

П. П. ГАЛЕНКО

## ВЛИЯНИЕ ЦИКЛИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА НИКЕЛЯ

Существует ряд физических методов исследования процессов, протекающих в твердом теле: рентгеновский, оптический, магнитный и др. Однако магнитный метод является самым чувствительным и дает возможность проследить за физическим явлением на одном и том же образце, не нарушая его целостности. Другие же методы при исследовании этим преимуществом не обладают.

Упругие и пластические деформации ферромагнитных металлов приводят к изменению магнитоупругой энергии анизотропии, что ведет к резкому изменению их магнитных свойств.

Если же достаточно изучено влияние упругих деформаций на магнитные свойства при одноосном растяжении и сжатии, то для упругой деформации кручения таких исследований проведено мало, не говоря уже о влиянии пластических и циклических деформаций.

Исследования изменения магнитных свойств при циклических деформациях приобретают интерес как с практической точки зрения, так и с теоретической, в связи с проблемой усталости металлов.

В работах автора [1, 2] приводятся систематические исследования изменения магнитных свойств никеля и армко-железа при знакопостоянных упругих и пластических деформациях кручения.

В данной работе приведены систематические исследования изменения магнитной проницаемости никеля при знакопеременном закручивании. При таком виде циклических деформаций возможно на одном и том же образце проследить за характером изменения магнитной проницаемости за полный «квазицикл» на различных стадиях знакопеременного нагружения в данном намагничивающем поле. Таких нагружений нельзя провести при растяжении—сжатии и знакопеременном изгибе.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Знакопеременное закручивание производилось по методике, разработанной в работе [3]. Изменение магнитной проницаемости образца при циклических деформациях замерялось по дифференциальной схеме, аналогично как в работе [1].

Эта методика позволила в процессе полного цикла изменения угла закручивания  $-\varphi_a \leq \varphi \leq +\varphi_a$  одновременно фиксировать абсолютные изменения магнитной проницаемости образца и механическую петлю гистерезиса, по которой можно было судить о стадии знакопеременного нагружения.

Петля гистерезиса, обусловленная необратимыми деформациями за полный «квазицикл», приведена на рис. 1. Знакопеременное закручивание проведено при заданной амплитуде угла закручивания  $\varphi_a = a \cdot 150$  радиана. Выбрана такая амплитуда угла закручивания  $\varphi_a$ , при которой заметно выражены наряду с упругими пластические деформации. Эти пластические деформации и являются причиной раскрытия значительных размеров петли гистерезиса.

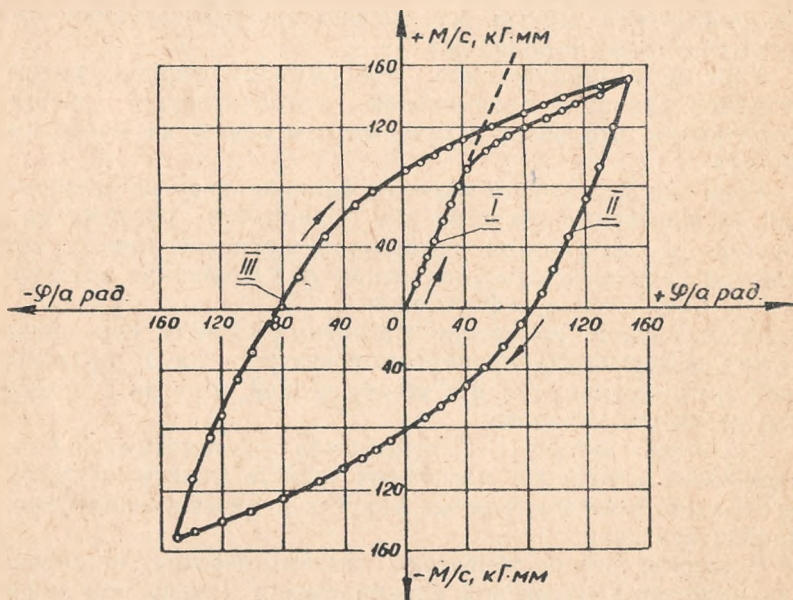


Рис. 1

Петля гистерезиса при постоянной амплитуде угла закручивания  $\varphi = a \cdot 150$  радиан.

На рис. 1 соответственно обозначены:

I—начальная кривая кручения  $M = f_1(\varphi)$ ;

II—нисходящая ветвь петли гистерезиса  $M = f_2(\varphi)$ ;  
 III—восходящая ветвь петли гистерезиса  $M = f_3(\varphi)$ .

Результаты измерения изменения магнитной проницаемости на никелевых образцах за полный цикл знакопеременного закручивания приведены на рис. 2, 3, 4, 5.

