



IMPROVEMENT OF WEAR RESISTANCE OF CONIC GEARS WITH THERMAL AND CHEMICAL – THERMAL TREATMENT

УЛУЧШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ КОНУСНЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ С ПОМОЩЬЮ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО – ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Assoc.Prof. Dr. Eng. Mitev I.
TU – Gabrovo, Bulgaria
imitev @ tugab.bg

Abstract: A regime for thermal and chemical – thermal treatment of conic gears from steels 41CrAlMo7 and 20MnCr5 has been offered. The phase composition of the working surface after ionic nitrogen casehardening.

The elaboration work studies the wear resistance of this type of materials in the process of friction after chemical – thermal and thermal treatment with during 5, 10 and 15 hours at 500 ÷ 560°C.

It presents graphic relations that show the changes of microhardness along the cross – section of models tested, well as such ones that show their resistance in the process of dry friction depending on their density and the type of their chemical – thermal and thermal coating.

Key words: chemical – thermal, wear resistance, conic gears, ionic nitrogen

1 Введение

В последние годы непрерывно увеличивается совмещение технологических процессов при обработке конструкционных деталей в целях экономии труда, электро энергии и снижения себестоимости конечного продукта. Одним из направлений совмещения технологических операций является диффузионное обогащение конструкционных деталей в сочетании с их термической обработкой.

Это окончательные операции, от которых в большой степени зависит окончательный комплекс механических характеристик изделия [8].

Конусные зубчатые передачи используются для изменения направления передающего вращающего момента. Во многих случаях они подложены на высокие динамические нагрузки, которые со своей стороны приводят к более интенсивному изнашиванию их поверхности.

Износостойкость является важнейшим показателем конструкционных материалов. Она в решающей мере определяет срок службы деталей. Характер изнашивания их рабочих поверхностей зависит в основном от скорости относительного перемещения материала, контактного давления и температурных условий работы поверхностного слоя [4, 5].

Сложные и напряженные условия работы конструкционных деталей обуславливают развитие в их поверхностных слоях различных по характеру разрушающих процессов. Тем не менее для каждого конкретного вида деталей, всегда выделяются один из них, который оказывает решающее воздействие на их износостойкость [2, 6].

В этой связи целью настоящего исследования является исследование влияния термической и химико – термической обработки на износостойкость конусных зубчатых колес, изготовленных из сталей 41CrAlMo7 и 20MnCr5.

2.Решение рассматриваемой проблемы

Исследовались зубчатые колеса с $z=28$, со средним нормальным модулем - $m_0 = 2,5$, с углом профиля $\alpha = 20^\circ$ и коэффициентом коррекции $\epsilon = 0,06$.

По заданию степень точности при изготовлении $e - 7$, а степень объединения – С.

Стандарт, на который должны отвечать колеса, определяет комплекс показателей кинематической точности, плав-

ность работы, контакт между зубцами и т.д. Такие показатели в данном случае следующие: радиальное биение зубчатого венца – F_{rg} и ошибка откатки - F_{gr} – для кинематической точности колеса, отклонение шага - f_{pr} и ошибка откатки и чистота зацепления - f_{cr} – для плавности работы и отклонения относительных размеров на суммарное контактное пятно - F_{shr} – для контакта между зубцами.

Все упомянутые до сих пор показатели находятся в прямой зависимости от поверхности зубного профиля и в частности от его гладкости.

Рассматриваемые нами конусные зубчатые колеса предназначены для работы при повышенных скоростях и умеренных мощностях. Предусмотрено, что бы их периферная скорость была порядка - 10m/s. Для обеспечения их нормальной работы необходимо, чтобы их контактная поверхность была с шероховатостью - $Ra 0,63 \div 1,25$. Эта шероховатость кроме как с чистом фрезованием может быть достигнута и с помощью химико – термической обработки с последующим шлифованием контактных поверхностей.

Эти зубчатые колеса были предназначены для работы при высоких динамических нагрузках и усталости и были подложены на интенсивное изнашивание в месте контакта, а также была предусмотрена возможность их работы как в нормальных, так и в коррозионно активных средах. При всем этом должно было соблюдаться требование минимальных деформаций. В таких условиях азотирование является самым подходящим видом химико – термической обработки в большой степени гарантирующей выполнение этих требований.

