

# СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ЦЕМЕНТОВАННЫХ СЛОЕВ СТАЛЕЙ 40X И 42CrMoS4

**А. В. Астрейко, Е. П. Поздняков**

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

**А. В. Радионов**

*ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Республика Беларусь*

Научный руководитель И. Н. Степанкин

**Введение.** Для изготовления деталей машин и механизмов широкое применение нашли улучшаемые конструкционные стали 40X, 30XГСА, 40XH и др. [1]. Легирование сильными карбидообразующими элементами позволяет применять их в качестве материалов при производстве деталей машин, а также инструмента, эксплуатируемых в условиях трения и циклического нагружения поверхностного слоя. В настоящее время на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин отлажена технология плавки новых марок сталей в соответствии с DIN EN 10083, например 42CrMoS4, экспортируемой в страны Европейского Союза. В ее химический состав дополнительно введен молибден, который способствует измельчению аустенитного зерна на стадии нагрева под закалку из-за образования труднорастворимого карбида  $Mo_2C$  [1], [2]. Однако поведение стали 42CrMoS4 при различных эксплуатационных характеристиках мало освещено в научной литературе, что является дополнительным барьером для ее применения как отечественными, так и зарубежными производителями машиностроительной продукции.

Целью работы является установление влияния длительности цементации на структурообразование и твердость модифицированных слоев конструкционных улучшаемых сталей 40X и 42CrMoS4.

**Объекты и методы исследований.** Объектом исследований являлись диффузионные слои конструкционных улучшаемых сталей 40X и 42CrMoS4. Диффузионное насыщение поверхности образцов осуществлялось путем цементации при температуре 920 °С в течение 8 или 12-ти ч в древесно-угольном карбюризаторе с добавлением карбоната бария. Исследования микроструктуры проводились на оптическом микроскопе Метам РВ-22. Травление микрошлифов проводилось в 2,5%-м спиртовом растворе азотной кислоты. Распределение микротвердости по сечению диффузионных слоев определяли на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке 2 Н.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Во всех случаях основой металлической матрицы модифицированных слоев сталей 40X и 42CrMoS4 после цементации является перлит. Проведение цементации обеспечило формирование на поверхности слоя с выраженным заэвтектоидным строением.

В поверхностной зоне стали 40X после 8-часовой цементации карбидная фаза представлена преимущественно цементитной сеткой по границам перлитного зерна (рис. 1, а). В слое толщиной 0,1 мм наблюдается утолщение цементитной сетки. Объемная доля карбидов в данной зоне составляет 25 %. При изменении длительности цементации до 12-ти ч количество карбидной фазы повышается до 40–45 % (рис. 1, б). Ее морфология представлена тонкими отдельными пластинами, мелкими сферическими и крупными сросшимися карбидами, максимальный размер которых достигает 40–50 мкм. Следует отметить, что в данном слое карбидная фаза равномерно распределена по объему перлитной матрицы, что в совокупности со значительно меньшими размерами перлитного зерна обеспечило повышение поверхностной микротвердости с 3500–3600 до 3700–3800 МПа (рис. 2). Под зоной отдельных карбидов присутствует цементитная сетка (рис. 1, в), которая утончается по мере приближения к зоне эвтектоидного строения. Карбидная фаза распространена на глубину 0,5 мм от поверхности образцов после 8- и 12-часового насыщения.

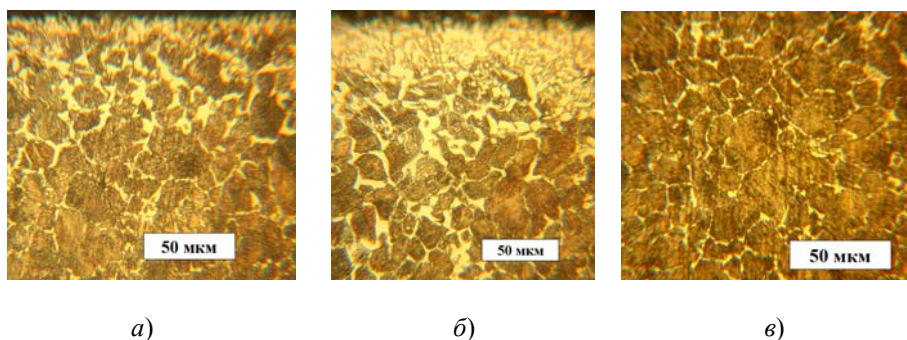


Рис. 1. Микроструктура диффузионного слоя стали 40X после цементации:  
а – поверхности после 8-ми ч; б – поверхности после 12-ти ч;  
в – подслоя с цементитной сеткой после 8- и 12-часового насыщения

