

68. Михеев М. Н., Горкунов Э. С., Антонов А. В., Ситников Н. Н. Прибор для неразрушающего магнитного контроля твердости отпущенных изделий из конструкционных и простых углеродистых сталей. — Дефектоскопия, 1980, № 2, с. 31—34.

69. Михеев М. Н., Сомова В. М., Горкунов Э. С. Магнитный контроль качества термической обработки изделий из конструкционных сталей 45 и 50. — Дефектоскопия, 1980, № 7, с. 22—28.

70. Михеев М. Н., Морозова В. М., Морозов А. П., Неизвестнов Б. М., Сурин Г. В., Захарова Г. Н. Коэрцитиметрические методы контроля качества термических и химико-термических обработок стальных и чугунных изделий. — Дефектоскопия, 1978, № 1, с. 14—22.

УДК 620.179.14

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СТАЛИ 12ХН3А

Я. Г. Фейгин, М. А. Беняковский

Исследована возможность использования коэрцитиметра и метода фигур Лиссажу для раздельного электромагнитного контроля качества химико-термической обработки деталей из стали 12ХН3А: контроль глубины, насыщения углеродом и структуры цементированного слоя осуществляется до закалки, а контроль твердости поверхности — после закалки и низкотемпературного отпуска.

Валики втулочно-роликовых цепей судовых дизелей, изготавливаемых из стали 12ХН3А, подвергают химико-термической обработке: цементации на глубину 1,0—1,4 мм, высокотемпературному отпуску и последующей закалке с низкотемпературным отпуском на твердость 58—64 HRC. Глубину и структуру цементированного слоя контролируют до закалки, после цементации и высокотемпературного отпуска, металлографическим методом по валику-свидетелю, а твердость — после окончания всего процесса химико-термической обработки на прессе Роквелла.

Традиционные методы контроля имеют существенные недостатки: 1) для измерения твердости требуется значительное время (с учетом подготовки деталей под контроль оно составляет около 3 мин на один валик); 2) выборочный контроль после цементации приводит к тому, что в ряде случаев при завершающем контроле бракуется много обработанных валиков (причем брак в данном случае неисправимый). Отмеченные недостатки могут быть устранены при электромагнитных методах контроля [1—4].

Применение этих методов к деталям из стали 12ХН3А описано, например, в [5—7]. Однако в этих работах рассматривался контроль деталей после закалки или даже после низкотемпературного отпуска. В нашем случае необходим контроль глубины цементации до закалки, а твердость должна контролироваться после низкотемпературного отпуска. Возможность и эффективность такого раздельного контроля исследована в настоящей работе.

Валики одной плавки подвергали цементации в заводской лаборатории по 4—7 штук в партии. Различие в толщине цементированного

слоя (от 0,40 до 1,87 мм) достигали варьированием времени цементации (от 4 до 27 ч), температуры и числом капель уайт-спирита в единицу времени. Все валики после цементации подвергали высокотемпературному отпуску. На одном из валиков каждой партии в химической лаборатории определяли послойное (2—6 слоев) содержание углерода. От всех валиков отрезали темплеты и по ним в металлографической лаборатории определяли глубину, насыщение углеродом, микроструктуру и твердость цементированного слоя, а также структуру и твердость сердцевины. В сердцевине структура всех валиков феррито-перлитовая, размер зерна 7—8 баллов.

Для исследования валиков использовали коэрцитиметр КИФМ-1 (размер полюсов приставного электромагнита 4×10 мм, расстояние

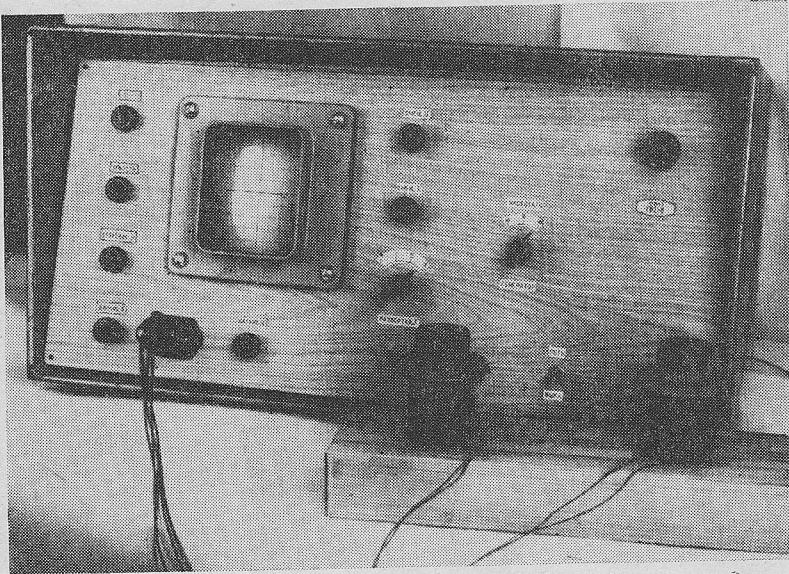


Рис. 1. Общий вид прибора для контроля цементации.

