

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 621.784.4

А. В. Алифанов, Л. Л. Сотник, О. И. Наливко, А. О. Бобрович

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГИИ ИМПУЛЬСА И ЧИСЛА ЦИКЛОВ (ИМПУЛЬСОВ) НА ТОЛЩИНУ И МИКРОТВЕРДОСТЬ УПРОЧНЕННОГО СЛОЯ ОБРАЗЦОВ ИЗ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

Введение. В данной работе поставлена задача исследовать влияние энергии импульса и числа циклов (импульсов) на толщину и микротвердость упрочненного слоя образцов из конструкционных сталей. Процесс магнитно-импульсной обработки материалов основан на преобразовании электрической энергии, запасенной в накопителе, в переменное магнитное поле, выполняющее работу пластической деформации заготовки или разгоняющее твердое тело [1, 2].

Основная часть. Для исследования были изготовлены цилиндрические образцы диаметром 10 мм и высотой 10 мм из сталей 40Х и 45. Термообработке образцы не подвергались. Одна плоскость подвергалась шлифованию, а затем полировалась.

В индуктор магнитно-импульсной установки одновременно закладывались по 3 образца из одной стали, которые подвергались обработке с определенной энергией импульса и определенным количеством импульсов. После магнитно-импульсной обработки образцы исследовались на компьютеризированном комплексе Dugamip для определения толщины упрочненного слоя и его микротвердости (использовалась нагрузка 50 г) и на электронном микроскопе «Neofot-32». В таблице 1 представлены результаты исследований.

Анализ таблицы 1 показывает, что с увеличением и энергии и числа импульсов, при обработке стальных образцов импульсным магнитным полем, толщина и микротвердость упрочненного слоя на образцах соответственно увеличиваются.

Таблица 1 — Влияние энергии импульса и числа циклов (импульсов) на толщину упрочненного слоя и микротвердость

Материал образца	Энергия импульса, кДж и число импульсов	Глубина упрочненного слоя, мкм	Микротвердость упрочненного слоя образца, кгс / мм ²	Микротвердость неупрочненной части, кгс / мм ²
Сталь 40Х	4/1	0,035	3500	1510
		0,030	3350	1500
		0,035	3550	1560
Сталь 40Х	4/3	0,040	3800	1530
		0,045	3950	1600
		0,040	3850	1570
Сталь 40Х	6/1	0,050	4100	1600
		0,045	4000	1580
		0,045	3950	1530
Сталь 40Х	6/3	0,055	4210	1530
		0,060	4300	1670
		0,060	4280	1600
Сталь 45	4/1	0,030	3300	1550
		0,030	3320	1580
		0,025	3290	1560
Сталь 45	4/3	0,033	3450	1580
		0,038	3600	1550
		0,035	3550	1560
Сталь 45	6/1	0,045	3800	1580
		0,040	3750	1500
		0,040	3700	1550
Сталь 45	6/3	0,050	3900	1590
		0,050	3850	1550
		0,055	4100	1560

Рассмотрим образцы из стали 40X. При режиме обработки 4/1 средняя микротвердость упрочненного слоя по сравнению с неупрочненным увеличивается в 2,3 раза, при режиме 4/3 — в 2,47 раза, при режиме 6/1 — в 2,56 раза и при режиме 6,3 — в 2,7 раза. А всего увеличение микротвердости при переходе от режима 4/1 к режиму 6/3 составило 1,23 раза. Толщина упрочненного слоя увеличивается от среднего значения 0,033 мкм (режим 4/1) до среднего значения 0,058 (режим 6/3), т. е. в 1,75 раза.

Образцы из стали 45. При режиме обработки 4/1 средняя микротвердость упрочненного слоя по сравнению с неупрочненным увеличилась в 2,1 раза, при режиме 4/3 — в 2,26 раза, при режиме 6/1 — в 2,43 раза, при режиме 6/3 — в 2,52 раза. Всего увеличение микротвердости при переходе от режима 4/1 к режиму 6/3 составило 1,2 раза. Толщина упрочненного слоя увеличивается от среднего значения 0,028 мкм (режим 4/1) до среднего значения 0,052 мкм (режим 6/3), т. е. в 1,86 раза.

Сравнение вышеуказанных данных образцов из сталей 40X и 45 показывает, что в стали 40X и толщина упрочненного слоя, и его микротвердость при определенных значениях режимов обработки несколько превышают соответствующие значения для стали 45, что можно объяснить наличием хрома в стали 40X, обладающего высокой активностью карбидообразования.

