

УДК 621.785.5

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И ГЛУБИНЫ ЦЕМЕНТОВАННОГО СЛОЯ СТАЛИ 12Х2Н4А

Михонов И.В.¹, школьник 10 класса,Михонов В.В.², магистрант гр. Т11О-102СВ-25, I курс,Хажакян В.О.³, магистрант гр. 空天25М007, I курсНаучный руководитель: Хорлина Е.М.¹, учитель физики и информатики

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение

¹«Средняя общеобразовательная школа-интернат»

г. Кашира

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет)» №11 «Новые материалы и
производственные технологии»

г. Москва

³Шанхайский университет ЦзяоТун, Школа авиации и аэронавтики,
кафедра машиностроения

г. Шанхай

Введение. Сталь 12Х2Н4А относится к группе хромоникелевых цементуемых сталей и широко применяется в авиастроении, автомобилестроении и тяжелом машиностроении для изготовления ответственных деталей — шестерен, валов, кулачков, работающих при высоких контактных и циклических нагрузках.

Основным способом упрочнения таких деталей является цементация — процесс насыщения поверхностного слоя углеродом с последующей термической обработкой. Качество цементованного слоя (его глубина, микроструктура, отсутствие дефектов) непосредственно определяет эксплуатационную надежность и ресурс изделий [1-2].

В связи с ужесточением требований к долговечности и безопасности современных машин и механизмов актуальным является уточнение и контроль параметров цементованного слоя, а также разработка критериев его оценки. Сталь 12Х2Н4А, обладающая высокой прочностью и вязкостью сердцевины, требует особого внимания к структуре поверхностного слоя, так как образование избыточных карбидов или остаточного аустенита может приводить к снижению усталостной прочности и хрупкому разрушению.

Целью настоящей работы является экспериментальное определение микроструктуры, глубины цементованного слоя и наличия дефектов (карбидной сетки, остаточного аустенита) в стали 12Х2Н4А после цементации и последующей термической обработки.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Изготовить металлографические шлифы поперечного сечения цементованных образцов стали 12Х2Н4А;
2. Определить глубину цементованного слоя и структуру отдельных зон (заэвтектоидной, эвтектоидной, переходной) методом оптической микроскопии;
3. Оценить качество микроструктуры цементованного слоя на наличие карбидной сетки и остаточного аустенита в соответствии с эталонными шкалами;
4. Провести термическую обработку (закалку) образцов с дефектной структурой и оценить ее эффективность по устранению карбидной сетки;
5. Сравнить микроструктуру и глубину слоя до и после закалки.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования служили образцы из стали 12Х2Н4А, подвергнутые цементации. Химический состав стали соответствует ГОСТ 4543-71 [3]. Цементация проводилась в твердом карбюризаторе при температуре 930 °С с выдержкой, обеспечивающей получение слоя глубиной около 0,8 мм.

Для исследования микроструктуры и измерения глубины слоя изготавливались поперечные шлифы. Образцы вырезались с соблюдением мер предосторожности для исключения повреждений, помещались в металлическую оправку и заливались расплавленной серой. После застывания проводилось шлифование и полирование на круге с использованием пасты ГОИ (оксид хрома) до получения зеркальной поверхности [4].

Травление шлифов выполнялось 4%-ным раствором азотной кислоты в этиловом спирте (ниталь). Микроструктура исследовалась с помощью оптического микроскопа при увеличениях $\times 100$ и $\times 500$. Глубину цементованного слоя определяли как сумму толщин заэвтектоидной, эвтектоидной и половины переходной зон в соответствии с требованиями нормативной документации.

Для устранения выявленной карбидной сетки образцы подвергались закалке при температуре 860 °С с выдержкой 30–40 минут, охлаждением в масле и последующим высоким отпускком. Контроль микроструктуры после термической обработки проводился при тех же увеличениях.

Микроструктура и глубина цементованного слоя до закалки. На микроструктуре цементованного слоя (рисунок 1) при увеличении $\times 100$ четко выделяются три характерные зоны:

- Заэвтектоидная зона — содержит до 1,2% углерода, структура представлена перлитом с тонкой сеткой вторичного цементита.
- Эвтектоидная зона — содержание углерода около 0,8%, структура пластинчатого перлита.
- Переходная зона — содержание углерода снижается от 0,75% до основного содержания в сердцевине, структура неоднородна.

Измерения показали, что общая глубина цементованного слоя составляет 0,75 мм, что соответствует заданному режиму цементации.