между ними 15 мм) и метод фигур Лиссажу. Их получали с помощью прибора¹ контроля цементации (ПКЦ), состоящего из моста переменного тока, фазовращателя, осциллоскопического индикатора, генератора на 40, 50 и 100 Гц и блока питания. Общий вид ПКЦ изображен на рис. 1.

На рис. 2 представлены кривые Лиссажу для некоторых валиков. В качестве эталона использовали валик с толщиной цементированного слоя 0,43 мм. Партиям 12, 14, 15, 13, 10 и 11 отвечают толщины 0,43; 0,52; 0,59; 0,71; 0,85; 0,91 мм соответственно. Партиям 28, 23, 18, 21, 22, 16 — толщины 1,08; 1,26; 1,36; 1,30; 1,43 и 1,49 мм соответственно. Микроструктура всех этих валиков и насыщение углеродом их цементированного слоя были удовлетворительными. Партии 17 соответствует толщина 1,86 мм.

Для всех валиков была измерена высота A фигур Лиссажу. Полученные результаты представлены на рис. 3. Видно, что между толщиной цементированного слоя и высотой фигур имеется хорошая связь; коэффициент корреляции [8] между этими величинами для 87 валиков ра-

¹ В изготовлении прибора принимал участие В. А. Кузьмичев.

вен 0,883. Однако при контроле качества термообработки по высоте фигур Лиссажу практически не учитывается структура цементированного слоя и его насыщение углеродом. При таком контроле, например, партия валиков 27 была бы признана годной, а в действительности вследствие наличия в цементированном слое участков феррита и обезуглероженности поверхности она является браком. По форме фигур Лиссажу это фиксируется достаточно четко. Фигуры имеют характерные «провалы» (рис. 4).

Для проверки надежности контроля толщины цементированного слоя при помощи фигур Лиссажу было исследовано несколько партий

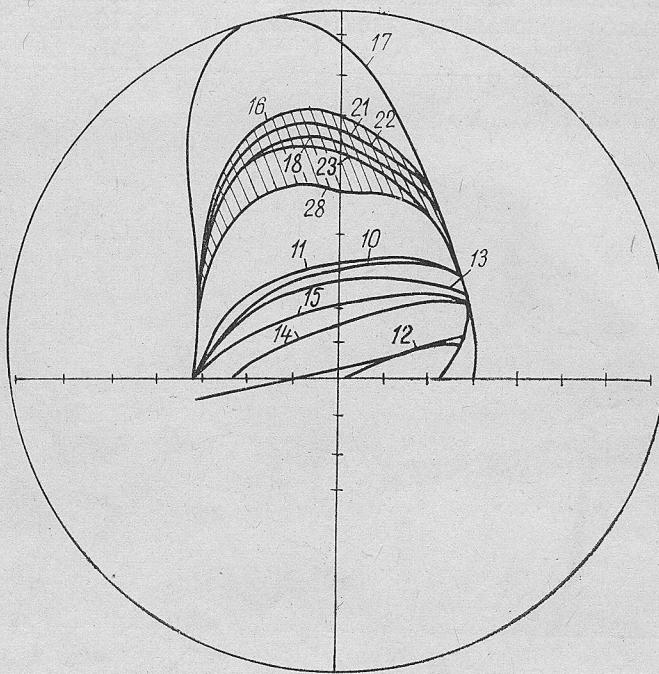


Рис. 2. Фигуры Лиссажу для цементированных незакаленных валиков. Интервал годных валиков заштрихован. Цифры у кривых соответствуют номеру партии.

валиков, проходивших цементацию и высокотемпературный отпуск в термическом цехе. Из одной партии было взято 60 валиков. По фигурам Лиссажу они были разделены на 4 группы. Один валик из каждой группы исследовали в металлографической лаборатории. Полученные результаты приведены в таблице.

Как следует из данных таблицы, для валиков, взятых из одной партии, наблюдается значительный разброс параметров. Контроль по фигурам Лиссажу регистрирует этот разброс.

