

УДК 53.084.823

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ ГЛУБОКОГО АЗОТИРОВАНИЯ

Клещёва Антонина Александровна ⁽¹⁾

Студентка 4 курса ⁽¹⁾

кафедра «Материаловедение»

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

Научный руководитель: Л.П. Фомина,

кандидат технических наук, кафедра «Материаловедение»

Ведущий инженер филиал АО «ОДК» «ОДК-САЛЮТ»

Одной из важнейших задач современного машиностроения является повышение эксплуатационных свойств инструментов и снижение их себестоимости. **Актуальность** ее решения повышается с необходимостью изготовления сложных деталей техники нового поколения, для обработки которых необходимы инструменты с высокими эксплуатационными и технологическими свойствами. К таким инструментам, в частности, относятся дорны, применяемые в авиастроении и предназначенные для упрочнения (наклёпа) отверстий под заклёпочные и болтовые соединения агрегатов планера самолёта.

На отечественном авиапроизводстве для упрочнения расходуется один дорн на 3-5 отверстий, в ряде случаев один дорн – одно отверстие. В настоящее время для изготовления дорнов относительно успешно применяется сталь ХВГ, которая после окончательной термообработки имеет твёрдость 62-63HRC, что позволяет упрочнять отверстия, но при достаточно высоком расходе инструмента в пересчёте на одно отверстие, в связи с его быстрым износом по критерию отклонения от номинального диаметра.

Очевидно, что для повышения стойкости дорнов необходимо увеличить поверхностную твёрдость инструмента на достаточную глубину без изменения (ухудшения) прочностных характеристик сердцевины материала.

Как известно, одним из способов повышения эксплуатационных характеристик инструмента является изменение структуры и свойств поверхности за счёт азотирования [1, 2]. Однако, классическая технология азотирования не применима для нетеплостойких сталей типа ХВГ, т.к. температура окончательного азотирования (~560°C) превышает температуру низкого отпуска инструмента из этой стали (~200°C).

Для решения данной проблемы можно применить технологию азотирования до закалки и отпуска нетеплостойкого инструмента, что было показано в ряде научных исследований [3,4,5]. Такой подход позволил бы решить не только проблему азотирования нетеплостойкого инструмента, но и получить упрочнённый слой с принципиально другими характеристиками.

В работе исследовали азотирование легированной инструментальной стали ХВГ по технологии глубокого азотирования (ТГА) [3, 4], с целью создания азотированного слоя с повышенной эффективной твёрдостью при изготовлении дорнов. Для этого образцы стали ХВГ подвергли газовому и ионному азотированию при температуре 560°C в течение не менее 15 часов. После азотирования образцы прошли стандартную термообработку, принятую для дорнов: закалка 850°C с нагревом в соляной ванне, охлаждение в масле и низкий отпуск 150°C 1,5 часа.

Металлографический анализ азотированного слоя показал, что после насыщения независимо от вида газового или ионно-плазменного в приповерхностной области формируется нитридный слой на глубину до 0,3 мм. При последующем нагреве под

закалку слой претерпевает превращения, в том числе образование аустенита, обогащенного азотом, и затем при закалке получается мартенситная структура с высоким содержанием азота на поверхности, а низкий отпуск формирует дисперсные карбонитриды, обеспечивая высокую твердость. Глубина слоя увеличивается до 1-1,5 мм за счет диффузии азота при высокотемпературном нагреве.

С целью получения доказательной базы глубокого азотирования и уменьшения величины статистической погрешности измерений были получены данные по распределению микротвёрдости в образцах после газового и ионно-плазменного азотирования до термической обработки и после нее. Твёрдость слоя на поверхности после газового и ионного азотирования до термообработки составила 550 HV_{0,025}, которая с глубиной снижается до твёрдости нормализованной основы прутка ~250 HV_{0,025}. Полная глубина слоя составила ~ 0,5 мм. После термообработки 780-830 HV_{0,025} на протяжении 1-1,5 мм.

Дополнительно исследовано распределение содержания азота по глубине азотированного слоя после термообработки. Анализ результатов показал, что распределение азота в поверхностных слоях азотированных образцов, прошедших термическую обработку, носит экспоненциальный характер на глубине того же порядка 1-1,5 мм. В таком случае, согласно данным, полученных в ходе других исследований [1, 6], структура азотистого мартенсита и нитридов железа должны обеспечивать повышенную твёрдость стали ХВГ на указанной глубине, что противоречит данным измеренной нами микротвёрдости.

Данное противоречие объяснимо. Увеличение содержания азота в стали приводит к возрастанию в структуре стали доли остаточного аустенита после закалки [1, 2, 6]. Остаточный аустенит обладает меньшей твёрдостью, чем азотистый мартенсит, однако его количество с глубиной уменьшается, ровно, как и понижается твёрдость структуры азотистого мартенсита с нитридами железа. Совокупное влияние на свойства стали этих двух противоположных факторов приводит к появлению аддитивных показателей, которые практически не отличаются от твёрдости неазотированной закалённой стали.

Таким образом, установлено, что в результате закалки после азотирования происходит массоперенос азота на глубину порядка 1-1,5 мм, что согласуется с данными литературных источников. Наличие повышенного количества остаточного аустенита в азотированном слое после закалки приводит к снижению поверхностной твёрдости до значений характерных для упрочнённой не азотированной стали, что не позволяет выполнить задачу повышения стойкости дорнов. Для повышения твёрдости азотированной поверхности и, следовательно, увеличения стойкости дорнов, необходимо избавиться от наличия в структуре стали остаточного аустенита путём обработки холодом.

Литература

1. Химико-термическая обработка металлов: учебное пособие для вузов / Лахтин Ю. М., Арзамасов Б. Н. - М. : Металлургия, 1985. - 255 с.
2. Инструментальные стали / Геллер Ю. А. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Металлургия, 1975. - 584 с.
3. Патент № RU 2599950 C1 Способ ионно-плазменного азотирования деталей из инструментальных сталей / Климов В.Н., Богачев И.И., Сапронов И.Ю. // б.и. – 2016, - № 29. – С. 72.
4. Технология глубокого ионно-плазменного азотирования режущего инструмента / И. И. Богачев, В. Н. Климов, С. В. Алешин, И. Ю. Сапронов // Технология машиностроения. – 2016. – № 5. – С. 30-32.
5. Глубокое азотирование мартенситной стали и титанового сплава при имплантационно-плазменной обработке / М.И. Гусева, Г.М. Гордеева, Ю.В. Мартыненко, М.В. Атаманов, В.Е. Неумоин, А.М. Смыслов // Металлы. – 2000. – № 2. – С. 106-111.
6. Ионная химико-термическая обработка сплавов / Арзамасов Б.Н., Братухин А.Г., Елисеев Ю.С., Панайоти Т.А. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 398 с.