу роль відіграє структура й фізико-механічний комплекс властивостей тонкого приповерхневого шару матеріалу, від якого істотно залежить характер утворених структур за умов тертя, а також кінетика зношування.

Під дією зовнішнього впливу поверхневий шар деталей при зношуванні може зазнавати різноманітних змін, які зумовлені деформацією та підвищенням температури контакту. У процесі деформування матеріал зміцнюється і його твердість підвищується. З погляду експлуатації деталей більший інтерес викликає твердість поверхневого шару.

Умови випробовувань значно впливають на отримані результати. Тому необхідно було задати ці умови для того, щоб параметри фізико-механічних властивостей можна було порівняти та відтворювати їх надалі.

Дослідження фізико-механічних властивостей було виконано на трьох групах зразків: після вібраційної обробки, комплексної технології, гальванічного хромування.

Дослідження мікротвердості зразків наведено на рис. 1 – 3.

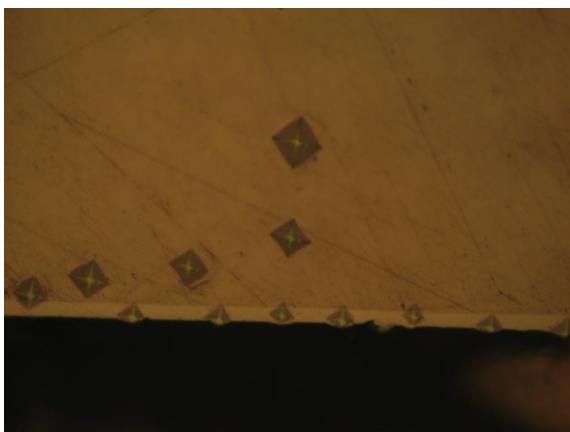


Рис. 1. Мікротвердість зразків зі сталі 45 після хромування при навантаженні 50 г, $\times 500$



Рис. 2. Мікротвердість зразків зі сталі 45 після вібраційного обкатування при навантаженні 50 г, $\times 500$



Рис. 3. Мікротвердість зразків зі сталі 45 після комплексної технології при навантаженні 50 г, $\times 500$

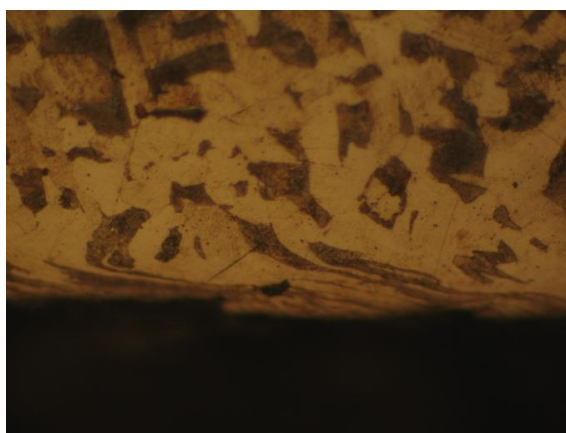


Рис. 4. Структура зразків зі сталі 45 після вібраційного обкатування $\times 500$

При дослідженні мікротвердості зразків, зокрема зі сталі 45, після застосування комплексної технології виявлено, що глибина зміцненого шару сталі 45, який складає 16,5 мкм, а мікротвердість була в межах 8410–9460 МПа.

Також були проведені дослідження мікротвердості зі сталей У10, 20Х, ХГС, 18ХГТ, 38ХМЮА і сталі 40. Проведені дослідження дозволяють зробити висновок, що при застосуванні вібраційного обкатування з подальшим хромуванням мікротвердість поверхні збільшується в 4–4,5 рази порівняно з основним металом і в 1,5 рази – у порівнянні з суто хромованою поверхнею.

