



**В. И. АЛИМОВ,**  
доктор техн. наук  
(ДонНТУ)



**М. В. ГЕОРГИАДУ,**  
аспирант  
(ДонНТУ)



**В. В. ЗУБЕНКО,**  
инж.  
(ООО «TERMOLIFE»)

**А**втомное упрочнение деталей горношахтного оборудования не связано со стационарными термическими подразделениями специализированных заводов и привлекательно не только для оперативного восстановления вышедших из строя деталей, но и для изготовления новых [1, 2].

В технологиях поверхностного газопламенного

УДК 543:621.35

# Автономное упрочнение деталей горношахтного оборудования

Установлена возможность получения закалочных структур в поверхностных слоях деталей горношахтного оборудования, ответственных за упрочнение, с автономным нагревом продуктами сжигания распыленного керосина, обогащенного кислородом. Рекомендована принципиальная компоновочная схема установки для автономного упрочнения первичных и восстанавливаемых деталей оборудования.

**Ключевые слова:** детали горношахтного оборудования, автономное упрочнение, продукты сгорания керосина обогащенные, автономная установка.

**Контактная информация:** geote@mail.ru

упрочнения изделий в качестве теплоносителей используются газы – природный, доменный, коксовый, ацетилен, пропан, бутан и др. [3–8]. Чаще всего применяют ацетилен, но у жидких теплоносителей типа бензина теплотворная способность выше [9], однако бензин обладает высокой летучестью и значительной пожароопасностью.

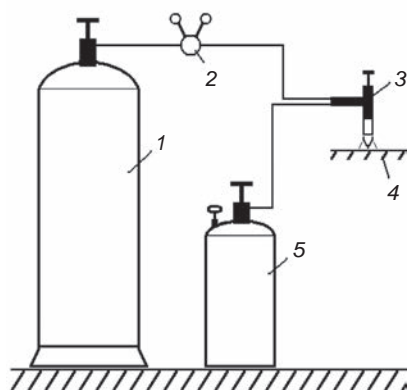
**Цель работы\*** – изучить и оценить структуру и свойства среднеуглеродистых легированных и конструкционных сталей при газопламенном поверхностном упрочнении в продуктах сжигания керосина с подачей кислорода в зону горения для повышения температуры пламени. Для экспериментов использовали образцы из стали 35ХГСА диаметром 40 мм, высотой 58 мм и из стали 50Х размерами 45×80 мм, толщиной 6 мм (из этих сталей изготавливают ответственные детали горношахтного оборудования). В исходном состоянии сталь 50Х имела структуру грубопластинчатого перлита твердостью 167–179 НВ; сталь 35ХГСА отжигали при температуре 870 °С на твердость не более 170 НВ.

Автономное поверхностное упрочнение выполняли на установке, компоновочная схема которой показана на рис. 1. Структура факела пламени приведена на рис. 2.

Температуру нагрева стали оценивали визуально по цвету калия металла – красный цвет для стали 50Х и светло-красный – для стали 35ХГСА, что соответствует 830–900 и 900–1000 °С соответственно. При этом время нагрева увеличивали с увеличением длины пламени. Все образцы закалывали, после чего измеряли твердость и микротвердость.

Твердость поверхности обеих сталей после газопламенной закалки составляет 52–56 HRC, причем для стали 50Х она несколько повышается с увеличением длины пламени

\* В экспериментах принимал участие инж. Н. Н. Щербина.



**Рис. 1.** Компонентная схема автономной установки для поверхностного газопламенного упрочнения: 1 – кислородный баллон; 2 – редуктор; 3 – горелка; 4 – обрабатываемая поверхность металла; 5 – бак с керосином.

и длительности нагрева (таблица).