В результате азотирования поверхность исследуемых зубчатых колес может приобрести ряд важных технологических свойств:

- высокая твердость, которая достигается при медленном охлаждении после насыщения;
- большие остаточные напряжения в поверхностном слое, повышающие сопротивление усталости и понижающие чувствительность сталей к концентраторам напряжения;
- высокая износостойкость;
- минимальная склонность к задиру;
- повышенная коррозионная устойчивость;
- хорошая шлифуемость и полируемость;

К недостаткам процесса можно отнести его сравнительно большую продолжительность.

Для отстранения этого недостатка мы проводили режим насыщения по методу азотирования в тлеющем разряде. В результате чего были достигнуты следующие преимущества [1]:

- сократилась продолжительность насыщения ;
- отпала необходимость использования печи для нагревания деталей ;
- полученный диффузионный слой был со значительно меньшей хрупкостью;
- на деталях, которые имели более сложную конфигурацию получался равномерный по толщине диффузионный слой;
- сохранялась высокая точность изготовления колес и гарантировалась минимальная неравномерность при распределении контактных нагрузок по ширине зубцов;
- сводились до минимума деформации и отклонения от профиля зубцов, которые были неизбежны при цементации и закалке с ТВЧ.;

-отсутствовала хрупкая двухфазная нитридная зона – ($\gamma' + \epsilon$), характерная для классического газового азотирования в печи;

Так как одна из исследуемых нами сталей содержит алюминий, для ускорения процесса насыщения диффузионного обогащения осуществлялся ступенчатый режим нагревания.

-I этап – 500÷520°C;

-II этап – 550÷560°C;

При этом время температурная кривая процесса термической и химико – термической обработки имеет вид, показанный на рис.1.

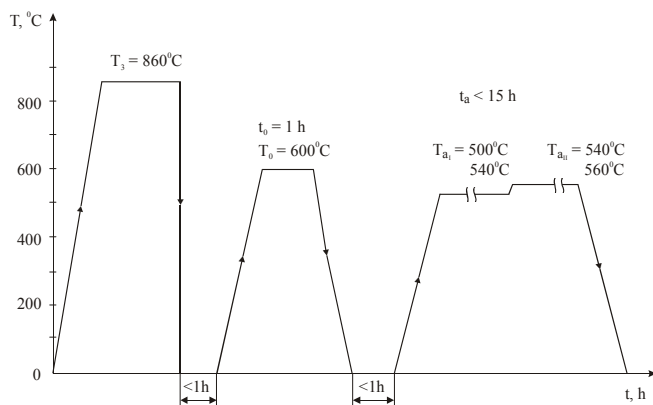


Рис.1 Время – температурная кривая технологического процесса термической и химико – термической обработки конусных зубчатых колес сталей 41CrAlMo7 и 20MnCr5

Насыщения железных сплавов азотом изменяет состояние их структуры и больше всего статическую и динамическую прочность, износостойкость, деформируемость и антикоррозионные свойства деталей. Так как температура обработки не превышает 600°C, то в данном случае структурные превращения подобны на те, которые протекают в результате аустенизации, при закалке не происходят. Это позволяет проводить охлаждение с произвольной скоростью без риска возникновения мартенсита. По этой причине в отличие от закалки деформации и искривления почти незначительны. Это позволяет упростить последующие виды обработки или вообще избежать их.

Формированный по поверхности деталей диффузионный слой находится в прямой зависимости от концентрации азота.

У исследованных образцов фазовый состав диффузионного слоя определялся с помощью рентгеноструктурного анализа азотированных образцов двух групп сталей. Анализ проводился на рентгеновом дифрактометре “Дрон - 2,0” в излучении железного анода с длиной волн 1,93728А, U = 30kV и I = 14 mA. Результаты исследований показаны на рис.2.

