

# ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНО УПРОЧНЕННЫХ СЛОЕВ ЭКОНОМНОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ 40Х

Е. П. Поздняков

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель И. Н. Степанкин

## **Введение**

Химико-термическая обработка является широко используемым способом упрочнения деталей машин. Самыми распространенными из них являются высокотемпературные процессы цементации и нитроцементации. Диффузионные процессы эффективны при введении углерод- и азотсодержащих добавок, активизирующих карбюризатор и, соответственно, повышающих скорость диффузии углерода и азота в поверхностный слой сплава. Немаловажными факторами являются получение градиента изменения твердости поверхностного слоя металла и применение криогенной обработки на стадии дисперсного твердения материала.

## **Объекты и методы исследований**

Объектом исследований являлись диффузионно-упрочненные слои конструкционной экономнолегированной стали 40Х. Химико-термическая обработка образцов предполагала проведение 12-ти часовой цементации и нитроцементации при температуре 920 °С в древесноугольном карбюризаторе. При подготовке карбюризатора использовали добавки бариевой соли и карбамида. Термическая обработка образцов заключалась в закалке с температуры 860 °С с последующим охлаждением в масле и отпуске при температуре 200 °С в течение 1 ч. Для некоторых образцов проводилась криогенная обработка после закалки.

Исследование микроструктуры упрочненных слоев проводили на поперечных шлифах при увеличении 100 крат на оптическом микроскопе Метам РВ-22. Травление поверхности осуществляли 5-процентным спиртовым раствором азотной кислоты. ДюрOMETрические исследования осуществляли на приборе ПМТ-3 с нагрузкой на индентор Виккерса 2Н.

## **Результаты исследования и их обсуждение**

Структуры поверхностных слоев, полученных в результате диффузионного насыщения, имеют некоторые различия. Так, слой, полученный в результате нитроцементации (рис. 1, а), имеет однофазное строение [1], [2]. Некоторые зерна металла отличаются пониженной травимостью, что, по-видимому, связано с их ледебуритной природой. Науглероженный слой отличается двухфазным строением. Основой является перлит со скелетообразным распределением цементитной фазы (рис. 1, б).

Микроструктура нитроцементованных образцов, подвергнутых закалке и низкотемпературному отпуску представлена мартенситом отпуска (рис. 2, а, в). Она отличается однородным строением. Цементованные образцы, подвергнутые дальней-

шей термической обработке в поверхностном слое, сохранили незначительное количество карбидов в мартенсите (рис. 2, б, з). Глубина распределение карбидной фазы составляет не более 0,1 мм. Применение криогенной обработки не оказало существенного влияния на структуру стали.

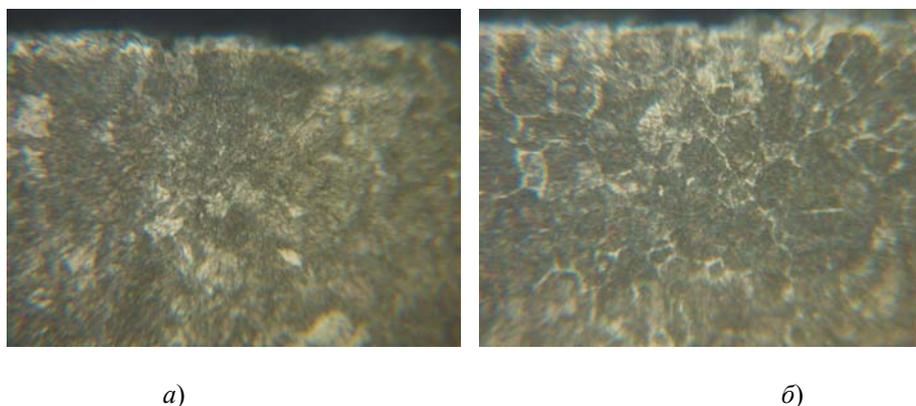


Рис. 1. Структура поверхностного слоя, созданного (а) нитроцементацией и (б) цементацией ( $\times 100$ )