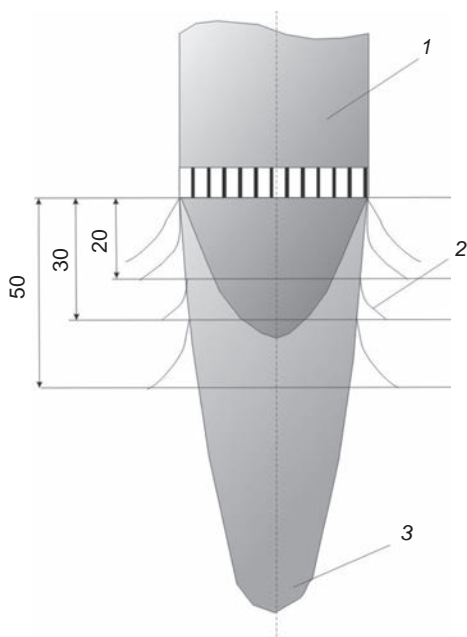
Распределение микротвердости по площади сечения типично: наибольшая наблюдается на поверхности, а затем немонотонно снижается (рис. 3). Видна также более предпочтительная зависимость микротвердости

для стали 35ХГСА, что обусловлено наличием около 3 % легирующих элементов, повышающих устойчивость переохлажденного аустенита и, следовательно, прокаливаемость [10].

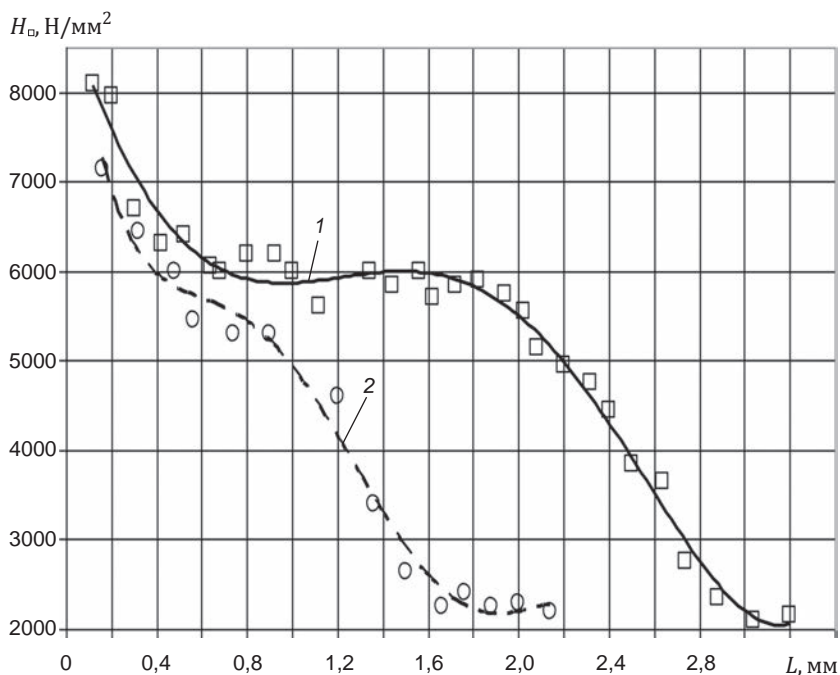
Полученная твердость соответствует микроструктурам сталей на разном расстоянии

Длина факела пламени, мм	Время нагрева, с	Твердость	
		исходная НВ (± 10)	после закалки HRC (± 1,5)
<i>Сталь 35ХГСА</i>			
20	30	175	55
30	40	175	54
50	49	175	54
<i>Сталь 50Х</i>			
15	12	170	55
20	15	170	52
30	18	170	54
50	20	170	56