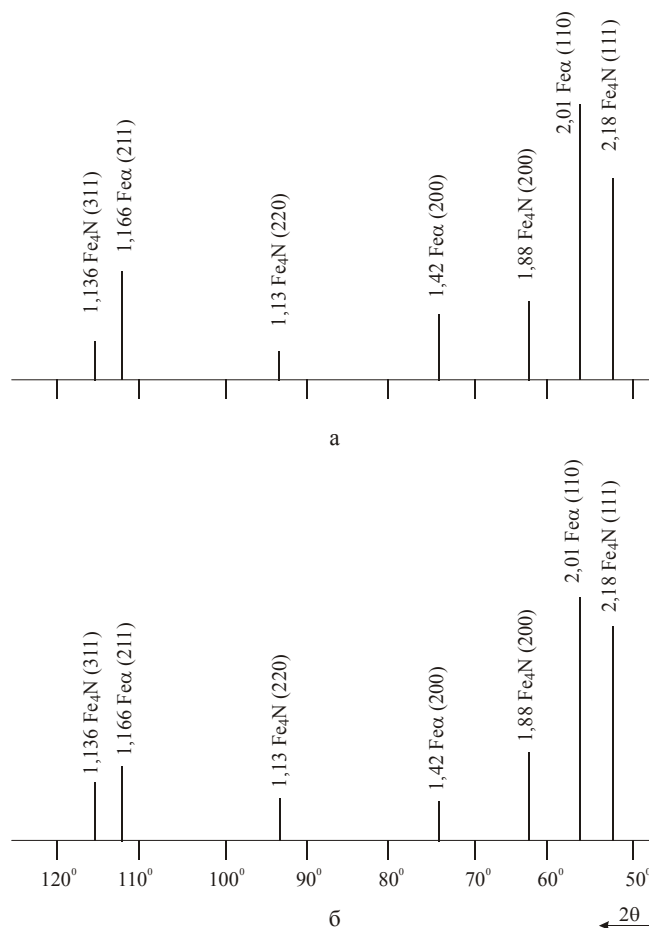


Рис.2 Штрих – диаграммы рентгенограмм после ионного азотирования образцов из сталей 20MnCr5 – а и 41CrAlMo7 – б

Из полученных результатов видно, что после насыщения на образцах обоих видов стали диффузионные слои построены в основном из γ' нитрид – Fe₄N.

В результате на образованных нитридах по поверхности образцов нарастает существенно их микротвердость – рис.3. Более высокие значения микротвердости получаются в диффузионном слое, сформированном на образцах из стали 41CrAlMo7, можно объяснить образованием γ' - нитридной фазы типа (FeAl)₄N, которая располагается в виде пластин по поверхности сдвига и границы зерен находятся на значительной глубине в диффузионном слое и обладают значительной твердостью. Более слабо выраженные интерференционные максимумы нитридных фаз у образцов стали 20MnCr5, доказывают, что для рассматриваемого технологического режима насыщения сталь 41CrAlMo7 более подходящая для азотирования. Кроме того при нагревании до температуры азотирования она сохраняет более высокую объемную твердость, которая в конкретном случае является хорошей прогнози деталей и предохраняет твердый нитридный слой от растрескивания в процессе его последующей эксплуатации .

При исследовании износостойкости упрочненных образцов была использована установка, разработанная в лаборатории для исследования металлов – ПНИЛ при БАН. При этом в качестве критерия изнашивания был использован коэффициент “n”, который определялся по формуле – 1[6].

$$n = P/(S.t) \quad \text{г/м}^2 \cdot \text{h} \quad (1)$$

где: P – потеря веса за время - г;

t - время износа - h;

S - поверхность износа - м².

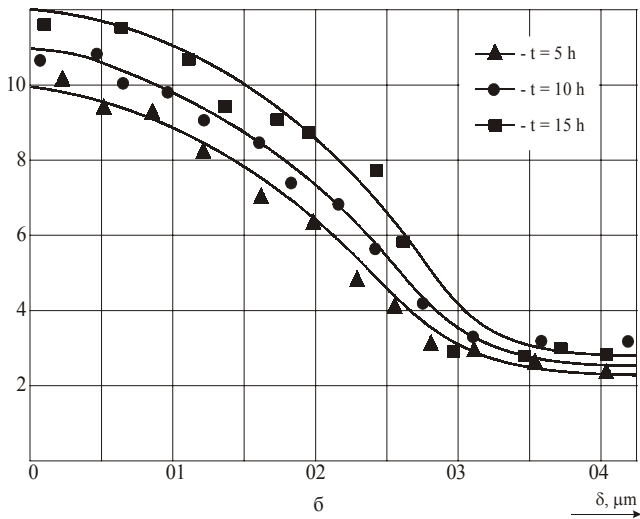
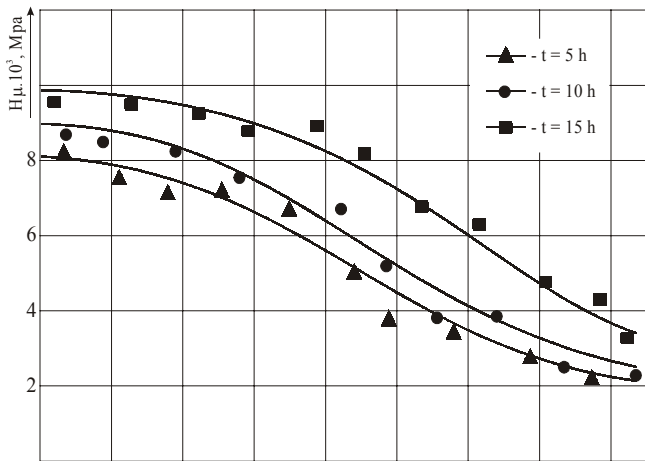