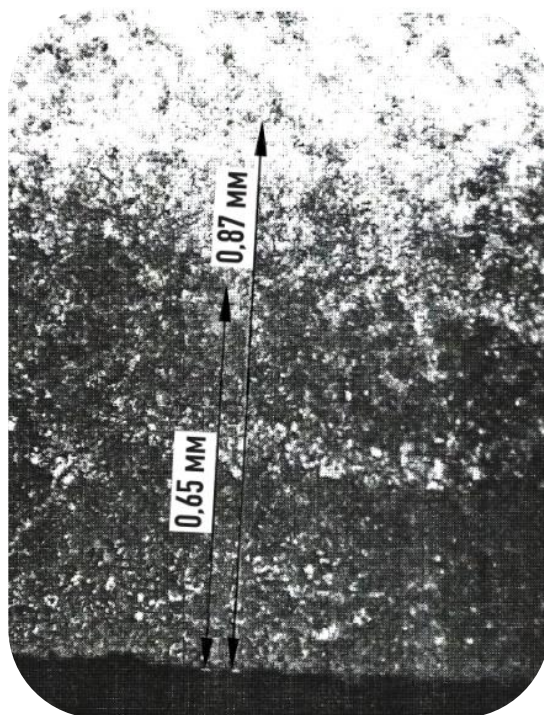


Рисунок 1 — Микроструктура и глубина цементованного слоя образца стали марки 12Х2Н4А
(увеличение $\times 100$)

При оценке качества микроструктуры с увеличением $\times 500$ (рисунок 2) был выявлен дефект — грубая карбидная сетка по границам бывших аустенитных зерен. Наличие такой сетки является недопустимым, так как она снижает вязкость, повышает хрупкость и может служить концентратором напряжений при эксплуатации.



Рисунок 2 — Карбидная сетка на микроструктуре цементованного слоя образца стали марки 12Х2Н4А
(увеличение $\times 500$)

Устранение карбидной сетки и результаты после закалки. Для устранения дефекта образцы были подвергнуты закалке при 860 °С с выдержкой 35 минут, охлаждением в масле и последующим высоким отпуском. После термической обработки глубина слоя сохранилась на уровне 0,75 мм (рисунок 3).

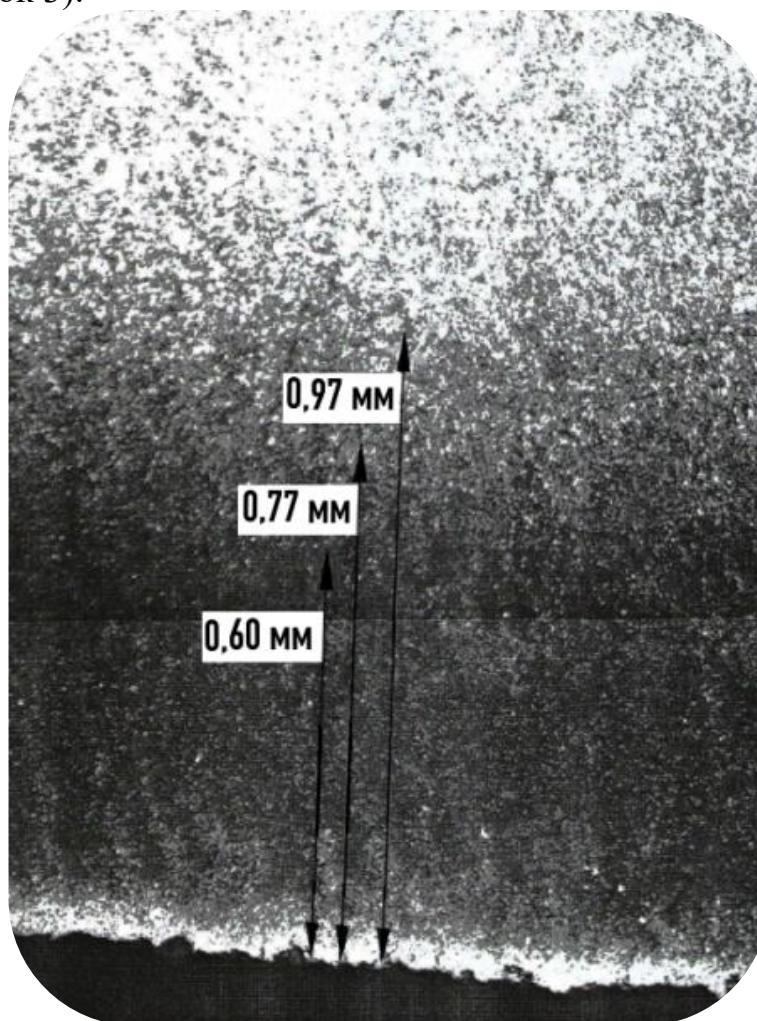


Рисунок 3 — Микроструктура и глубина цементованного слоя образца стали марки 12Х2Н4А после закалки
(увеличение $\times 100$)

Микроструктура после закалки при увеличении $\times 500$ (рисунок 4) представляет собой мелкоигольчатый мартенсит с равномерно распределенными мелкими карбидами. Карбидная сетка полностью отсутствует.