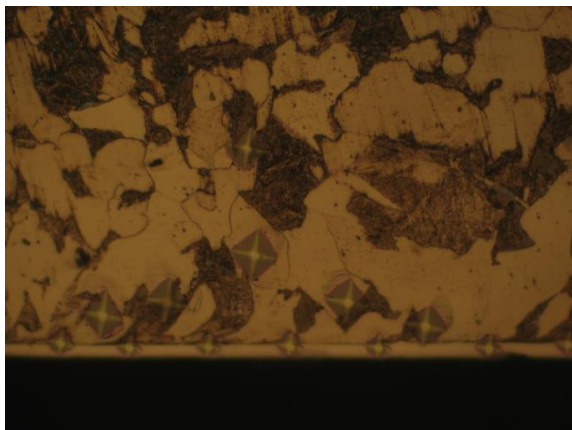


Рис. 5. Структура зразків зі сталі 45 після хромування $\times 500$ з відбитками твердості

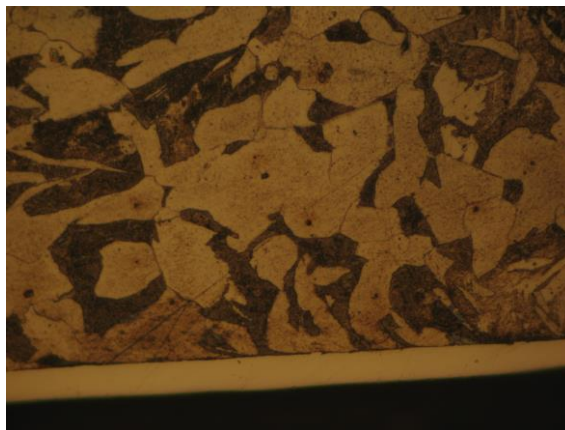


Рис. 6. Структура зразків зі сталі 45 після комплексної технології $\times 500$

Фізико-механічні властивості поверхневого шару характеризуються певною текстурою – орієнтацією деформованих зерен, зміною їхньої форми і розмірів, цілісністю матеріалу поверхневого шару, наявністю в ньому макро- і мікротріщин, структурними перетвореннями тощо.

Загальний вигляд структури наведено на рис. 4-6.

Структура металу, як видно з рис. 4-6, є ферито-перлітною, що характерно для якісної конструкційної сталі 45, і має чітко виражений поверхнево-текстурований шар.

Структура металу після комплексної технології на мікрофотографії (рис. 6) ілюструє щільне прилягання шару хрому до поверхні деталі після вібраційного обкатування, яке сприяє не тільки інтегральному зміцненню поверхні (разом з гальванічним покриттям), а й міцності зчеплення покриття з деталлю.

Металографічний аналіз травлених шліфів показав, що в поверхневому шарі після пластичного деформування маємо зони дрібнення кристалічної структури вихідного зерна (рис. 4 – 6). Малі пружнопластичні деформації розповсюджуються в глибину матеріалу. Деформації навіть дуже малої величини викликають зміни механічних властивостей матеріалу поверхневого шару навіть без зміни якісного складу структури, що являє собою ферито-перлітну структуру, а текстурованість поверхневих шарів, яка виникає під дією деформації, забезпечує зростання фізико-механічних властивостей поверхні за рахунок внутрішньозернового дислокаційного зміцнення.

У результаті пластичної деформації (наклепу) поверхневого шару його властивості змінюються, метал стає міцнішим, твердість його збільшується. Такі зміни фізико-механічних властивостей поверхневого шару мають значний вплив на зносостійкість і динамічну міцність циліндричних деталей поліграфічного обладнання.

Висновки. Аналізуючи вище викладене, можна зробити такі висновки:

1. Обробка та відновлення деталей методами зміцнення в поєднанні з нанесенням покриття хромом дає можливість досягти потрібної точності і якості деталей при високій продуктивності, що підвищує надійність і довговічність поліграфічних машин у процесі експлуатації.

2. Металографічні дослідження показали, що в поверхневому шарі є зони дрібнення кристалічної структури вихідного зерна, що забезпечує зростання фізико-механічних властивостей поверхні за рахунок внутрішньозернового дислокаційного зміцнення.