Рис.3 Разпределение на микротвердости по поперечному сечению диффузионного слоя после азотирования с различной продолжительностью образцов из стали 20MnCr5 - а и 41CrAlMo7 - б

Известно, что при изнашивании протекают процессы среза микрообъемов с поверхности материала. Некоторые авторы твердят, что понижение износостойкости происходит в результате пониженной твердости трущихся поверхности [2]. Другие исследователи [3, 7] доказывают, что твердость трущихся поверхностей не предопределяет степень изнашивания и, что она зависит от структурно – энергетического состояния поверхности до и после диффузионного обогащения.

Из рис.1 видно, что все исследуемые конусные зубчатые колеса были подложены улучшению посредством закалки и высоко температурному отпуску. Чтобы установить влияние процесса ионного азотирования на износостойкость исследуемых деталей параллельно с азотированными были исследованы и только улучшенные зубчатые колеса.

Графическая интерпретация полученных при исследованиях результатов в координатах изменения массы, приведенной к единице площади и продолжительности изнашивания показана на рис. 4 и 5

Из рис.4 видно, что азотированные детали обладают в 3 ÷ 5 раз большей износостойкостью по сравнению с неазотированными.

Параллельно с этим на рис.5 наблюдается тенденция уменьшения износостойкости с увеличением продолжительности насыщения. Это может быть объяснено наличием в диффузионном слое большого количества нитридных отделий, которые придают слою большую хрупкость (ломкость).

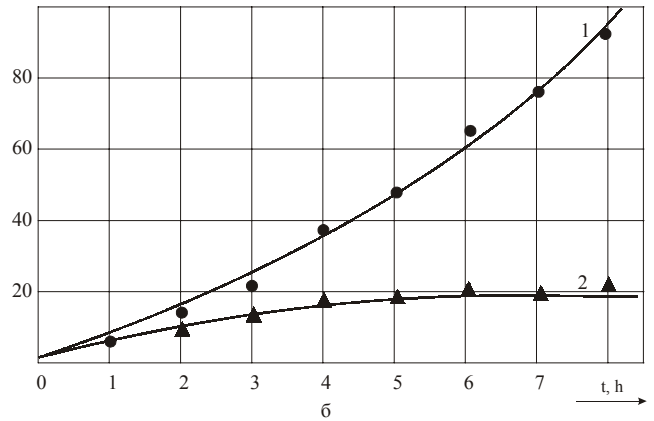
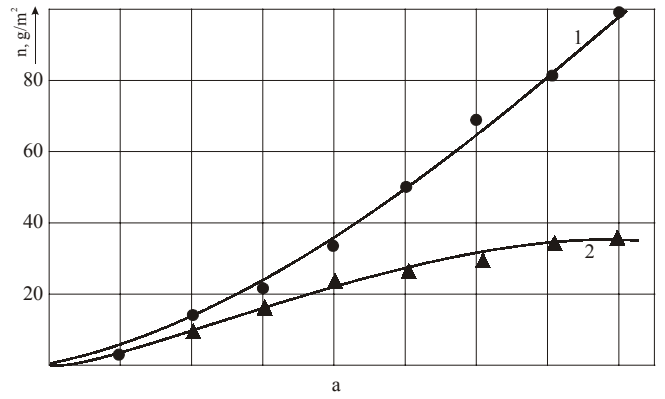


Рис.4 Износостойкость улучшенных – 1 и азотированных – 2 образцов в течение 10h сталей 20MnCr5 – а и 41CrAlMo7 - б.

