

ДИФФУЗИОННОЕ НАСЫЩЕНИЕ АЗОТОМ И УГЛЕРОДОМ СТАЛЕЙ В ДИНАМИЧЕСКИХ СРЕДАХ

Григорьев Д.В., Порываев Д.А.
Руководитель - к.т.н. Бурнышев И.Н.
ГОУ ВПО УдГУ, г. Ижевск,
E-mail: denyajka@mail.ru

Современное машиностроение, энергетика, химическая промышленность и различные области современной техники предъявляют особые требования к материалам в отношении их химической стойкости, сопротивляемости износу и ряду других специальных свойств.

Одним из наиболее эффективных и широко применяемых в промышленности методов повышения долговечности многих ответственных деталей является химико-термическая обработка, которая воздействует на поверхностные слои металла, то есть на те слои, в которых концентрируются трещины, развиваются процессы износа и коррозии. Химико-термическая обработка (ХТО) позволяет значительно повысить твёрдость и износостойкость, статическую, усталостную и коррозионно-усталостную прочность конструкционных и инструментальных материалов, а в ряде случаев применять углеродистые стали вместо дорогостоящих легированных сталей.

Одним из способов ХТО сталей является диффузионное науглероживание (цементация) и азотонауглероживание (нитроцементация), которое придает повышенную твердость (58-62 HRC), хорошее сопротивление износу, повышает усталостную прочность и коррозионную стойкость.

При проведении процесса диффузионного насыщения традиционным способом, то есть в порошковой засыпке в контейнерах, слои получаются не всегда однородными по толщине и требуются большие времена выдержки. По нашему мнению применение динамической насыщающей среды позволит получать равнотолщинные слои и значительно сократить время обработки изделий. Динамическая насыщающая среда представляет собой гетерогенную систему, в которой путём соответствующей организации движения создаётся интенсивное перемешивание частиц мелкозернистого материала, что позволяет сократить время нагрева до эксплуатационных температур, следовательно, увеличить производительность труда, устранить окалинообразование и обезуглероживание при нагреве и т. д.

Процесс ХТО проводился в специально созданной лабораторной установке для химико-термической обработки в динамических насыщающих средах. Данная установка позволяет проводить процессы ХТО в диапазоне температур от 100 °С до 1100 °С и при скоростях вращения от 5 об/мин до 1000 об/мин. Науглероживание (цементация) и азотонауглероживание (нитроцементация) проводились на образцах из стали 20, стали 45. Площадь образцов 20x10 мм² и толщина 1,5 – 4 мм.

В качестве источника азота была выбрана желтая кровяная соль (ЖКС), а источником углерода служили стандартный карбюризатор, графит или активированный уголь.

Частицы насыщающей среды тщательно перемешивали и вместе с образцами помещали в барабан объемом 1,4 л. Барабан помещался в печь и нагревался в течение 40-60 мин. Процесс проводился при температуре $T=800^{\circ}\text{C}-950^{\circ}\text{C}$ в течение 1-8 ч. Регулирование температуры осуществлялась с помощью регулятора температуры типа ТРМ1. Скорость вращения барабана ω варьировалась от 0 об/мин до 180 об/мин. Охлаждение барабана после диффузионного насыщения осуществлялось вместе с печью. Извлеченные из барабана, промытые и просушенные образцы исследовали методами металлографии и дюротрии. Измерение толщины покрытий и исследование структуры диффузионных слоев проводили на металлографическом микроскопе «Neophot-32». Погрешность измерения толщины не превышала 5 %. Подготовку шлифов для микроструктурного анализа проводили согласно стандартной методике. В качестве травителей для выявления структуры диффузионных слоев на стали использовали 4 % водный раствор азотной кислоты. Нагрев под закалку проводили при температуре 870°C для стали 20 и 850°C для стали 45 с выдержкой в течение 15 мин с последующим охлаждением в воду, а отпуск при 200°C в течение 1 ч. Дюротрический анализ проводился на приборе ПМТ-3 на поперечных микрошлифах образцов при нагрузке $P=1$ Н. Экспериментальные значения микротвердости были получены путем усреднения значений пяти экспериментальных точек. Погрешность измерения микротвердости не превышала 10 %.

При исследовании влияния скорости вращения барабана на толщину получаемых покрытий установлено, что при увеличении скорости вращения барабана толщина слоя увеличивается, достигает максимума при скорости вращения около 60 об/мин, а затем начинает уменьшаться.

Возможно, это объясняется тем фактом, что при увеличении скорости вращения барабана насыщающая смесь около образца благодаря постоянному перемешиванию обеспечивается постоянный доступ активных атомов азота и углерода к поверхности. При увеличении скорости вращения более 60 об/мин время контакта между диффундирующими элементами и образцом уменьшается и его становится недостаточно для их адсорбции на поверхности образцов. Следует отметить, что при частоте вращения барабана более 100 об/мин карбюризатор очень сильно измельчался, что приводило к сильному налипанию смеси на поверхность образца, которое препятствовало адсорбционным и диффузионным процессам.

Исследования влияния температуры выдержки на толщину слоя, показали, что при увеличении температуры выдержки толщина слоя растет и описывается экспоненциальной зависимостью.

При исследовании влияния времени обработки на толщину слоя было установлено, что при увеличении времени выдержки толщина слоя растет по закону близкому к параболическому.

Результаты изменения значения микротвердости по глубине слоя при различных временах выдержки показали, что с учетом погрешности значения микротвердости практически одинаковы. Различие наблюдается только на кривых, соответствующих 1 ч и 8 ч выдержки. Малые значения микротвердости при восьмичасовой выдержки, по-видимому, связано с тем, что происходит снижение концентрации азота и углерода на поверхности образца возможно из-за обеднения насыщающей смеси.

При увеличении температуры обработки микротвердость на поверхности увеличивается из-за повышения насыщающей способности смеси с ростом температуры. При температуре обработки 850 °С на расстоянии более 0,25 мм от поверхности наблюдается увеличение микротвердости при нитроцементации по сравнению с цементацией. При других температурах насыщения повышения микротвердости не наблюдалось. Это обусловлено присутствием азота в слое, который в свою очередь увеличивает диффузионную подвижность углерода и его концентрацию в образце при температурах, близких к 850 °С.

При исследованиях зависимости микротвердости от скорости вращения барабана установлено, что микротвердость практически не зависит от этого параметра, а изменяется только лишь толщина диффузионного слоя. Совместное насыщение азотом и углеродом приводит к более высоким значениям микротвердости. После закалки и отпуска поверхностная твердость образцов равна 60-62 HRC.

Таким образом, ХТО в динамических насыщающих средах является перспективным для развития современных методов ХТО, которая позволяет получать равнотолщинные слои и значительно сократить время обработки изделий.