

Основные положения рассматриваемого метода подвергнуты экспериментальной проверке, данные которой хорошо согласуются с расчетными. Некоторое количественное несоответствие (порядка 6—10% в зонах наибольшей неоднородности поля), по-видимому, объясняется тем, что при теоретическом анализе был принят датчик бесконечно малого размера, что не реализуемо на практике.

Вопросы детального исследования метрологических и эксплуатационных свойств рассмотренного метода будут изложены в последующих работах.

Физико-механический институт  
АН УССР

Поступила в редакцию  
23 ноября 1967 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тамм И. Е. Основы теории электричества, М., Гостехиздат, 1956, стр. 289; 454.
2. Кущиренко А. Н. Электродинамика, изд. Киевского госуниверситета, 1961, стр. 119.
3. Никольский В. В. Теория электромагнитного поля, изд. 3-е, М., изд. «Высшая школа», 1964, стр. 109.
4. Калантаров П. Л., Нейман Л. Р. Теоретические основы электротехники, изд. 3-е, Л.—М., Госэнергоиздат, стр. 391.
5. Градштейн И. С., Рыжик И. М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений, изд. 4-е, М., Физматгиз, 1963, стр. 919; 921.

УДК 620.179.14

## МАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ ГЛУБИНЫ И ТВЕРДОСТИ ЦЕМЕНТИРОВАННОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ ДОЛОТ

*B. M. Морозова, M. H. Михеев, G. B. Сурин и L. V. Поморцева*

Рассматривается применение феррозондового коэрцитиметра с приставным электромагнитом для контроля глубины и твердости цементированного слоя лап и шарошек для долот нефтебурооборудования.

В таких деталях буровых долот, как шарошка и лапа, упрочнение беговых дорожек для подшипников достигается цементацией и последующей закалкой с низкотемпературным отпуском.

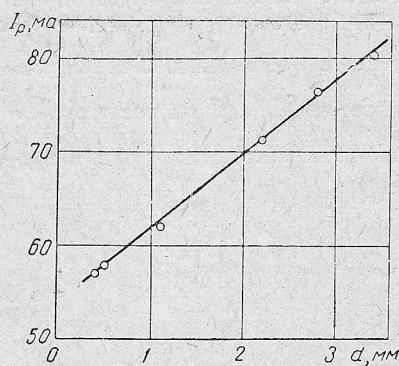
Исследования [1] физических свойств цементуемых сталей 17ХН2, 20ХНЗА и 17Н3МА показали, что в случае небольших колебаний насыщенности цементированного слоя углеродом неповреждающий контроль глубины и твердости цементированного слоя беговых дорожек лап и шарошек возможен по измерениям коэрцитивной силы в закаленном или низкоотпущенном состоянии [2, 3].

В настоящей работе представлены результаты испытаний на Верхне-Сергинском машиностроительном заводе феррозондового коэрцитиметра с приставным электромагнитом [4], разработанного Институтом физики металлов АН СССР для контроля глубины и твердости цементированного слоя. Испытания проводились на ряде типов шарошек и лап после окончательной термической обработки, заключающейся в закалке от 800° и низкотемпературном отпуске при 180° С.

Размеры приставного электромагнита (сечение полюсов 4×10 мм, расстояние между ними 15 мм) обеспечивают глубину проникновения

магнитного потока в изделие около 2,5 мм [5] и позволяют вести измерения коэрцитивной силы локально в нескольких местах изделия, благодаря чему контролируется однородность цементированного слоя лап и шарошек. В намагничивающей обмотке электромагнита содержится 2000 витков, но для удобства регулировки и отсчета размагничивающего тока для размагничивающей обмотки было взято 600. В средней части ярма электромагнита смонтирован рамочный феррозонд<sup>1</sup>, который служит индикатором размагниченного состояния изделия [6].

Для проверки чувствительности феррозондового коэрцитиметра к изменениям глубины цементированного слоя при одинаковой насыщенности его углеродом были измерены ударные образцы с твердостью не ниже 57 RC и различной глубиной такого слоя. Прямолинейная зависимость показаний  $I_p$  феррозондового коэрцитиметра от глубины  $d$  цементированного слоя свидетельствует о достаточной чувствительности прибора к изменениям глубины слоя цементации (см. рисунок).



Зависимость показаний  $I_p$  коэрцитиметра от глубины  $d$  цементированного слоя закаленных образцов стали 20ХНЗА.

которые определялись металлографически и прибором Роквелла на специально вырезанных из изделий темплетах.

Как видно из таблицы, интервалы показаний  $I_p$  коэрцитиметра, соответствующие годным изделиям, составляют 33—39 мА для лап типа 1В-190Т и 45—49 мА — для лап 4В-140С. Пределы показаний  $I_p$  для годных лап 2В-118С не установлены, так как все испытанные лапы имели низкую твердость и браковались коэрцитиметром по этой причине.