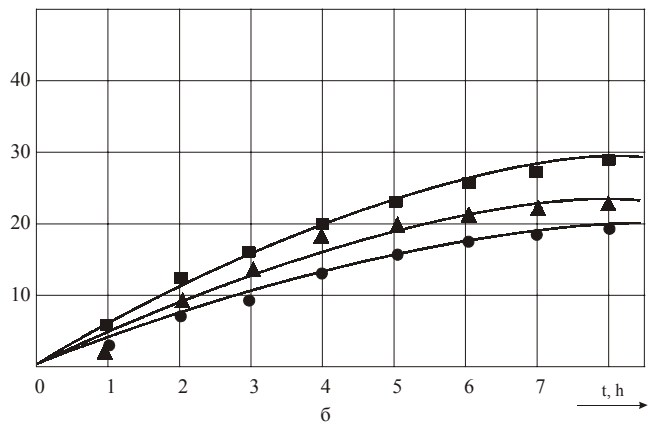
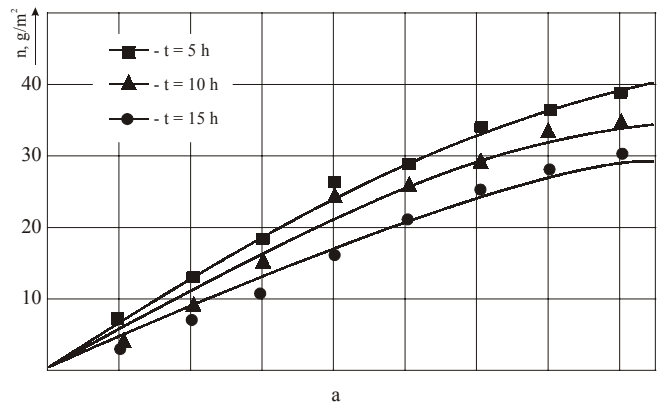


Рис.5 Износостойкость азотированных детали из сталей 20MnCr5 - а и 41CrAlMo7 - б с различной продолжительностью насыщения.

3 Выводы

Из проведенных исследований и полученных при этом результатов можно сформировать следующие более важные выводы:

- Был разработан режим термической и химикотермической обработки конусных зубчатых колес из сталей 20MnCr5 и 41CrAlMo7. Режим считает термическую обработку улучшением с двухступенным ионным азотированием при температурах $500 \div 560^\circ\text{C}$.

- Был исследован фазовый состав сформированных при этом диффузионных слоев и было констатировано, что они построены из α и γ' фаз.

- Исследование микротвердости по поперечному сечению сформированных диффузионных слоев показывает, что она изменяется в границах от 8500 до 10500 МПа, при этом более высокие результаты учитываются у образцов стали 41CrAlMo7.

- Более высокие значения микротвердости у образцов стали 41CrAlMo7 объясняются наличием сформированного легирующего нитрида типа $(\text{Fe,Al})_4\text{N}$.

- После азотирования износостойкость конусных зубчатых колес повышалась в пять раз для тех, которые были изготовлены из стали 41CrAlMo7 и в 3 \div 3,5 раз для изготовленных из стали 20MnCr.

- Увеличение продолжительности азотирования приводит к повышению микротвердости исследуемых образцов, но параллельно с этим уменьшается износостойкость т.к. в диффу-

зионном слое формируются ϵ нитридной фазы с высокой твердостью, которые придают слою большую хрупкость.

Литература

[1] Бучков Д., В.Тошков, Йонно азотиране, Техника, София, 1985.

[2] Гудков А. и др., Исследование износостойкости конструкционных сталей после низкотемпературного цианирования, Техника, Москва, 1986.

[3] Дубинин Г., Структурноэнергетическая гипотеза влияния диффузионного слоя на объемные свойства сплавов, Защитные покрытия металлов, кн.10, Наукова думка, Киев, 1976.

[4] Карпенко Г. и др., Влияние диффузионных покрытий на прочность стальных изделий, Науковая думка, Киев, 1981.

[5] Митев И., Изнашивание конструкционной металло-керамики после проведения химико – термической обработки, Новополоцк, 2001.

[6] Митев И., Износоустойчивость на железо – медна металлокерамика след повърхностно обогатяване с бор и въглерод, Машиностроене, кн.6 – 7, София, 1996.

[7] Тадричев Е., Относително изнашивания однофазных боридных слоев, МиТО, кн. 5, Москва, 1976.

[8] Тодоров Х., И. Митев, Режими за термично и химико – термично обработване на стомани 41CrAlMo7 и 20MnCr5, В.Априлов, Габрово, 2001.