

УДК 620.179.14  
 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ТЕРМООБРАБОТКИ СТАЛИ МАРКИ 30ХГСА  
 ПО ИНДУКЦИОННЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

З. М. КОРОТКЕВИЧ, В. А. БУРАК  
 Институт прикладной физики НАН Беларуси  
 Минск, Беларусь

Контроль качества термообработки изделий из конструкционной стали 30ХГСА – важная и актуальная задача машиностроения. Одним из перспективных для решения этой задачи является магнитный метод неразрушающего контроля структурного состояния с использованием импульсного намагничивания.

Было проведено исследование магнитных параметров, измеренных в проходном соленоиде с помощью измерителя магнитной индукции в импульсном режиме намагничивания-перемагничивания ИМИ-И [1], реализующего контроль в разомкнутой магнитной цепи. Измерения магнитной индукции изделия в процессе импульсного намагничивания и перемагничивания позволяют получить петлю магнитного гистерезиса, характеристики которой могут быть использованы в качестве информативных параметров для неразрушающего контроля.

Образцы, изготовленные из холоднокатаной и горячекатаной стали 30ХГСА, предварительно размагничивались, а затем намагничивались несимметричным полем противоположных полярностей. Такое намагничивание дает возможность получить несимметричную петлю магнитного гистерезиса, что позволяет использовать большее количество новых магнитных параметров за счет рассмотрения как предельной, так и частной петель магнитного гистерезиса, полученных в рамках одного измерения.

Полученные магнитные индукции (рис. 1): остаточная магнитная индукция  $B_r$ ; максимальная релаксационная магнитная индукция  $B_{mp}$ ; разность  $dB$  между максимальной релаксационной магнитной индукцией и остаточной магнитной индукцией.

Остаточная магнитная индукция  $B_r$  до температуры отжига 500 °С практически не изменяется по величине как для холоднокатаной, так и для горячекатаной сталей, с увеличением температуры отжига до 650 °С величина остаточной магнитной индукции для холоднокатаной стали уменьшается, так как структура стали становится более однородной. Поведение  $B_r$  горячекатаной стали в этом интервале не изменяется. Дальнейшее увеличение температуры отжига от 650 до 900 °С приводит к неоднозначной зависимости остаточной магнитной индукции  $B_r$  для холоднокатаной стали, для горячекатаной наблюдается увеличение значений до температуры 760 °С, а затем спад.



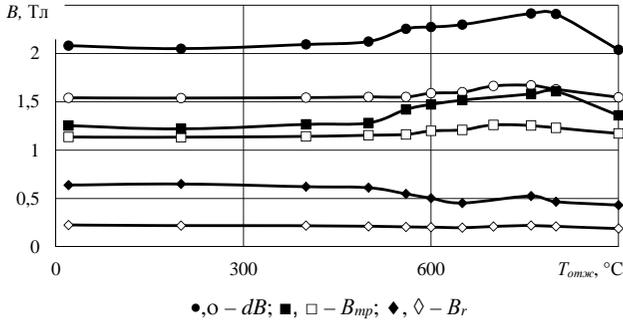


Рис. 1. Зависимости магнитных индукций от температуры отжига образцов холоднокатаной (●, ■, ◆) и горячекатаной (○, □, ◇) стали 30ХГСА

Величина максимальной релаксационной магнитной индукции  $B_{тр}$ , разности  $dB$  между максимальной релаксационной магнитной индукцией и остаточной магнитной индукцией с ростом температуры отжига изменяются одинаковым образом. Для холоднокатаной стали 30ХГСА с увеличением температуры отжига от 200 до 800 °С они возрастают, причем до 500 °С этот рост медленный, затем более резкий. При увеличении температуры отжига свыше 800 °С наблюдается спад величин индукции. Для горячекатаной стали резкого изменения характеристик не наблюдается.

Абсолютные значения величин магнитной индукции для холоднокатаной стали выше, чем для горячекатаной, что обусловлено более высокими прочностными характеристиками, полученными в процессе изготовления холоднокатаной стали.

Контроль качества термообработки изделий из холоднокатаной стали марки 30 ХГСА по параметрам магнитной индукции применим для определения недогрева (температура отжига до 500 °С). Для горячекатаной стали чувствительность индукционных характеристик невысокая, поэтому необходимо использовать отличные от индукции параметры или использовать их для построения множественных регрессионных моделей.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прибор для измерения магнитной индукции ферромагнитных стержней в процессе импульсного намагничивания-перемагничивания / З. М. Короткевич [и др.] // Приборостроение-2013: материалы 6 Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 20–22 нояб. 2013 г. – Минск: БНТУ, 2013. – С. 70–72.