

УДК 621.785.5

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ПОВЕРХНОСТНАЯ ЗАКАЛКА СТАЛИ 20ХН3А

Юденко Леонид Алексеевич,

Студент 1 курс,

кафедра «Материаловедение»

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Научный руководитель: Л.В. Фёдорова,

доктор технических наук, профессор кафедры «Материаловедение»

Твёрдость материала одна из его важных характеристик, которая является определяющим фактором долговечности изготовленной из него детали [1]. Повысить твёрдость можно разными способами, основные из них: термическая и химико-термическая обработка, обработка механически и повышение твердости за счёт изменения состава материала [2].

Объектом исследования является конструкционная легированная сталь 20ХН3А, которая используется для изготовления валов, шестерней, втулок, болтов и других изделий, работающих под действием ударных нагрузок и при отрицательных температурах. К вышеперечисленным деталям предъявляются требования высокой поверхностной твердости. Химический состав стали 20ХН3А представлен в таблице 1 [3]. Данный материал не предназначен для объемной термической обработки из-за его склонности к отпускной хрупкости. Различные методы механической обработки не всегда применимы или эффективны к изготавливаемым деталям. Химико-термическая обработка требует больших материальных затрат и сопровождается риском появления дефектов при реализации.

Таблица 1. Химический состав стали 20ХН3А

C	Cr	Ni	Mn	S	P	Si	Cu
0,17-0,24%	0,6-0,9%	2,75-3,15%	0,3-0,6%	до 0,025%	до 0,025%	0,17-0,37%	до 0,3%

Предметом исследования является электромеханическая обработка (ЭМО), а именно метод электромеханической поверхностной закалки (ЭМПЗ) [4]. Метод ЭМПЗ подразумевает собой термическое и механическое воздействие на поверхностный слой детали. Поверхность при ЭМПЗ быстро нагревается концентрированным потоком электрической энергии промышленной частоты до аустенитного состояния, а затем происходит самозакаливание за счёт отвода тепла в холодную сердцевину и дополнительного охлаждения эмульсией, минуя долгие и опасные этапы выдержки и отпуска. Из-за кратковременного нагрева деталь практически не деформируется, а совмещение процессов даёт высокую производительность.

В ходе практического исследования эффективности метода цилиндрическая заготовка с исходной твёрдостью HRC 16-18, диаметром $d = 37,25$ мм была подвержена ЭМПЗ по двум поверхностям: при усилии прижатия $Q = 300$ Н и токе вторичной цепи $I_1 = 800$ А, при усилии поджатия $Q = 300$ Н и токе вторичной цепи $I_2 = 1200$ А. Закалка проходила на токарно-винторезном станке 16К20 с установкой электромеханической обработки «Стандарт», после чего трижды измерялась твёрдость с помощью ультразвукового твердомера МЕТ У1. Затем с заготовки срезали слой

металла глубиной $\delta = 0,1$ мм и повторяли процедуру. Исследования выполняли до получения твердости, равную начальной HRC 16-18.

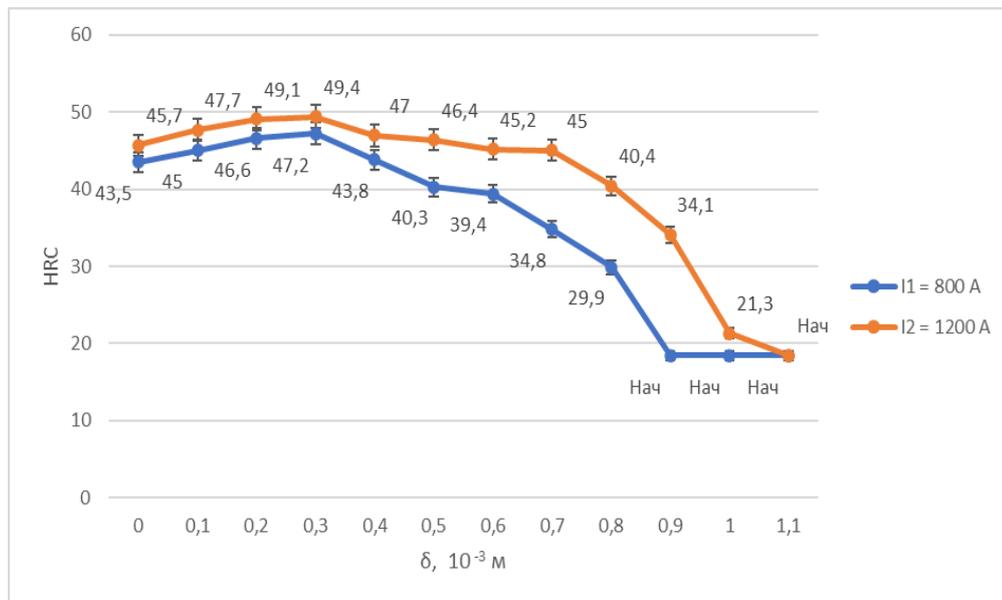


Рис. 1. Зависимость твердости от глубины упрочнения стали 20ХНЗА после электрохимической поверхностной закалки

По итогам исследований получены экспериментальные данные зависимости твердости стали 20ХНЗА от глубины закалки (Рис. 1).

Установлено, что при ЭМПЗ твердость поверхностного слоя увеличивается в 2,5 раза. Анализ графических зависимостей свидетельствует, что при силе тока 1200А твердость и эффективная глубина закалки больше, чем при силе тока 800А. В обоих случаях пик по величине твердости достигается на глубине 0,3 мм. Это обстоятельство необходимо учитывать при назначении припуска на финишную обработку точением или шлифованием. Ход обоих графиков характеризуется плавным снижением твердости, что означает отсутствие резкого перехода между закаленной и исходной структурами. Это положительно сказывается на качестве полученной закалки [5].

Литература

1. Твёрдость сталей и сплавов: определение, методы измерения и влияющие факторы / ПЗПС [Электронный ресурс] // *pzps.tech* – Режим доступа: <https://www.pzps.tech/articles/tverdost-staley-i-splavov-opredelenie-metody-izmereniya-i-vliyayushchie-factory>, свободный, дата обращения: 06.03.2026
2. Закалка металла: технология и способы закаливания стали / УЗТО [Электронный ресурс] // *uzto96.ru* – Режим доступа: <https://uzto96.ru/info/zakalka-metalla/#zakalka-metalla-6>, свободный, дата обращения: 06.03.2026
3. ГОСТ 4543-71. Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1971.
4. Федоров С.К., Федорова Л.В., Иванова Ю.С. Повышение долговечности труб бурильных стальных универсальных финишной электрохимической поверхностной закалкой. Вестник машиностроения. 2024, Т. 103, № 11, с. 948-953. DOI: 10.36652/0042-4633-2024-103-11-948-953.
5. Гуляев А.П. Металловедение. Учебник для вузов. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1986. - 544 с.