3. Дослідження якості поверхні на основі металографічного аналізу показало щільне прилягання шару хрому до поверхні деталі після вібраційного обкатування, яке сприяє не тільки інтегральному зміцненню поверхні (разом з гальванічним покриттям), але й міцності зчеплення покриття з деталлю, що також підтверджується дослідженням на зчеплення.

4. Дослідження мікротвердості показало, що максимальною вона є в приповерхневому шарі і в 4 – 4,5 рази більша порівняно з основним металом.

1. Віцюк Ю. Ю. Підвищення працездатності вузлів тертя поліграфічних машин / Ю. Ю. Віцюк, Т. А. Роїк, А. П. Гавриш, О. О. Мельник // Технологія і техніка друкарства / ВПІ НТУУ «КПІ». – 2010. – №2. – С. 4–9.
2. Гавриш А. П. Опыт разработки и внедрения прогрессивных высокопроизводительных отделочно-упрочняющих технологий / А. П. Гавриш, П. А. Киричок. – К. : Знання, 1989. – 16 с.
3. Киричок П. О. Технологічне забезпечення працездатності та надійності елементів та вузлів поліграфічних машин / П. О. Киричок // Технологія і техніка друкарства / ВПІ НТУУ «КПІ». – 2003. – № 1. – С. 71–79..
4. Маталін А. А. Технологические методы повышения долговечности деталей машин / А. А. Маталін. – К. : Техніка, 1971. – 144 с.
5. Несхозиєвський А. В. Розрахунок контактної площі деталей поліграфічного обладнання після нанесення мікрорельєфу / А. В. Несхозиєвський // Технологія і техніка друкарства / ВПІ НТУУ «КПІ». – 2011. – № 1. – С. 120–123.
6. Олійник В. Г. Алгоритм керування технологічним процесом оздоблювально-зміцнюючої обробки деталей поліграфічного обладнання / В. Г. Олійник // Технологія і техніка друкарства / ВПІ НТУУ «КПІ». – 2007. – № 1–2. – С. 188–195.
7. Киричок Т. Ю. Керування технологічними процесами оздоблювально-зміцнюючої обробки деталей поліграфічного обладнання / Т. Ю. Киричок, В. Г. Олійник // Технологія і техніка друкарства / ВПІ НТУУ «КПІ». – 2007. – № 3–4. – С. 74–80.
8. Папшев Д. Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием / Д.Д. Папшев. – М. : Машиностроение, 1978. – 152 с.
9. Хмілярчук О. І. Підвищення якості та експлуатаційних властивостей деталей технологічного обладнання / О. І. Хмілярчук // Технологія і техніка друкарства / ВПІ НТУУ «КПІ». – 2005. – № 1. – С. 73–77.
10. Шнейдер Ю. Г. Технология финишной обработки давлением : справочник / Ю. Г. Шнейдер. – СПб. : Политехника, 1998. – 414 с.

11. Несхозієвський А. В. Розробка технологічного процесу відновлення деталей поліграфічного обладнання / А. В. Несхозієвський // Технологія і техніка друкарства / ВПІ НТУУ «КПІ». – 2010. – № 4. – С. 122–126.
12. Дроздов Ю. Н., Усов С. В. Использование комбинированных технологических методов для повышения износостойкости деталей машин // Вестник машиностроения. – 1985. - №10. – с. 9-11.
13. Хмілярчук О. І. Комбіновані способи поверхневого пластичного деформування деталей поліграфічного обладнання // „Технологія і техніка друкарства”. – Київ: НТУУ „КПІ” ВПІ, 2006. – №3. – С. 74-80.
14. Клочков Д. П. Методика выбора рациональных режимов обработки деталей с целью повышения износостойкости поверхностей // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Полиматическая серия, 2010. – Вып.2 (12). – С. 1-3.
15. Зенкин Н. А. Методология выбора упрочняющих покрытий ответственных деталей машиностроения / Н. А. Зенкин, Е. О. Куроптева // Механіка та машинобудування. – 2002. – № 1. – С. 184–191.

Стаття надійшла до редакції 05.04.2013.