На рисунке 1 показана фотография участка на краю образца из стали 40X, упрочненного магнитно-импульсным воздействием с энергией импульса 6 кДж и числом импульсов 3 (см. таблицу 1). На фотографии отчетливо виден упрочненный слой более темного цвета на фоне неупрочненной части образца светлого цвета. В области упрочненного слоя и на некотором удалении от него было сделано три укола индентором на компьютеризированном комплексе Duramin. Твердость упрочненного слоя (на границе обозначено цифрой 1) составила 4210 кгс / мм². В отдалении от упрочненного слоя в точке 2 твердость составила 1910 кгс / мм², а в точке 3 — 1530 кгс / мм².

Отношение микротвердости упрочненного слоя (точка 1) к микротвердости неупрочненного слоя (точка 3) составляет 2,75 раза. Интерес представляет и точка 2, находящаяся на некотором удалении от четко различимой внутренней границы упрочненного слоя: микротвердость в этой точке превышает значение микротвердости в точке 3, находящейся еще далее от границы упрочненного слоя, в 1,25 раза. Следовательно, реальный упрочненный слой имеет толщину большую, чем видно на фотографии, что можно объяснить сложным механизмом упрочнения: путем пластической деформации (темный слой), а также карбидообразованием, искажением кристаллической решетки и т. д.

Изучению структуры упрочненного слоя и многообразных причин, его формирующих, будут посвящены последующие научно-исследовательские работы.

На рисунке 2 показана структура краевого участка образца из стали 40X, не подвергавшегося упрочняющей обработке магнитно-импульсным воздействием. Никаких отличий по краю и в центре не наблюдается.

На рисунках 3 и 4 показаны фотографии краевых участков образцов из стали 40X, обработанных магнитно-импульсным воздействием с энергией импульса 4 и 6 кДж соответственно.

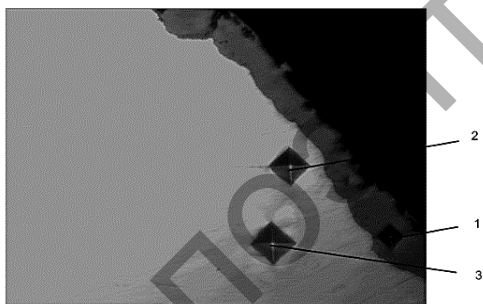


Рисунок 1 — Вид упрочненного слоя на образце из стали 40X с отпечатками индикатора ($\times 500$)

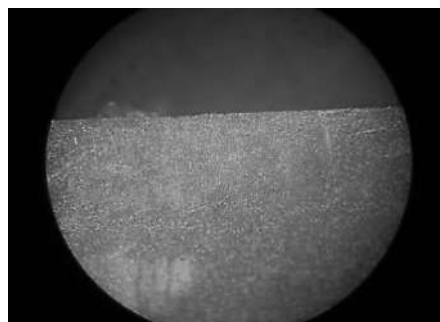


Рисунок 2 — Неупрочненный образец из стали 40X

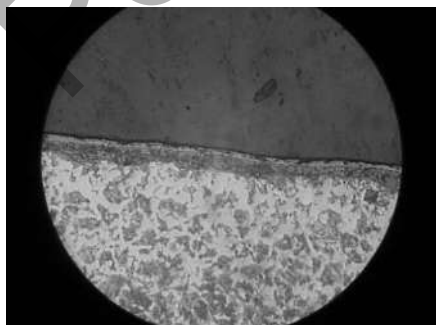


Рисунок 3 — Упрочненный слой образца из стали 40X, обработанного магнитно-импульсным воздействием с энергией импульса 4 кДж ($\times 250$)

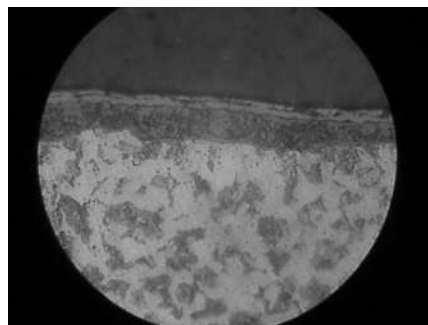


Рисунок 4 — Упрочненный слой образца из стали 40X, обработанного магнитно-импульсным воздействием с энергией импульса 6 кДж ($\times 250$)

На рисунках 3 и 4 отчетливо видны упрочненные слои темного цвета, причем под воздействием импульса 6 кДж упрочненный слой примерно в 2 раза толще слоя, полученного под воздействием импульса 4 кДж. Слои носят текстурированный характер, что говорит о том, что они получены за счет пластической деформации. Структура образцов носит перлитно-ферритный характер, причем ближе к границе упрочненного слоя преобладает ферритная структура, а в направлении к центру начинает преобладать ферритно-перлитная.