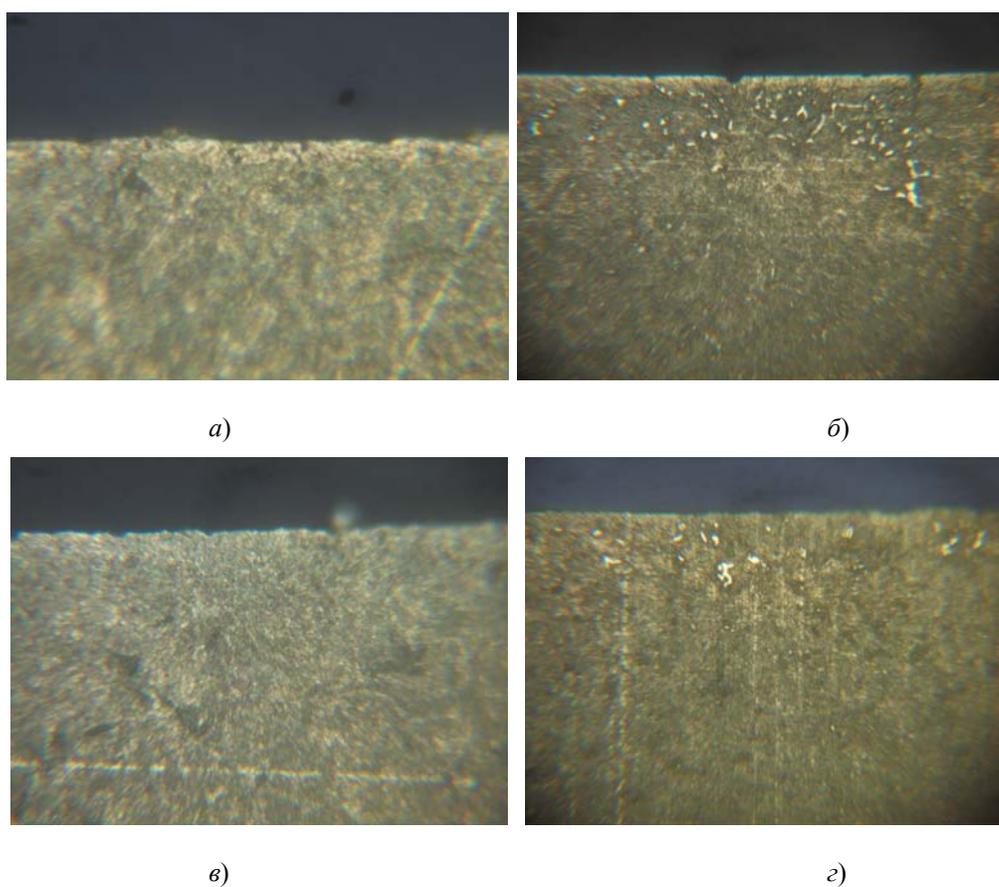


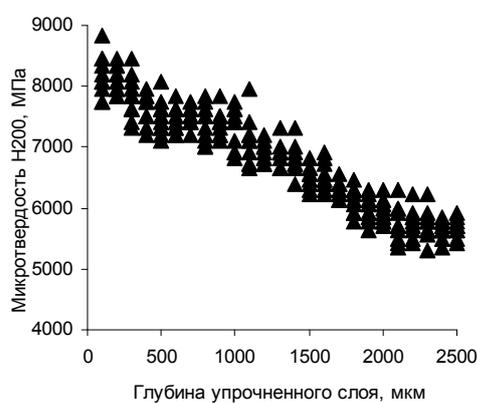
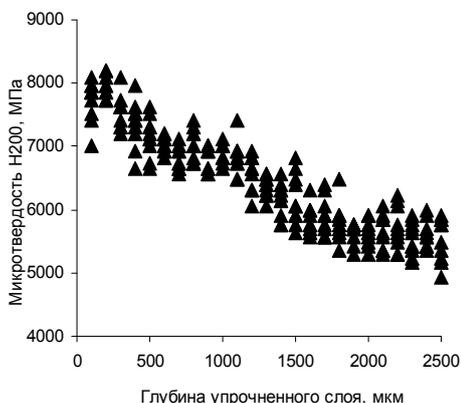
Рис. 2. Микроструктура поверхностного слоя образцов, подвергнутых закалке и низкому отпуску:  
а – нитроцементованного; б – цементованного;  
в, г – образцы, дополнительно подвергнутые криогенной обработке ( $\times 100$ )