Остаточный аустенит не превышает 5% согласно шкале эталонов.

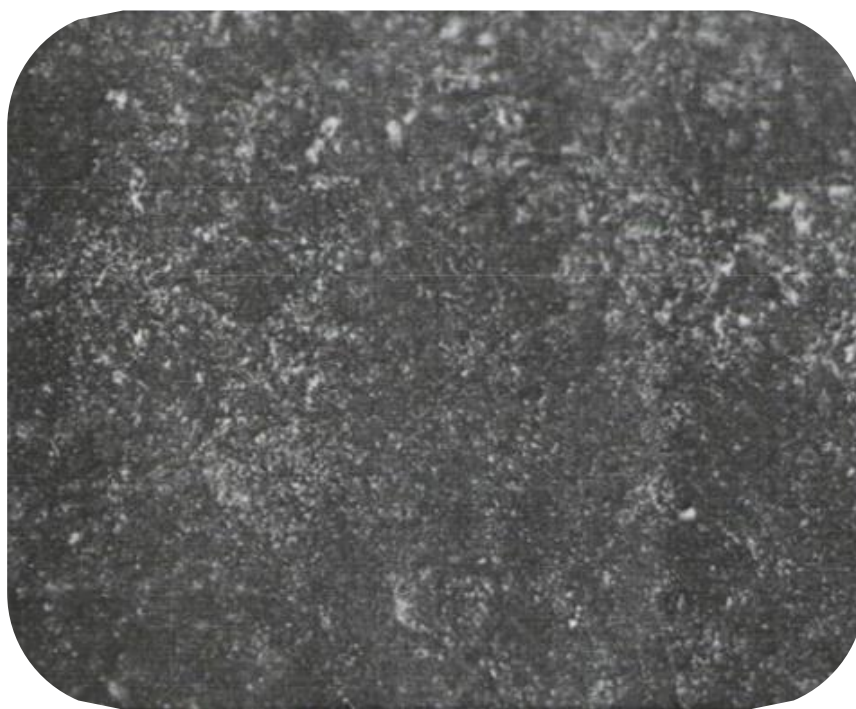


Рисунок 4 — Микроструктура цементованного слоя образца стали марки 12X2H4A после закалки
(увеличение $\times 500$)

Таким образом, предложенный режим термической обработки (закалка 860 °С, масло, высокий отпуск) позволяет полностью устранить дефектную карбидную сетку без изменения глубины цементованного слоя.

Заключение. В результате проведенного экспериментального исследования стали 12X2H4A после цементации и последующей термической обработки установлено следующее:

1. Глубина цементованного слоя после цементации составляет 0,75 мм, структура слоя включает заэвтектоидную, эвтектоидную и переходную зоны.

2. В исходном состоянии после цементации выявлен дефект в виде грубой карбидной сетки, что не соответствует требованиям к качественному цементованному слою.

3. Применение закалки при температуре 860 °С с выдержкой 30–40 минут и охлаждением в масле позволяет полностью устранить карбидную сетку.

4. После термической обработки микроструктура цементованного слоя соответствует эталонным требованиям: мелкоигольчатый мартенсит с равномерно распределенными мелкими карбидами, карбидная сетка отсутствует, глубина слоя сохраняется на уровне 0,75 мм.

5. Полученные результаты могут быть использованы для корректировки технологических режимов цементации и последующей термообработки деталей из стали 12X2H4A с целью повышения их эксплуатационной надежности.

Список литературы:

1. Тутов И.Е. Металловедение. Пособие для квалифицированных рабочих / издание 2-е, переработанное и дополнительное, 1954. 320 с.
2. Гуляев А.П. Металловедение. Учебник для вузов / 6 изд., и доп. М.: металлургия, 1986. 544 с.
3. ГОСТ 4543-71. Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия. — М.: Издательство стандартов, 1971.
4. Баранова Л.В., Демина Э.Л. Металлографическое травление металла и сплавов: сплав. Изд. М.: металлургия, 1986. 256 с.