

Предварителни експерименти за навъглеродяване с пулсиращ тлеещ разряд и закаляване с газ при повишено налягане във вакуумна пещ

Юлия Йорданова

To conduct the processes carburizing in terms of pulsed glowing discharge and gas quenching under high pressure, an existing vacuum furnaces are adapted. Sample bodies are produced from tool steel. A series of experiments for ion carburizing with pulsed plazma with different parametres of the process are conducted. The determined carburized profile is quenched with nitrogen gas under increased pressure. An analysis of the obtained results is made. The results of the preliminary experiments serve as basis for automated control of universal vacuum furnace for ion chemical thermal treatment and accelerated gas cooling.

Key words: vacuum furnace, gas quenching, ion carburizing

ВЪВЕДЕНИЕ

Химико-термичното обработване има за цел да извършва дифузионно обогатяване на повърхностните слоеве с нови елементи, които променят състава на структурата, а от там и свойствата на работните повърхнини на детайлите. За нисковъглеродни стомани, работещи на контактено износване и знакопроменливо натоварване се препоръчва насищане на повърхностните слоеве с въглерод до концентрация 0,8 - 1,2%. Навъглеродените детайли след последващо закаляване и нискотемпературно отвъръщане притежават висока жилавост в сърцевината, голяма твърдост и износоустойчивост на повърхността.

Перспективни методи за обработване повърхността на стоманите са йонно-плазмените технологии за навъглеродяване в условията на пулсиращ тлеещ разряд. Предимствата се състоят в следното:

- възможност за управление на насищането с помощта на параметрите на тлеещия разряд и състава на газовата смес;
- съкращаване на продължителността на процеса с 2-3 пъти в сравнение с конвенционалната газова цементация;
- намаляване разхода на навъглеродяващ газ повече от 10 пъти. Не се формират сажди, не се наблюдава вътрешно окисление;
- предотвратяване поява на „дъги“, които влошават качеството на повърхността на обработваните изделия.

ЦЕЛ

Навъглеродяване в условията на пулсиращ тлеещ разряд на стомани и провеждане на допълнително термично обработване на навъглеродените образци с оглед получените резултати да послужат като база за проектиране на универсална вакуумна пещ.

За изпълнение на целта са формулирани следните задачи:

- навъглеродяване на образци в условията на пулсиращ тлеещ разряд при различни параметри;
- отгряване на навъглеродените образци;
- закаляване на навъглеродените и отгрити образци чрез ускорено охлаждане с газ.

МЕТОДИКА НА ЕКСПЕРИМЕНТА И ИЗСЛЕДВАНЕТО

За нуждите на изследователската дейност са изработени пробни тела от стомана 18ХГТ с размери \varnothing 40 мм и височина 150 мм.

За провеждане на процесите навъглеродяване в условията на пулсиращ тлеещ разряд са адаптирани съществуващи вакуумни пещи [4]. Дейностите по адаптиране на вакуумните пещи и провеждане на предварителни технологични изпитания са осъществени в Техноваксистем ООД, гр. Русе.

Условията на режимите са представени в Таблица 1. Експериментите са проведени при едни и същи съотношения на работните газове, налягане на навъглеродяващата атмосфера, честота на прекъсванията на пулсиращ тлеещ разряд, време за навъглеродяване.

Като навъглеродяващ газ се използва аргон/метан в съотношение 90/10. При температури над 700 °С метанът се разлага по реакцията: $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2$, а ненаситените въглеродороди при същите температури и наличие на водород се разлагат до метан. При разлагане на ненаситени въглеродороди се образува голямо количество плътни смолисти сажди. Това е свързано със забавяне на процеса на насищане и с появяване на късо съединение между катода, анода и токопроводите на нагревателя. Наличието на аргон в атмосферата при провеждане на процеса йонно навъглеродяване води до повишаване плътността на тока, респ. стабилизиране на плазмата [6], [7].

Навъглеродяването на пробните тела се провежда при различни температури с цел да се установи скоростта на дифузия на въглерода при навъглеродяване в условията на пулсиращ тлеещ разряд. Навъглеродените пробни тела се отгряват, за да се намали повърхностната концентрация на въглерод. Необходимото време за отгряване с цел намаляване на повърхностната концентрация от 1,4% до 1% е пресметнато по определена методика [5]. Теоретично определеното време е използвано при реално отгряване на пробно тяло.

Направени са металографски шлифове. Установено е разпределението на въглерода, след бавно, близко до равновесното, охлаждане на пробните тела.

Посредством металографски микроскоп MMP-2P са наблюдавани получените микроструктури на повърхността и са измерени дебелините на навъглеродените слоеве. За разпределението на въглерода се съди по разпределението на фазите ферит и цементит и по разпределението на сравнително равновесните зони със структурите перлит и цементит, перлит, перлит и ферит.

На закаляване с газ са подложени йонно навъглеродени и отгряти до допустимите повърхностни концентрации на въглерод пробни тела от стомана 18ХГТ. Закаляването е проведено от температури на навъглеродяване (експеримент № 3) и от оптималната температура закаляване на евтектоидни и надевтектоидни стомани (експерименти № 1 и 2) при различно разпределение на насищащия елемент. Условията на експеримента са представени в Таблица 1.

За осъществяване на ускорено газово охлаждане е използван газ азот, предвид комплексните положителни качества, които притежава – сравнително висока охлаждаща способност, ниска цена, безопасност при работа, инертен към повърхността на обработваните стоманени изделия

Закаляването се осъществява в съществуваща вакуумна пещ за закаляване с газ на фирмата Brown Boveri.

РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ

Получените резултати за повърхностните концентрации и ефективните дебелини на навъглеродените слоеве чрез определяне на теоретичния и емпиричния въглеродни профили след отгряване са сходни, и следователно, теоретичното време за отгряване е правилно определено.

Даден въглероден профил с повърхностна концентрация в интервала 0,8-1,1% може да се получи или чрез обработване на изделията с максимален въглероден

потенциал (за температурата на навъглеродяване), съчетано с последващо отгръване, или чрез използване на въглероден потенциал в интервала 0,8-1,1%.

След анализиране на получените резултати се установи, че посредством двукратната обработка на стоманите (навъглеродяване и отгръване) се увеличава производителността на процеса и се реализира значителна икономия на навъглеродяващ газ. Въглеродният потенциал при йонно навъглеродяване се управлява чрез мощността на тлеещия разряд в дадена област от наляганя, което осигурява възможност при определени условия за сравнително кратко време (от 5 до 15 мин) да се навъглероди повърхността на стоманата до получаване на ефективна дълбочина на слоя от 0,8 до 1,4 mm при последващо отгръване. Не се наблюдава наличие на късо съединение.

При условия еднакви с теоретичните, проведеното отгръване на навъглеродения слой доказва чрез получените резултати, че подходът при решаване на задачата е правилен и може да се използва успешно при автоматизираното управление на технологическия процес.

На закаляване с газ са подложени предварително йонно навъглеродени пробни тела и отгreti до повърхностна концентрация 0,8 до 1,1%.

Съгласно [2] по-голямо влияние при закаляване с газ върху скоростта на охлаждане има скоростта на протичане на газа, а не повишаване на налягането. Установено е, че при повишаване скоростта на протичане на азота от 5 до 25 m/s скоростта на охлаждане се увеличава три пъти, а при повишаване на налягането от 1 до 2 bar охлаждащата способност се увеличава с 15%. Влиянието на налягането между 1 bar и 3 bar върху скоростта на охлаждане е значително по-голямо отколкото налягането между 3 bar и 5 bar [2].

В конкретната работа, след провеждане на предварителни експерименти при различни наляганя на охлаждащия газ, е установено, че критичната скорост на закаляване се постига след охлаждане на изделията при налягане 3 bar. Експериментите за закаляване след йонно навъглеродяване, представени в табл. 1, са проведени при налягане на охлаждащия газ 3 bar. За осигуряване на скорост на охлаждащия газ по-висока от критичната, към системата за ускорено охлаждане е включен центробежен вентилатор с мощност на двигателя до 20 kW и 2800 оборота/минута.

Най-висока износостойчивост се постига при концентрация на въглерод 1,2%, но при това се намалява съпротивлението на умора и якостта на слоя. Затова много автори препоръчват оптимална концентрация на въглерод от 0,8 - 0,9% [3]. В тази връзка важни условия за удовлетворяване изискванията, предявявани към изделията след окончателното термично обработване са плавното разпределение на въглерода в дифузионния слой и непревишаването на повърхностната концентрация над 0,8-0,9% С.

Разпределението на въглерода е продиктувано от съображението за по-голямо съответствие на изграждащите структури след охлаждане между дифузионния слой и сърцевината. Това от своя страна води до намаляване на напреженията в слоя и удължаване живота на изделието. Плавно разпределени дифузионни слоеве се получават обикновено при обработване на стоманите при високи температури. Ако в тези случаи не са осигурени възможности за контролиране на процеса, съществува опасност за пресищане на повърхността над интервала 0,8-1,2%С.

При закаляване от температурите на навъглеродяване (експеримент № 3, таблица 1), когато е използван висок въглероден потенциал, в повърхностните слоеве на дифузионната зона се получава мартензит и значително количество остатъчен аустенит, който може да компрометира процеса на навъглеродяване, тъй като се понижава рязко твърдостта. При обработване от оптималната температура на закаляване за надвектоидни стомани за преситените с въглерод участъци от дифузионната зона се получава мартензит и голямо количество карбиди, които предизвикват повишена крехкост в слоя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Емпиричните резултати от проведените предварителни изпитания в голяма степен кореспондират с теоретичните [1], [2]. Особено полезни за практиката са резултатите, получени при експеримент № 2. В тази връзка условията и последователността на провеждане на експеримент № 2 /Таблица 1/ са база за съставяне на алгоритъм за автоматизирано управление на универсална вакуумна пещ за йонна химико-термична обработка с пулсиращ тлеещ разряд и ускорено газово охлаждане. Автоматизираното управление гарантира повторимост на резултатите и високо качество на обработваните изделия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гуляев, А. П., Металловедение. Металлургия, М., 1986
- [2] Люты, В., Закалочные среды, Челябинск «Металлургия», Челябинское отделение, 1990
- [3] Мичев, В. С. и др. Химико-термично обработване на стомани, ДИ "Техника", С., 1981
- [4] Йорданова Ю., Тр. Трифонов, „Конструкция на вакуумна пещ и технологични решения за повърхностно и обемно обработване на стомани», Научни трудове на Русенския университет – 2010, том 49, серия 4
- [5] Трифонов, Д. И. "Йонно навъглеродяване във вакуумна пещ" /дисертация/, ВТУ „Ангел Кънчев", Русе, 1988
- [6] The Linde group, "Low pressure carburising and high pressure gas quenching", Furnace Atmospheres No. 6, p. 7
- [7] www.comsol.nl/conference2011/usa/abstract/id/11236/tong_abstract.pdf

За контакти:

1. инж. Юлия Йорданова, тел. 0877 775 196, e-mail: yyordanova@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран