

Исследование физико-механических свойств конструкционных сталей после лазерного и электронно-лучевого воздействия

Магистрант Юревич С.В.

Научные руководители – Поболь И.Л., Олешук И.Г.

Белорусский национальный технический университет, Физико-технический институт
г. Минск

Целью работы являлось исследование влияния режимов воздействия концентрированными источниками энергии на структуру и физико-механические свойства поверхностных слоев заготовок из сталей 45 и 40Х.

Из сталей 45 и 40Х в состоянии поставки были изготовлены экспериментальные образцы, которые для изучения структуры подвергали шлифовке, полировке и травлению. Исследования микроструктуры проводили на оптическом металлографическом микроскопе ММР с цифровой камерой ТКМ и оптическом микроскопе Микро 200-01. Измерение твердости выполняли методом Роквелла. Измерение микротвердости осуществляли на поперечных шлифах образцов с помощью приборов ПМТ-3.

Образцы подвергали объемной закалке и отпуску при различных температурах.

После проведения объемной термообработки экспериментальные образцы подвергали поверхностной закалке лазером. Лазерную обработку выполняли на СО₂-лазере непрерывного действия при различных режимах: диаметр луча 6 мм, скорость перемещения луча 10; 13,3 и 16,6 мм/с. Лучшие результаты по глубине упрочненного слоя независимо от скорости перемещения лазерного луча ($v = 10; 13,3$ и $16,6$ мм/с) получены для образца с предварительной термообработкой по режиму - закалка при 850 °С и отпуск при 500 °С. Глубина упрочненной зоны составила от 340 мкм до 480 мкм для максимальной и минимальной скорости перемещения луча, соответственно.

Исследовано распределение микротвердости по глубине упрочненного слоя в стали 40Х после лазерной обработки. Установлено, что микротвердость образцов в зоне поверхностного упрочнения составляет 6,6 – 7,4 ГПа, затем при переходе к основе уменьшается до 2,6 – 4,3 ГПа в зависимости от режима предварительной термообработки (рисунок 1).

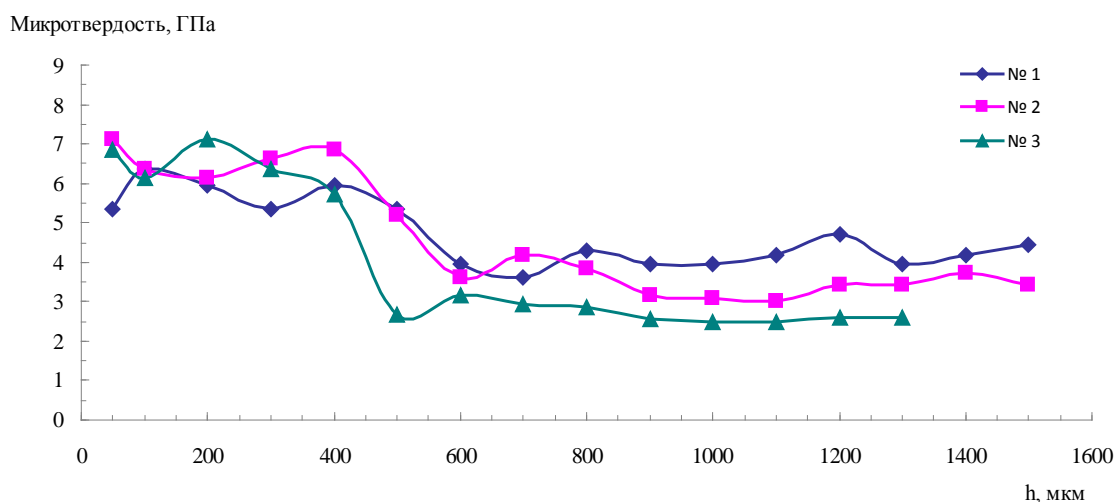


Рисунок 1 – Распределение микротвердости по глубине упрочненного слоя в стали 40X после лазерной обработки при скорости перемещения луча 10 мм/с в зависимости от режима предварительной термообработки: закалка при 850 °С и отпуск при 400 °С (1), 500 °С (2), 600 °С (3)

Таким образом, оптимальным режимом предварительной обработки конструкционных сталей 45 и 40X является закалка и отпуск при температурах 400 – 500 °С, обеспечивающие исходную твердость указанных материалов 32 – 37 HRC. При этом достигается максимальная микротвердость до 6,6 – 7,4 ГПа и глубина упрочненного слоя до 400 – 500 мкм для стали 40X и микротвердость 5,4 – 6,1 ГПа и глубина закаленной зоны до 1000 мкм для стали 45.