На шарошках 1В-190Т (см. таблицу) был установлен нижний предел показаний  $I_p$  — 43 мА, а верхний — около 50 мА. Значение последнего может быть уточнено в процессе эксплуатации прибора. Пределы для небольших шарошек 4В-140С не были найдены, поскольку выбранная конструкция приставного электромагнита не обеспечивала хорошего магнитного контакта с этой деталью.

Цементированное изделие в первом приближении является двухслойным ферромагнетиком. Поэтому его коэрцитивная сила или  $I_p$  должны зависеть не только от толщины, но и от  $H_c$  материала слоев. Благодаря применению локального намагничивания приставным электромагнитом вклад в  $H_c$  цементированного слоя, намагничивание которого происходит в основном по предельным петлям гистерезиса, будет более заметным, чем вклад сердечники изделия. Это соображение под-

<sup>1</sup> Данные зонда: сечение сердечника зонда 10×8 мм; число витков обмоток возбуждения 380×2 (провод ПЭЛ Ø0,2 мм), измерительной — 900 (провод ПЭЛ Ø 0,15 мм).

Сооставление показаний ферроэзондового ковригиметра с глубиной и твердостью  
цементированного слоя детали долот

**Примечание.** По техническим условиям глинины и твердость, состоящего из слоев, см. в табл. 1,5—1,8 и 57—60 РС.

тврждаются результатами измерений твердости сердцевины лап 1В-190Т (см. таблицу). Колебания твердости сердцевины в пределах 24—37  $RC$  не сказываются ощутимо на показаниях коэрцитиметра. Но изделие с твердостью сердцевины  $\sim 5$ —10  $RC$  и нормальным слоем, по-видимому, имело бы  $I_p$  ниже установленных пределов годности. В данном случае изделие было бы забраковано из-за очень мягкой сердцевины.

Как и следовало ожидать [7, 8], переотпуск, сопровождающийся заметным снижением  $H_c$  и небольшим снижением твердости цементированного слоя [1], легко обнаруживается коэрцитиметром при любой глубине цементации. Большая или меньшая глубина цементации по сравнению с нормальной ее глубиной при  $HRC \geq 58$  выявляется по показаниям  $I_p$  прибора, хотя и с меньшей чувствительностью, чем пониженная твердость слоя, обусловленная переотпуском или погрешностями закалки. Особенно легко выявляются слои с пониженными глубиной цементации и твердостью.

Благодаря вариациям твердости цементированного слоя в пределах технических условий, наряду с колебаниями насыщенности углерода в нем, и упомянутой выше неоднородности свойств сердцевины одно и то же показание коэрцитиметра соответствует слоям, несколько отличающимся по толщине. Это дает основание утверждать, что показания прибора, полученные на изделии после его закалки и низкотемпературного отпуска, аттестуют совокупность двух важнейших характеристик цементированного слоя (толщину и твердость) и позволяют выявить детали с очень мягкой сердцевиной.

Результаты проведенных испытаний позволяют рекомендовать феррозондовый коэрцитиметр ИФМ АН СССР для 100%-ного контроля качества химико-термической и термической обработок деталей долот.

Контроль качества цементации данным прибором несравненно надежнее и экономичнее выборочного контроля методами механических испытаний и металлографического анализа, поскольку этот метод, с одной стороны, позволяет проверить всю совокупность изделий и, с другой стороны, является неразрушающим и экспрессным.

Институт физики металлов  
АН СССР

Поступила в редакцию  
23 мая 1968 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Морозова В. М., Михеев М. Н., Захарова Г. Н. и Поморцева Л. В. Дефектоскопия, 1966, № 5, 77.
2. Михеев М. Н. Изв. АН СССР, ОТН, 1943, № 3—4, 68; № 5—6, 53.
3. Михеев М. Н. ЖТФ, 1945, 15, 672.
4. Михеев М. Н., Неизвестнов Б. М., Морозова В. М. и Сурина Г. В. Дефектоскопия, 1969, № 2 (в печати).
5. Михеев М. Н. Труды ИФМ АН СССР, вып. 21, 1959, стр. 147.
6. Янус Р. И., Дрожжина В. И., Фридман Л. А. Заводская лаборатория, 1955, № 10, 1193.
7. Михеев М. Н. Труды ИФМ УФАН СССР, вып. 12, 1949, стр. 157.
8. Михеев М. Н., Неизвестнов Б. М., Турчинский И. И., Костеников Г. П., Изотова Т. К. Труды ИФМ АН СССР, вып. 21, 1959, стр. 199.