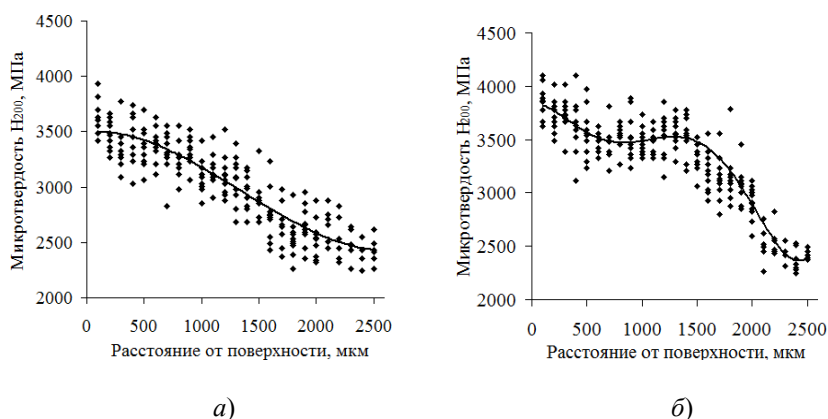


Рис. 2. Распределение микротвердости по сечению цементованных слоев стали 40X:  
а – после 8-ми ч ХТО; б – после 12-ти ч ХТО

Общая толщина диффузионных слоев стали 40X достигает 1,6 мм после 8-часовой и 2,0 мм после 12-часовой ХТО (рис. 2). Отличительной особенностью слоя после 12-часовой цементации является формирование поверхностного слоя толщиной порядка 1,5 мм, в котором микротвердость снижается минимально с 3800 до 3300 МПа, после чего происходит резкое снижение до твердости сердцевины – 2300–2400 МПа (рис. 2, б). Таким же значением твердости сердцевины обладает сталь 40X после 8-часовой цементации.

При изучении цементованных слоев улучшаемой стали 42CrMoS4, дополнительно легированной молибденом, обнаружено, что включения в поверхностном слое толщиной 0,15–0,20 мм представлены преимущественно отдельными сферическими карбидами (рис. 3, а, б). Увеличение длительности насыщения с 8 до 12-ти ч привело к коагуляции карбидов и увеличению их объемной доли с 55 до 80 %. Размеры отдельных включений в обоих слоях достигают порядка 50 мкм. Исследование заэвтектоидного подслоя показало, что цементитная сетка имеет неравномерное разорванное распространение и, несмотря на наличие молибдена в составе стали 42CrMoS4, перлитное зерно значительно превышает размеры перлитного зерна в цементованных слоях, сформированных на стали 40X. Максимальные размеры эвтектоида в поперечнике достигают 50 мкм у слоев стали 40X и 100 мкм у слоев стали 42CrMoS4. Указанное явление может отразиться на характеристиках слоев после окончательной термической обработки – закалки и низкотемпературного отпуска. Распространение карбидной фазы зарегистрировано на глубину 0,5–0,6 мм после 8- и 0,6–0,7 мм после 12-часового насыщения.