На рисунке 2 показано распределение микротвердости по глубине упрочненного слоя в стали 40X после электронно-лучевой обработки в зависимости от режима предварительной термообработки.

Установлено, что микротвердость образцов в зоне поверхностного упрочнения составляет 5,5 – 8,7 ГПа, причем у поверхности значения микротвердости ниже, а в области с мелкодисперсной структурой (расстояние от поверхности 500 мкм и более) повышаются до 7,7 – 8,7 ГПа. При переходе к незакаленной области микротвердость снижается до 3,1 – 4,2 ГПа в зависимости от режима предварительной термообработки материала.

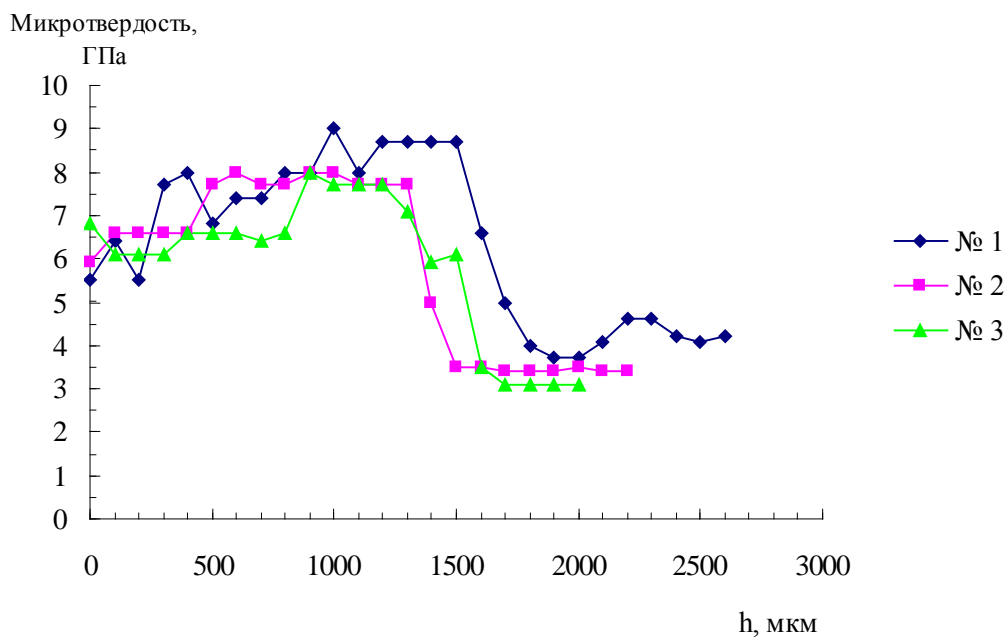


Рисунок 2 – Распределение микротвердости по глубине упрочненного слоя в стали 40X после электронно-лучевой обработки в зависимости от режима предварительной термообработки: закалка при 850 °C и отпуск при 400 °C (1), 500 °C (2), 600 °C (3)

Для стали 45, подвергнутой объемной закалке при температуре 820 °C и отпуску при 400 °C, после электронно-лучевой поверхностной обработки наблюдалось увеличение твердости до 60 HRC, т.е. в 1,7 раза. По сравнению с лазерной закалкой упрочненная зона более глубокая и составляет порядка 1200 мкм.

Выбраны следующие параметры электронно-лучевой закалки образцов: ускоряющее напряжение 60 кВ, ток луча 12 мА, скорость перемещения луча 10 мм/с. В зависимости от режима предварительной термообработки образцов из стали 40X твердость после поверхностного упрочнения увеличилась в 1,6 – 2,5 раза и составила 56 – 61 HRC.

Глубина упрочненного слоя после электронно-лучевой закалки исследуемых материалов достигала 1200 – 1600 мкм. Микротвердость в закаленной зоне для стали 40X составила 5,5 – 8,7 ГПа, а для стали 45: 7,4 – 9,0 ГПа.