Кроме того, для исследования были изготовлены такие же цилиндрические образцы из стали 70Г. На рисунках 5 и 6 показаны фотографии краевых участков образцов из стали 70Г после их обработки магнитно-импульсным воздействием.

На рисунке 5 показан упрочненный слой, полученный при энергии импульса 2 кДж, а на рисунке 6 — при энергии импульса 6 кДж. На рисунке 5 видно, что упрочненный слой проявляется не так четко, как на образцах из стали 40Х, тем не менее, толщина этого слоя больше, чем у образцов из стали 40Х, обработанных с энергией как 4 кДж, так и 6 кДж.

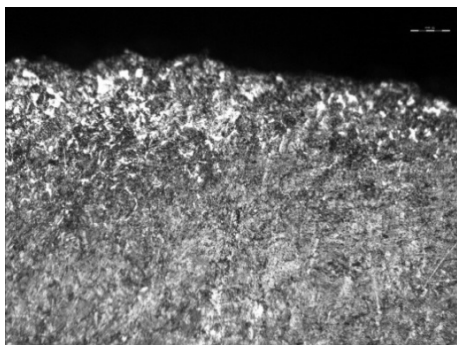


Рисунок 5 — Упрочненный слой образца из стали 70Г, обработанного магнитно-импульсным воздействием с энергией импульса 2 кДж (× 250)

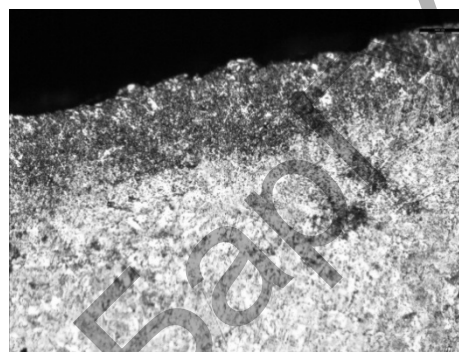


Рисунок 6 — Упрочненный слой образца из стали 70Г, обработанного магнитно-импульсным воздействием с энергией импульса 6 кДж (× 250)

При увеличении энергии импульса до 6 кДж (рисунок 6) упрочненный слой проявляется более четко. В обоих случаях упрочненный слой на образцах из стали 70Г также носит деформационный характер. Структурные изменения в приграничных областях носят характер, аналогичный рисункам 3 и 4.

Заключение. Результаты проведенных исследований показывают высокую эффективность и перспективность магнитно-импульсной обработки образцов из конструкционных сталей.

Магнитно-импульсная обработка образцов из конструкционных сталей 45, 40Х, 70Г приводит к образованию упрочненного слоя глубиной от 30 до 70 мкм в зависимости от величины энергии в импульсе. Для образцов из этих сталей можно рекомендовать обработку магнитно-импульсным воздействием с энергией в импульсе от 2 до 6 кДж. Показано, что применение при обработке одного импульса с большей энергией экономически более выгодно, чем обработка с меньшей энергией, но с большим количеством импульсов.

В то же время установлено, что выбор режимов магнитно-импульсной обработки зависит от состава и процентного содержания легирующих элементов, углерода и других факторов, что требует проведения дальнейших исследований.

Список цитируемых источников

1. Специальные технологические процессы и оборудование обработки давлением / В. А. Голенков [и др.] — М. : Машиностроение, 2004. — Ч. 4, гл. 3 «Индукторы для магнитно-импульсной обработки». — С. 433—451.
2. Белый, И. В. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов / И. В. Белый, С. М. Фертик, Л. Т. Хименко. — Харьков : Изд-во при Харьк. гос. ун-те издат. объединения «Вища шк.», 1977. — 168 с.

УДК 633.358

А. Н. Бризицкий, Е. М. Ритвинская

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГОРОХА ПОСЕВНОГО В ОТКРЫТОМ АКЦИОНЕРНОМ ОБЩЕСТВЕ «НОВАЯ НИВА» ЛЕЛЬЧИЦКОГО РАЙОНА ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Введение. В Республике Беларусь горох является основной зернобобовой культурой. Почвенно-климатические условия республики благоприятны для возделывания гороха. Оптимальные посевные площади гороха в Беларуси должны составлять 180—200 тыс. га [1, с. 21].