

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ І ЯКОСТІ ЦЕМЕНТОВАНИХ ПОВЕРХОНЬ СТАЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ ГЛИБОКИМ ОХОЛОДЖЕННЯМ

Ошовський Віктор Якович

к. т. н, доцент

Первомайська філія

Національного університету кораблебудування

Імені адмірала Макарова

м. Первомайськ, Україна

Вступ./Introduction. В машинобудуванні для крупних деталей машин, які працюють в умовах тертя та ударних навантажень використовують леговані сталі, які містять 0,12...0,25%С. Так сталь 18Х2Н4МА використовується для шестерен суднових редукторів, розподільчих валів та інших відповідальних деталей [1, 2]. Деталі з таких сталей повинні мати комплекс високих механічних і експлуатаційних властивостей - високі міцність, зносостійкість, тривалість збереження геометричних і механічних характеристик та ін.

Так, наприклад, шестірню масою 40 кг, яка призначена для передачі обертових моментів від колінчастого валу дизельного двигуна, виготовляють з легованої сталі 18Х2Н4МА за такою основною технологічною послідовністю: чорнова механічна обробка, цементація, гартування, низьке відпускання, чистова механічна обробка.

В цій технології деталі піддають цементації для насичення поверхневого шару зубчастих поверхонь вуглецем, що дає можливість гартуванням підвищити їх твердість і зносостійкість. Цементація вміст вуглецю в поверхневому шарі підвищує до 1,0...1,2%С.

Гартування цементованих деталей надає високу міцність і добру в'язкість серцевини та підвищує твердість поверхневого шару. Крупні деталі з легованих сталей при гартуванні охолоджують до кімнатної температури потім відпускають.

Метою гартування для отримання найвищої твердості зубчастих поверхонь є структурне перетворення аустеніту нагрітої сталі в мартенсит. Аустеніт - твердий розчин вуглецю та легуючих елементів в γ -Fe нагрітої сталі, а мартенсит пересичений твердий розчин цих елементів в α -Fe. Але таке повне перетворення при охолодженні в процесі гартування до кімнатної температури можливе при вмісті до 0,5%С.

При вмісті 1,0...1,2%С в поверхневому шарі зубців температура кінця мартенситного перетворення значно нижче температури навколишнього середовища. При охолодженні до кімнатної температури в структурі залишається близько половини аустеніту, який є нестабільною структурною складовою, що не дає можливості отримати максимальну зносостійкість і якість поверхонь зубів цементованих шестерен [2].

Мета работы./Aim. Аналіз впливу глибокого охолодження після гартування на підвищення зносостійкості зубців цементованої деталі «Шестірня» з конструкційної сталі 18Х2Н4МА та їх геометричної якості протягом експлуатації.

Матеріали і методи./ Materials and methods. Деталь «Шестірня» працює в умовах тертя та змінних навантажень на зубці. При цьому зубці повинні мати не тільки достатню ударну в'язкість і високу міцність в осередку, а й високу твердість і зносостійкість поверхонь та стабільність геометричних характеристик в процесі тривалої експлуатації.

Цементуюча хромонікелева конструкційна сталь 18Х2Н4МА має такий склад: 0,14...0,20 %С; 1,35...1,65 %Cr; 4,0...4,4 %Ni; 0,30...0,40 %Mo (ГОСТ 4543-71). Нікель і хром забезпечують високу прогартовуваність та міцність сталі а також добру ударну в'язкість. Ця сталь призначена для крупних деталей відповідального призначення (зубчасті колеса, шестірні, вал-шестірні, ролики, поршневі пальці та інші), при вимогах високої міцності і в'язкості серцевини та поверхневої твердості і зносостійкості.

Звичайна термообробка сталі 18Х2Н4МА: цементация при 920...950°C з охолодженням на повітрі, двократне гартування від 950°C і від 860°C з охолодженням на повітрі та відпускання при 170°C [2, 3].

Мікроструктура поверхневого шару деталі після такої термообробки складається з голчастого мартенситу та залишкового аустеніту в кількості до 60% (рис. 1). Твердість поверхневого шару невисока і складає 45...52HRC [2]. В серцевині деталі з-за малого вмісту вуглецю кількість залишкового аустеніту незначна.



Рис. 1. Мікроструктура сталі 12Х2Н4А після гартування: темні голки – голчастий мартенсит; світлі ділянки – залишковий аустеніт

Залишковий аустеніт не дає можливості отримати твердість поверхневого шару не менше 60HRC. Його присутність пояснюється тим, що температура завершення перетворення аустеніту в мартенсит знаходиться близько до мінус 75...120°C. Тому доцільно після гартування охолоджувати деталі до температур глибокого охолодження.

Доцільність обробки холодом деталей із загартованих сталей з вмістом більше 0,6% С визначається також наступним [3].

Продовження перетворення аустеніту в мартенсит при коливанні температур буде збільшувати об'єм в поверхневому шарі, утворювати в ньому внутрішні напруження.

Залишковий аустеніт в структурі сталі знижує твердість, міцність, теплопровідність і магнітні характеристики.

Утворення внутрішніх напружень при перетворенні залишкового аустеніту в мартенсит в необробленої холодною сталі протягом часу призводить до мимовільної зміни розмірів і форми деталей.

Процес аустенітно-мартенситного перетворення в природних умовах швидшає при коливаннях зовнішньої температури і може служити причиною заїдань або заклинювань в механізмах машин при експлуатації.

Відпускання загартованої сталі, яке звичайно виконують для зменшення кількості залишкового аустеніту супроводжується пониженням міцності, твердості та зносостійкості.