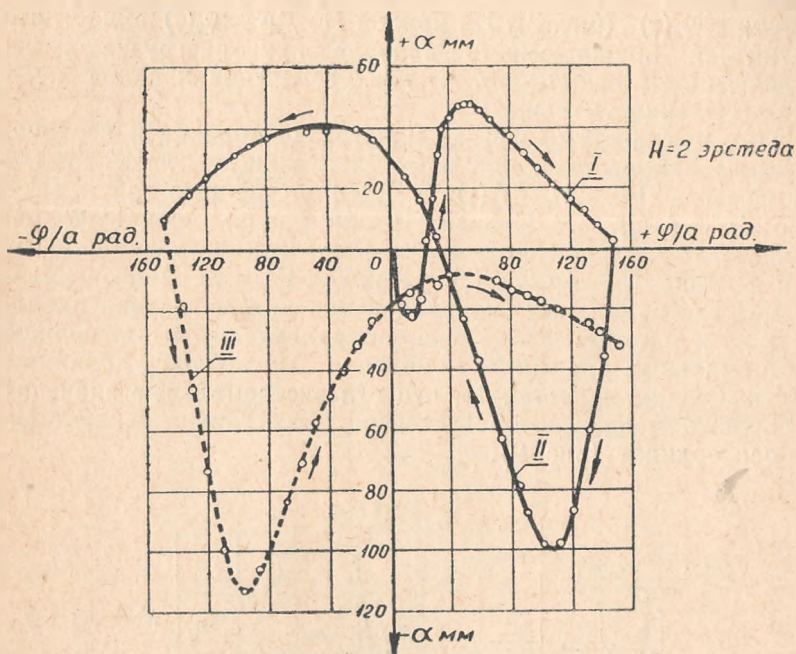


Рис. 2

Изменение магнитной проницаемости никеля при знакопеременных деформациях в постоянном поле  $H=2$  эрстеда.

На этих графиках начальной кривой кручения  $I-M=f_1(\varphi)$  соответствуют кривые  $I-\Delta\mu = \psi_1(\varphi)$ , нисходящей ветви петли гистерезиса—свои кривые хода изменения магнитной проницаемости  $II-\Delta\mu = \psi_2(\varphi)$  и, наконец, восходящей ветви петли гистерезиса  $III-M = f_3(\varphi)$ —кривая  $III-\Delta\mu = \psi_3(\varphi)$ .

Направление деформации и ход изменения магнитной проницаемости указан на графике соответственно стрелкой. Для данной петли гистерезиса были засняты кривые  $\Delta\mu = \psi(\varphi)$  в разных постоянных намагничивающих полях ( $H=2$  эрстеда—рис. 2;  $H=6$  эрстед—рис. 3;  $H=10$  эрстед—рис. 4;  $H=23$  эрстеда—рис. 5).

График (рис. 2) состоит из трех кривых  $\Delta\mu = \psi(\varphi)$ . Кривая I соответствует начальной кривой кручения  $I-M=f_1(\varphi)$  рис. 1 В данном поле  $H=2$  эрстеда на кривой изменения маг-



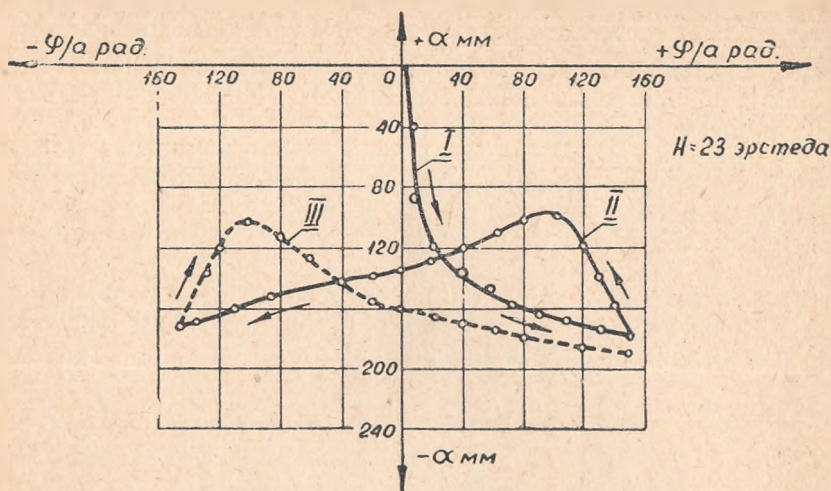


Рис. 5  
Изменение магнитной проницаемости никеля при знакопеременных деформациях в постоянном поле  $H = 23$  эрстеда

деформаций изменение магнитной проницаемости—гораздо медленнее.

Кривые II и III— $\Delta\mu = \psi(\varphi)$  для ветвей петли гистерезиса отличаются от таких же кривых, заснятых в слабых полях. При разгрузке образца магнитная проницаемость его вместо резкого падения начинает возрастать и при достижении некоторого угла закручивания  $\varphi$  падает. Характер изменения магнитной проницаемости для восходящей ветви петли гистерезиса такой же, как и для нисходящей.