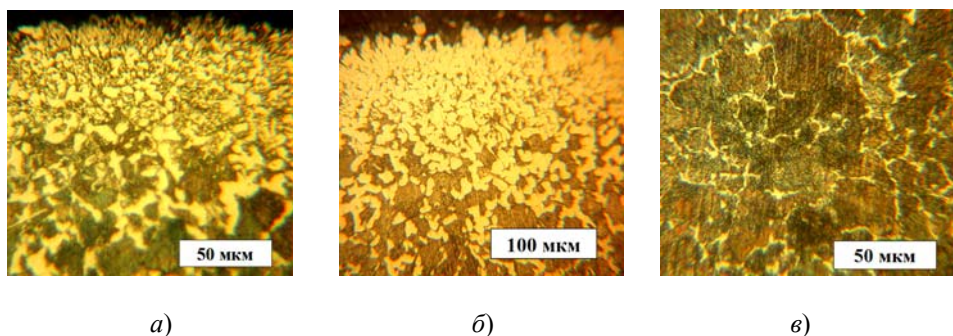


Рис. 3. Микроструктура диффузионного слоя стали 42CrMoS4 после цементации<sup>^</sup>  
 а – поверхности после 8-ми ч; б – поверхности после 12-ти ч;  
 в – подслоя с цементитной сеткой после 8- и 12-часового насыщения

Анализ графиков распространения микротвердости диффузионных слоев стали 42CrMoS4 показал, что увеличение длительности цементации с 8 до 12-ти ч отразилось на изменении твердости по всему сечению слоя (рис. 4). Микротвердость поверхности повысилась с 3300 до 3600 МПа в результате увеличения количества карбидной фазы с 55 до 80 %. Помимо этого повысилась микротвердость подповерхностного слоя и увеличилась толщина диффузионного слоя с 1,5 до 2,0 мм. Твердость сердцевины оказалась на уровне 2350–2500 МПа или 219–238 НВ. Такое значение сердцевины согласно ГОСТ 4543–71 и DIN EN 10083-3 соответствует твердости отожженных среднеуглеродистых низколегированных сталей 40X и 42CrMoS4.

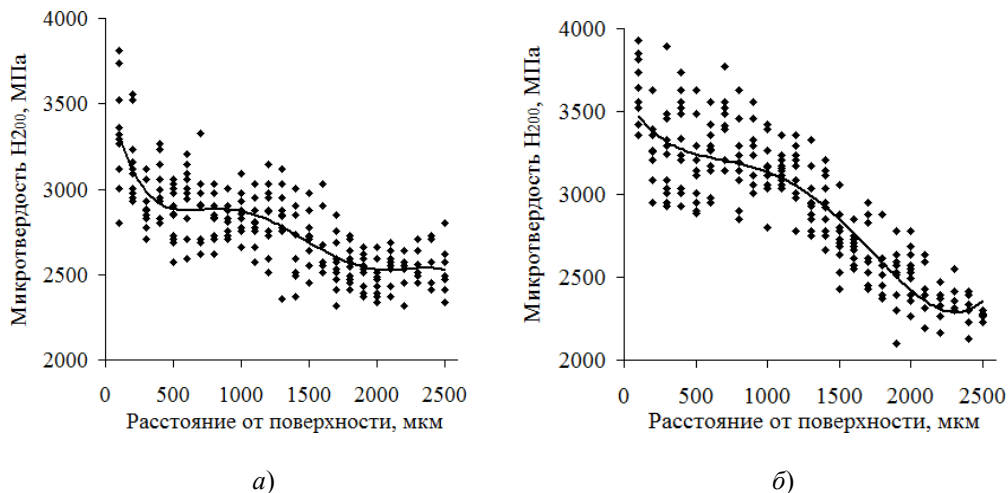


Рис. 4. Распределение микротвердости по сечению цементованных слоев стали 42CrMoS4:  
а – после 8-ми ч ХТО; б – после 12-ти ч ХТО

**Заключение.** Исследовано влияние длительности цементации на структурообразование и твердость конструкционных улучшаемых сталей 40X и 42CrMoS4. Установлено, что количество и морфология карбидной фазы у сталей 40X и 42CrMoS4 значительно отличается. Выявлено, что легирование молибденом не привело к измельчению перлитного зерна, что в дальнейшем может повлиять на механические и эксплуатационные характеристики слоев. Данная аксиома требует подтверждения после более детального изучения структуры и определения механических и эксплуатационных свойств слоев после окончательной термической обработки.

#### Литература

1. Лахтин, Ю. М. *Металловедение и термическая обработка металлов : учеб. для машиностр. вузов / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1980. – 493 с.*
2. Гуляев, А. П. *Металловедение / А. П. Гуляев. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Metallurgy, 1977. – 647 с.*