Мы исследовали также возможность магнитного контроля твердости валиков после окончания химико-термической обработки перед завершающей операцией — шлифовкой. Из 87 валиков было выбрано 16, глубина цементации которых находилась в пределах нормы (1,0—1,4 мм). В лабораторных условиях все они закаливались при одной и той же температуре (810°C), но отпускались, с целью получения различной твердости, при различных температурах: 340, 220, 180, 130°C . Получали четыре группы валиков с различной твердостью. Твердость измеряли в 2—3 точках вдоль образующей цилиндра. Парал-

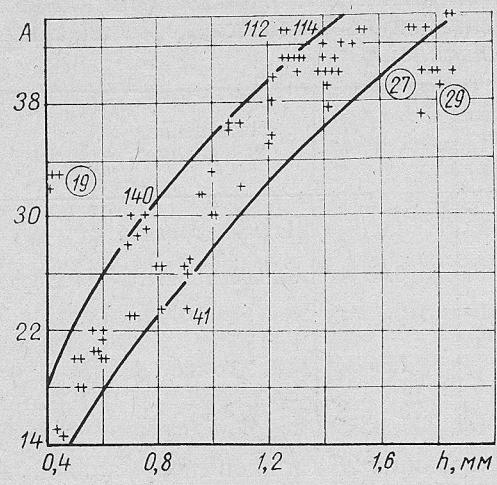


Рис. 3. Связь между глубиной цементированного слоя h и высотой фигур Лиссажу A .

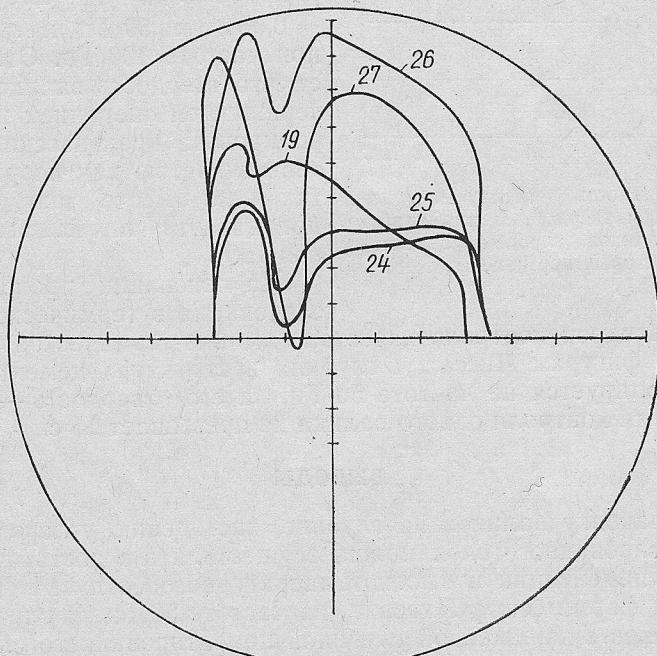


Рис. 4. Фигуры Лиссажу с «провалами» — в цементированном слое имеются обезуглероженность и участки феррита.

лько с помощью КИМФ-1 измеряли коэрцитивную силу. Полученные результаты представлены на рис. 5. Видно, что для валиков с нормальной глубиной цементации наблюдается хорошая связь между твердостью и коэрцитивной силой.

№ группы	Количество валиков в группе	h , мм	Насыщение углеродом	Микроструктура
1A	8	1,0	Нижняя граница	Неплотная
2A	28	0,95	Удовлетворительное	Разорванная мелкая карбидная сетка
3A	20	1,0	То же	То же
4A	4	1,20—1,25	»	»

Еще для одной партии из 25 валиков с нормальной глубиной и структурой цементированного слоя измеряли твердость, коэрцитивную силу

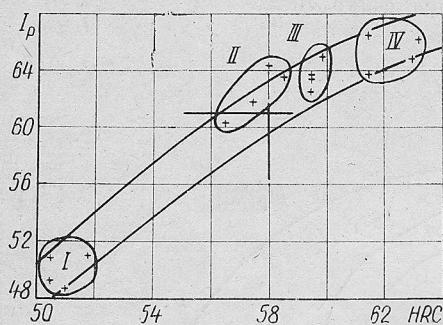


Рис. 5. Зависимость между коэрцитивной силой и твердостью для «лабораторных» валиков, глубина цементации которых нормальная.