Тому найбільш раціональний метод зменшення залишкового аустеніту в загартованих сталях - глибоке охолодження після гартування. При використанні цього методу міцність і зносостійкість сталей зростають. [3, 4, 5, 6].

Дослідження показують, що цементовані деталі достатньо охолоджувати до температур $-75...-85^{\circ}\text{C}$. При цьому твердість можна підвищити до $60...64\text{HRC}$, а в деяких випадках до максимального для сталі значення 67HRC при підвищенні зносостійкості в 4 рази [2].

Можна відзначити деякі наступні особливості аустенітно-мартенситного перетворення в технології глибокого охолодження [3].

Видержка загартованої сталі при кімнатній температурі веде до стабілізації залишкового аустеніту. При подальшому охолодженні перетворення аустеніту починається не відразу, а після переохолодження на декілька десятків градусів.

Цей гістерезис тим більше, чим довша витримка при кімнатній температурі. Стабілізація аустеніту після витримки при кімнатній температурі не тільки викликає гістерезис, але і зменшує ефект аустенітно-мартенситного перетворення при охолодженні до температури нижче нуля.

Вуглець і легуючі елементи в сталі (окрім кобальту) знижують температури початку і кінця аустенітно-мартенситного перетворення [1].

Чим більше вуглецю і легуючих елементів у сталі, тим більша кількість залишкового аустеніту в загартованій сталі і тим нижча температура початку і кінця аустенітно-мартенситного перетворення.

На кількість залишкового аустеніту значно впливає також швидкість охолодження стали у зоні аустенітно-мартенситного перетворення. Із зменшенням швидкості кількість залишкового аустеніту збільшується [7].

В деталях оброблених холодом при шліфуванні повністю усувається можливість появи тріщин, що знижує вартість продукції на 50%.

Обробка холодом після гартування - ефективний засіб стабілізації розмірів деталей які виготовляються з цементованої легованої сталі.

Використання природного старіння для зменшення кількості аустеніту - дуже затяжний метод, не вигідний з економічної точки зору. В той же час, за даними [7], загальна тривалість обробки деталей для стабілізації розмірів глибоким холодом складає 20 хвилин.

Результати і обговорення./Results and discussion. Розглянуті особливості впливу низьких температур на механічні властивості сталейних деталей, а також досвід роботи багатьох підприємств дозволяють висновок про доцільність застосування обробки холодом:

- для підвищення зносостійкості інструменту та цементованих деталей;
- для підвищення твердості і зносостійкості контрольно-вимірювальних інструментів, штамів і пресформ, виготовлених з високовуглецевих і легованих конструкційних сталей; для підвищення твердості нержавіючих сталей з підвищеним вмістом вуглецю; для поліпшення якості поверхні сталейних деталей, що піддаються поліруванню або доведенню (наявність на поверхнях цих деталей м'яких аустенітних ділянок перешкоджає отриманню однорідної дзеркальної поверхні);
- для попередження утворення тріщин на поверхнях деталей після шліфування.

Застосування охолодження у ряді випадків сприяє кращому протіканню технологічних процесів обробки деталі в цілому.

Наприклад, для запобігання викривленню деталей складної форми використовують сповільнене охолодження гартованих деталей в мартенситному інтервалі температур, а зміст залишкового аустеніту знижують подальшим охолодженням.

Застосування охолодження сталей, що містять більше 0,6%С підвищує твердість сталі, а також призводить до скорочення тривалості виробничого циклу термічної обробки деталей і зменшення витрат електроенергії за рахунок зменшення кількості і тривалості операцій відпускання, старіння і т.п.

Висновки./Conclusions. Обробка деталі «Шестірня» з хромонікелевої сталі 12Х2Н4А після цементації і гартування глибоким охолодженням доцільна і надає такі особливості властивостей матеріалу деталі в поверхневому шарі:

- зменшує кількість залишкового аустеніту в мікроструктурі, що сприяє завершенню гартування;
- усуває можливість появи тріщин, внаслідок чого вартість продукції знижується на 50%;
- стабілізує розміри деталей протягом експлуатації;
- підвищує твердість і зносостійкість поверхонь деталі;
- сприяє утворенню однорідної за мікроструктурою поверхні, що підвищує якість поверхонь, оброблених поліруванням;
- скорочує тривалість виробничого циклу термічної обробки деталей і зменшує витрати електроенергії за рахунок зменшення кількості і тривалості операцій відпускання, старіння і т.п.

Таким чином обробкою глибоким охолодженням цементованих загартованих деталей з конструкційних хромонікелевих сталей можна значно підвищити зносостійкість, геометричну якість деталей та зменшити витрати на їх виготовлення, що підвищить ефективність технологій їх обробки в машинобудуванні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гуляев А.П. Металловедение. – М.: Металлургия, 1978. – 648 с.
2. Сидорин И.И. Основы материаловедения. – М.: Машиностроение, 1976. – 436 с.
3. Холод в машиностроении / А.П. Клименко, Н.В. Новиков, Б.Л. Смоленский, В.И. Могильный, В.И.Климентьев, М.А. Рохленко. Под ред. докт. техн. наук А.П. Клименко. – М.: Машиностроение, 1977. – 192 с.
4. Петросян П.П. Термическая обработка стали холодом. – М.-К.: Машгиз, 1957. – 123 с.
5. Ле Тхань Бинь, Болобов В.И., Юсупов Г.А., Мосеев М.П. Обработка холодом как способ повышения износостойкости материала бурового инструмента // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 11. С. 108–114.
6. Кокорин Н.А. Краткий справочник материалов воспринимающих криогенное воздействие. – Ижевск: 000 «НПЦ КриоТехресурс», 2015. – 38с.
7. Куруклис Г.Л. Обработка стали холодом.– М.: Машгиз, 1948.– 56с.