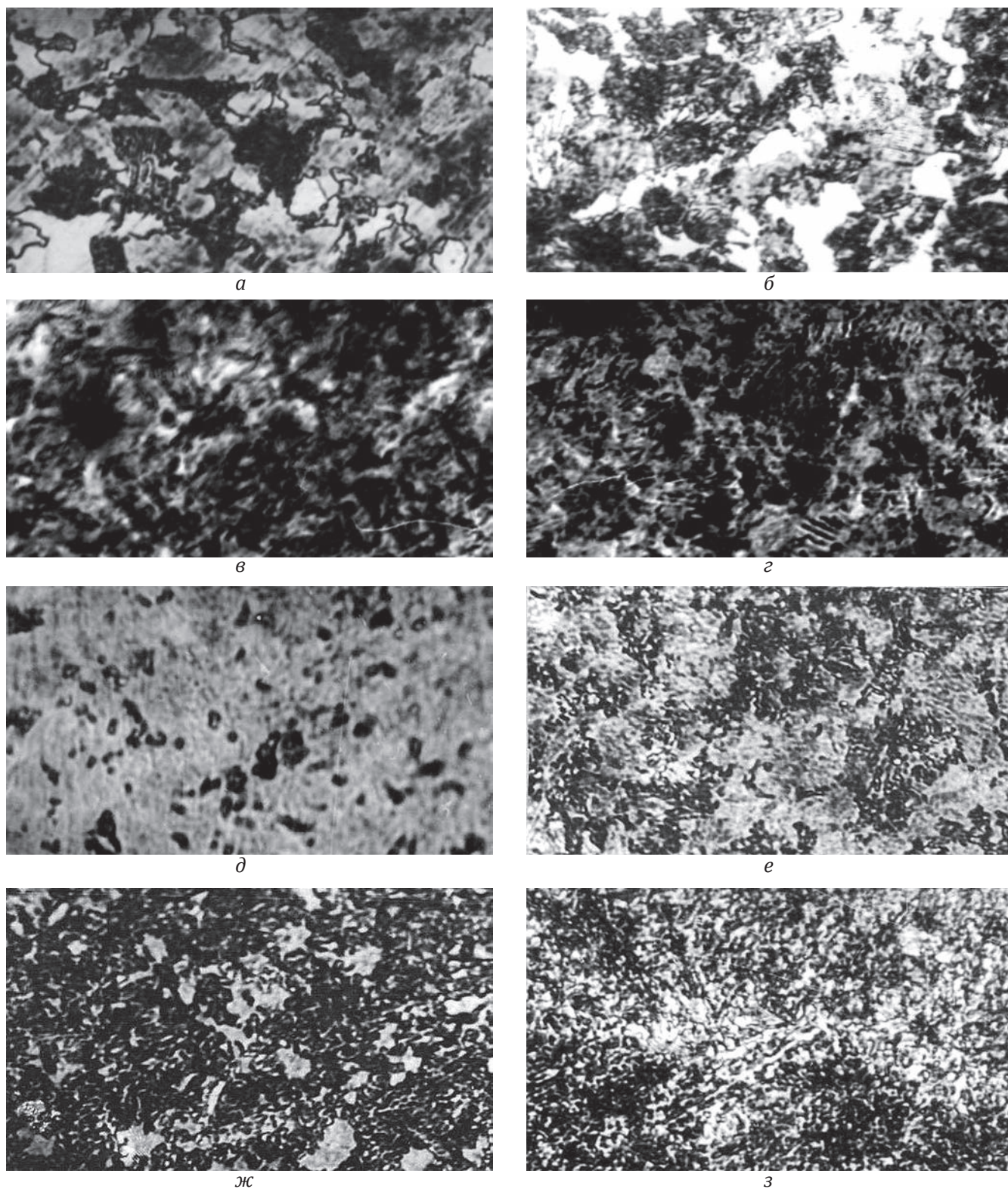
от поверхности (рис. 4). Видно, что упрочнение поверхностных слоев обусловлено получением структур мартенситного типа; по мере удаления от поверхности наблюдаются смешанные мартенситно-бейнитные структуры, что и определяет снижение микротвердости.



**Рис. 2.** Структура факела пламени: 1 – горелка; 2 – «протуберанцы» более холодного пламени; 3 – факел.



**Рис. 3.** Распределение микротвердости  $H_v$  после газопламенной закалки для сталей 35ХГСА (1) и 50Х (2);  $L$  – расстояние от поверхности.



**Рис. 4.** Микроструктура стали 35ХГСА после газопламенной закалки,  $\times 500$  (*а* -  $L = 0,1$  мм; *б* -  $L = 1$  мм; *в* -  $L = 2,3$  мм; *г* -  $L = 3$  мм) и стали 50Х (*д* -  $L = 0,1$  мм; *е* -  $L = 1$  мм; *ж* -  $L = 1,5$  мм; *з* -  $L = 2$  мм).