и высоту фигур Лиссажу при частотах 50 и 100 Гц. По результатам измерений были рассчитаны соответствующие значения коэффициентов корреляции. Они оказались равными: $r_{HRC, I_p} = 0,950$; $r_{HRC, A} = 0,904$ при 50 Гц и $r_{HRC, A} = 0,933$ при частоте 100 Гц. Отсюда следует, что твердость валиков перед завершающей операцией можно контролировать практически с одинаковой точностью как коэрцитиметров, так и по высоте фигур Лиссажу при частоте питающего напряжения 100 Гц.

На основании проведенного исследования в термическом цехе ПО БМЗ был внедрен контроль качества обработки валиков по фигурам Лиссажу: глубина и структура цементированного слоя контролируется на частоте 50 Гц, а его твердость — на частоте 100 Гц. Время контроля одного валика не превышает 15 с.

ВЫВОДЫ

1. Разбраковку валиков по глубине, насыщению углерода и структуре цементированного слоя можно осуществлять с достаточной точностью после цементации и высокотемпературного отпуска до закалки по высоте и форме фигур Лиссажу на частоте 50 Гц. В случае обнаружения валиков с заниженной глубиной цементированного слоя они могут быть направлены на доцементацию. Следовательно, предлагаемый метод контроля позволяет не только обнаруживать брак, но и исправлять его.

2. Контроль твердости валиков, цементированный слой которых удовлетворяет требованиям ТУ, после окончания химико-термической обработки можно надежно осуществлять как по высоте фигур Лиссажу, на частоте 100 Гц, так и по значению коэрцитивной силы.

3. Использование указанных выше методов не только обеспечивает сплошной неразрушающий контроль, но и гарантирует более высокую производительность по сравнению с традиционным методом замера твердости по Роквеллу.

ПО Брянский машиностроительный завод

Поступила в редакцию
29 марта 1979 г.;
в окончательном варианте —
12 сентября 1980 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мак-Гоннейгль. Испытания без разрушения. М.: Машиностроение, 1965, 351 с.
2. Неразрушающие испытания. Справочник. Кн. вторая. Под ред. Р. Мак-Мастера. Л.: Энергия, 1968, 492 с.
3. Исследование по физике металлов и неразрушающим методам контроля. Сборник. Под ред. Н. С. Акулова. Минск: Наука и техника, 1968, 355 с.
4. Фейгин Я. Г., Беняковский М. А. Магнитный метод контроля качества термообработки деталей из стали 38ХС. — Дефектоскопия, 1978, № 5, с. 47—50.
5. Мовшович Б. И., Островская Э. Л. Электромагнитный контроль качества цементации деталей электроаппаратов и твердости поршневых пальцев. — Дефектоскопия, 1968, № 4, с. 16—21.
6. Кузнецов И. А., Сомова В. М., Скрипова Н. М. Магнитные, электрические, механические свойства стали 12ХНЗА и ее цементированных слоев. — Дефектоскопия, 1974, № 4, с. 110—116.
7. Кузнецов И. А., Сомова В. М., Скрипова Н. М. Электромагнитный контроль глубины и твердости цементированного слоя деталей из стали 12ХНЗА. — Дефектоскопия, 1974, № 5, с. 108—114.
8. Шторм Р. Теория вероятности. Математическая статистика. Статистический контроль качества. М.: Мир, 1970, 368 с.
9. Кузнецов И. А. и Скрипова Н. М. Способ электромагнитного контроля качества химико-термической обработки стальных изделий. Авт. свид. № 783769. — Бюлл. изобр., 1980, № 44, с. 178.

Примечание при корректуре. Авторам стало известно об изобретении [9]. Следует заметить, что в отличие от [9] описанный в статье способ позволяет контролировать не только глубину, но и другие необходимые параметры, характеризующие качество цементированного слоя изделий до закалки, то есть позволяет осуществлять неразрушающий экспрессный контроль каждой детали на уровне традиционного металлографического метода.

УДК 620.179.14

МАГНИТНЫЕ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ТВЕРДОСТЬ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ Р6М3 И Р6М5 ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ ТЕРМИЧЕСКИХ ОБРАБОТОК

И. А. Кузнецов, В. Л. Немков, Е. Б. Прохорова

Исследованы магнитные, электрические свойства и твердость быстрорежущих сталей Р6М3 и Р6М5 в зависимости от различных режимов термической обработки. Обсуждается возможность использования исследованных характеристик в качестве параметров неразрушающего контроля качества инструмента из указанных сталей, прошедших закалку и последующий отпуск.