Исследование распределения микротвердости по сечению упрочненного слоя, показывает, что полная глубина диффузионного слоя составляет не менее 1,2 мм, что соответствует длительности высокотемпературного насыщения поверхности. Важным конструкционным параметром является отсутствие резкого градиента распределения твердости по сечению. Микротвердость поверхностного слоя всех партий образцов достигает 7500–8000 МПа (рис. 3). Твердость сердцевины составляет около 5000–5500 МПа. Достигнутое значение твердости сердцевины позволяет получить сочетание высокой прочности и жесткости, необходимой для успешного сопротивления упрочненного сплава повышенным контактным нагрузкам, без растрескивания упрочненного слоя. Влияние криогенной обработки, призванное обеспечить снижение остаточного аустенита в упрочненном слое, не отражается на структуре рассмотренных слоев.

**Нитроцементация (N + C)**

**Цементация (C)**

Распределение микротвердости по сечению упрочненных слоев после закалки и низкого отпуска (200 °С)



Распределение микротвердости по сечению упрочненных слоев после закалки и низкого отпуска с криогенной обработкой в жидком азоте после закалки

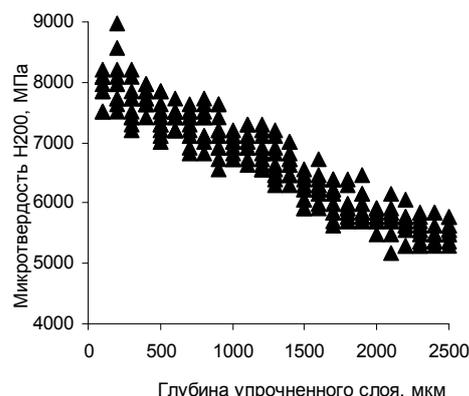
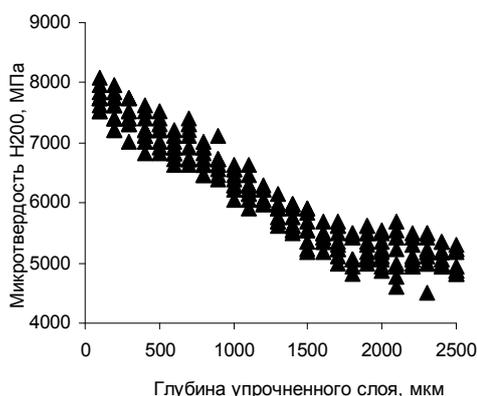


Рис. 3. Распределение микротвердости образцов из стали 40Х, подвергнутых двенадцатичасовой химико-термической обработке

### **Заключение**

Результаты исследований показали, что применение цементации и нитроцементации стали 40X позволяет сформировать отличные по морфологии, но близкие по свойствам упрочненные слои. Основным преимуществом обоих технологических режимов поверхностного упрочнения является возможность получения сердцевины повышенной жесткости, микротвердость которой составляет 5000–5500 МПа (50–52HRC). Применение криогенной обработки после закалки не оказывает существенного влияния на структуру и твердость стали 40X. Отличительной особенностью применения нитроцементации является повышенная стойкость к коррозии, что повышает сроки межоперационного хранения деталей на стадии механической обработки, а также формирование гомогенной микроструктуры упрочненного слоя.

### **Л и т е р а т у р а**

1. Лахтин, Ю. М. Новый способ поверхностного упрочнения деталей вибраторов / Ю. М. Лахтин, Г. Н. Неустров, Б. Г. Гольдштейн. – М. : НИИ информации по строит., дорожному и коммунальному машиностроению, 1967. – 48 с.
2. Лахтин, Ю. М. Химико-термическая обработка металлов / Ю. М. Лахтин, Б. Н. Арзамасов. – М. : Металлургия, 1985. – 256 с.