**Выводы.** Вследствие кратковременного нагрева образцов деталей горношахтного оборудования из конструкционных легированных сталей в продуктах сжигания распыленного керосина, обогащенного кислородом, с последующей закалкой получают мартенситные структуры в приповерхностных слоях, ответственных за упрочнение. Плавный переход от мартенситной к исходной структуре обуславливает минимальный уровень напряжений в поверхностном слое и повышает его устойчивость к скалыванию. Рекомендуются принципиальная компоновочная схема установки для автономного упрочнения первичных и термически восстанавливаемых деталей горношахтного оборудования [11].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов К. Н. Оборудование термических цехов / К. Н. Соколов. – К. – Донецк: Вища школа, 1984. – 384 с.
2. Большаков В. И. Оборудование термических цехов, технология термической и комбинированной обработки металлопродукции / В. И. Большаков, И. Е. Долженков, А. В. Зайцев. – Днепропетровск: РИА Днепр-VAL, 2010. – 620 с.
3. Каменичный И. С. О газопламенном нагреве при термической обработке металлов / И. С. Каменичный // МиТОМ. – 1975. – № 3. – С. 41–42.
4. Смольников А. И. Газопламенная поверхностная закалка крупномодульных зубчатых колес / А. И. Смольников, Г. Н. Филиппов, А. Н. Ефименко // МиТОМ. – 1978. – № 9. – С. 18–19.
5. Ommerborn K. Das Flammhärten / K. Ommerborn, K. Büch // Gas Wärme INT. – 1990. – 39. – № 4 – 5. – S. 157–165.
6. Scheffels Gerald. Randschichthärten: Partielle Härte / G. Scheffels // Antriebstechnik. – 1991. – 30. – № 2. – S. 35.
7. Згура А. А. Окисление труб при пламенно-индукционном нагреве / А. А. Згура, О. Т. Никольская, Т. В. Иванова // МиТОМ. – 1992. – № 7. – С. 8–9.
8. Шепеляковский К. З. Поверхностная и объемно-поверхностная закалка как средство упрочнения ответственных деталей машин и экономии материальных ресурсов / К. З. Шепеляковский // МиТОМ. – 1993. – № 11. – С. 8–14.
9. Лепеха А. Е. Пламенная поверхностная закалка стали / А. Е. Лепеха. – К.: Машгиз, 1955. – 68 с.
10. Попова Л. Е. Диаграммы превращения аустенита в стали и бета-раствора в сплавах титана: справ. термиста / Л. Е. Попова, А. А. Попов. – 3-е изд. – М.: Металлургия, 1991. – 502 с.
11. Алімов В. І. Термічне відновлення радіальних розмірів деталей гідравліки шахтного кріплення / В. І. Алімов, М. В. Георгіаду, Л. О. Желтобрюх // Уголь України. – 2014. – № 5. – С. 34–38.

## ПО МАТЕРИАЛАМ ЖУРНАЛА «УГОЛЬ УКРАИНЫ» ПРОШЛЫХ ЛЕТ

В журнале № 7 в статье Г. Я. Степановича «Совершенствование очистных работ на шахтах Центрального района Донбасса» указано, что для совершенствования очистных работ необходимо:

широко внедрять отработку защитных пластов на действующих горизонтах и с опережением на один этаж;

разработать эффективные способы и средства проведения подготовительных выработок в крепких породах и на этой базе перестроить горное хозяйство шахт за счет высоких темпов проходки выработок и применения рациональной планировки горных работ, столбовых систем разработки, прогрессивных способов управления кровлей и концентрации горных работ с нагрузкой на лаву до 1000 т в сутки;

конструктивно совершенствовать выемочные комбайны для отработки весьма тонких защитных пластов и др.

Отметим, что осуществить механизацию очистных работ традиционными способами на базе существующей техники на пластах с различными условиями невозможно, требуется принципиально новый подход, новые технологические и технические решения.