Таким образом, зависимость изменения магнитной проницаемости никеля для начальной кривой кручения  $I - M = f_1(\varphi)$  в разных намагничивающих полях имеет три типа характерных кривых I  $\Delta\mu = \psi(\varphi)$ , таких же, как и в работе [1].

Для восходящей и нисходящей ветвей петли гистерезиса характер изменения магнитной проницаемости различен в разных намагничивающих полях.

Для слабых полей кривые II и III— $\Delta\mu = \psi(\varphi)$  имеют два экстремальных значения изменения магнитной проницаемости, а в средних—лишь одно.

Общим для кривых II и III— $\Delta\mu = \psi(\varphi)$  является то, что независимо от величины намагничивающего поля характер изменения магнитной проницаемости для восходящей и нисходящей ветвей петли гистерезиса для данного поля один и тот же.

Такой сложный характер изменения магнитной проницаемости при циклических деформациях объясняется различными процессами намагничивания в разных полях.

Для полей, начиная с  $H=23$  эрстеда, характер изменения магнитной проницаемости можно объяснить, исходя из схемы напряженного состояния и роли процессов намагничивания.

Ход кривой  $I - \Delta\mu = \psi_1(\varphi)$  в средних полях, где магнитная проницаемость монотонно убывает, объясняется так же, как и в работе [2].

Для нисходящей ветви петли гистерезиса магнитная проницаемость при разгрузке возрастает, а при закручивании в противоположную сторону—убывает. Для восходящей ветви петли гистерезиса изменение магнитной проницаемости имеет тот же характер, что и для нисходящей (рис. 5).

Начальный рост магнитной проницаемости при разгрузке объясняется тем, что сжимающие и растягивающие напряжения уменьшаются и число векторов областей спонтанного, намагничивания, ориентированных по направлениям, составляющим угол  $45^\circ$  с осью образца, также уменьшается.

Последнее и обуславливает возрастание магнитных свойств. При закручивании в противоположную сторону будут возрастать сжимающие и растягивающие усилия, которые приводят, как показано в работе [2], к уменьшению магнитных свойств. Ход кривых II и III— $\Delta\mu = \psi(\varphi)$  (рис. 5) полностью подтверждает эту точку зрения.

Характер изменения магнитных свойств в слабых полях, когда намагничивание протекает в основном за счет процесса инверсии, более сложный, и прежние рассуждения для объяснения экспериментальных данных не применимы.

## ВЫВОДЫ

1. Характер изменения магнитной проницаемости никеля для цилиндрических образцов при знакопеременном закручивании различен в разных намагничивающих полях.

2. В слабых и средних полях получены два характерных типа кривых II и III— $\Delta\mu = \psi(\varphi)$  для ветвей петли гистерезиса. К первому типу относятся кривые II—III— $\Delta\mu = \psi(\varphi)$ , имеющие два экстремальных значения изменения магнитной проницаемости, а ко второму типу—одно.

3. Подтвержден ход начальных кривых I— $\Delta\mu = \psi_1(\varphi)$  изменения магнитной проницаемости никеля при знакопостоянном закручивании, полученных в работе [1].

4. Характер изменения магнитных свойств никеля при циклических деформациях для случая средних полей объясняется из рассмотрения схемы напряженного состояния и роли различных процессов намагничивания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Галенко П. П. Сборник научных трудов БЛТИ, вып. X, 1957.
  2. Галенко П. П. Ученые записки БГИНХ, вып. V, 199.
  3. Галенко П. П. Ученые записки БГИНХ, вып. V, 199.
-

## СОДЕРЖАНИЕ

† Бершадский А. Л. Расчет посылок с учетом всех факторов процесса рамной распиловки. . . . .	3
† Батин Н. А. Раскрой необрезных досок. . . . .	11
Манкевич Л. А. Исследование местных деформаций при гнутые древесины на станках. . . . .	29
Минин А. Н. Влияние влажности опилок в момент прессования на физико-механические свойства прессованных изделий . . .	47
Сергеев Е. Е. К вопросу влияния породы древесины на удельную работу резания. . . . .	57
Козел М. М. Упругое восстановление волокон древесины сосны при высоких скоростях фрезерования. . . . .	65
Кугель И. С. Номографический расчет удельной работы резания при продольно-торцевом фрезеровании древесины лиственных пород . . . . .	69
Лахтанов А. Г. К вопросу выбора оптимального уширения режущих кромок плющенных зубьев рамных пил . . . . .	77
† Давыдова Н. И. Зависимость удельной работы от скорости резания $V < 20$ м/сек. при продольном распиливании древесины сосны	81
Микулинский В. И. Профиллометр на датчиках сопротивления . . . . .	87
Кузьмич Н. С. О точности установки режущих ножей при цилиндрическом фрезеровании. . . . .	89
† Альтшулер И. С. Наглядность в преподавании начертательной геометрии и технического черчения. . . . .	97
† Галенко П. П. К вопросу теории циклической вязкости металлов . . . . .	101
† Галенко П. П. Влияние циклических деформаций на магнитные свойства никеля. . . . .	111