

В.И. ШАРАНДО

ГНУ «ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»

Минск, Беларусь

Решение вопросов толщинометрии покрытий не может быть отделено от рассмотрения влияния характера обработки поверхности основания (точение, фрезерование, шлифование, прокатка, разные способы очистки). В данной работе экспериментально изучено влияние параметра шероховатости изделия на показания магнитного толщиномера.

Исследования выполнены с помощью толщиномера МТЦ-3-1 (магнит и стальной шарик, приводимый в соприкосновение с изделием, имеют диаметр 3мм, диапазон контролируемых толщин покрытий $0 \div 1$ мм) на цилиндрических образцах стали 65 диаметром 25 мм и никеля диаметром 10 мм. Кольцевые участки шероховатости создавались путём токарной нарезки с различной глубиной и шагом. Профиль неровностей – треугольный, с углами при вершине выступа и между выступами 90° . Часть наиболее мелких неровностей создавалась с использованием наждачной бумаги разных номеров.

Шероховатость поверхности [1, 2] рассматривается в пределах базовой длины, зависящей от класса шероховатости. Числовые значения шероховатости отсчитываются от средней линии, делящей профиль так, чтобы в пределах базовой длины сумма квадратов расстояний точек профиля до этой линии была минимальной. Для определения шероховатости приняты параметры: среднее арифметическое отклонение профиля R_a (сумма отклонений от средней линии, делённая на количество измерений) и высота неровностей R_z (среднее расстояние между находящимися в пределах базовой длины пятью высшими точками выступов и пятью низшими точками впадин). Для поверхностей с низкими степенями шероховатости основной является шкала R_a , с высокими – R_z . Соответствие между шкалами устанавливается с помощью множителей.

В табл. 1 и 2 представлены зависимости показаний толщиномера от параметра шероховатости R_a и R_z на образцах из указанных выше материалов. Значения параметра шероховатости, определённые РУП БелГИМ, приводятся жирным шрифтом. Для удобства анализа результатов шкалы значений R_a и R_z дополнены на весь диапазон имевшихся шероховатостей путём пересчёта (значения приводятся обычным шрифтом). Измерения осуществлялись на образцах без покрытия и с наложенными немагнитными полимерными плёнками толщиной 76 и 200 мкм. Следует отметить, что информативным параметром при измерениях является величина магнитного потока в системе изделия и установленного на его поверхность преобра-

зователя; увеличение потока приводит к уменьшению показания толщины, а уменьшение – увеличению. Нулевая толщина соотносилась с величиной потока на участке с минимальной шероховатостью. На этом же участке осуществлена градуировка толщиномера по плёнкам с известными толщинами. В табл. 1, 2 рассмотрены положительные (эффект увеличения толщины) или отрицательные (эффект уменьшения толщины) отклонения показаний прибора от соответствующих номинальных толщин покрытия $\Delta(0)$, мкм, $\Delta(76)$, мкм и $\Delta(200)$, мкм.

Табл. 1. Результаты измерений толщин покрытий детали из стали 65

R _a R _z	0,06	0,16	0,25	0,40	1,6	4,0	5,0	12,5	15,8	25	50	62,5
$\Delta(0)$, мкм	0	-0,5	-1,5	-2	+2	+5	+9	+19	+21	+24	+31	+33
$\Delta(76)$, мкм	0	-0,5	-1,5	-1,5	-1	+1	+4	+10	+13	+18	+28	+43
$\Delta(200)$, мкм	0	-0,5	-1	-1,5	-0,5	+1	+3	+16	+22	+41	+60	+90

На непокрытой поверхности наблюдается вначале некоторое уменьшение показываемой толщины, затем её рост с тенденцией к насыщению. Такая зависимость может быть вызвана тем, что на полированной поверхности первого участка (соответствие 11 классу обработки) имеет место касание закалённого шарика с поверхностью практически в одной точке. При увеличении параметра шероховатости происходит касание всё с большим количеством выступов и реальное расширение контакта. Здесь должны играть роль упругопластические характеристики материала изделия, форма выступов (они не являются идеальными, имеют множество разрывов и собственных шероховатостей). Одновременно происходит рост эффективного зазора между шариком и изделием, уменьшающего магнитный поток. Таким образом, при увеличении параметра шероховатости существуют две противоположные тенденции: расширение магнитного контакта вследствие увеличения числа окружающих его выступов, более сильного, чем на полированной поверхности сжатия вершин выступов – и увеличения эффективного зазора между шариком и изделием. Вначале преобладает первая, затем основной становится вторая. Насыщение роста сигнала при самых крупных шероховатостях происходит вследствие проваливания шарика наконечника между выступами неровностей.

При накладывании покрытия 76 мкм происходит удаление шарика от поверхности образца и усреднение воздействия на поверхность шарика большего количества выступов под ним, что сглаживает зависимость и замедляет её рост. При максимальной шероховатости показание выше, чем на непокрытой поверхности вследствие очень незначительного проваливания шарика между неровностями. С увеличением толщины покрытия до 200 мкм также наблюдается сглаживание кривой при малых параметрах шероховатости за счёт усреднения их воздействия на магнитный поток.

Для больших параметров происходит дальнейшее увеличение показываемой толщины вследствие полного отсутствия проваливания шарика и влияния его боковых контактов, усиливающих поток.

Табл. 2. Результаты измерений толщины покрытий детали из никеля

R _a R _z	0,18 0,9	0,32 1,6	0,50 2,5	1,0 5,0	1,6 8,0	3,2 12,8	6,3 25,2	10,0 40	12,5 50	15,8 63	25 100	40 160
Δ(0), мкм	0	-3	-9	-8	-5	-1	+14	+17	+19	+21	+25	+31
Δ(76), мкм	0	-2	-3	-5	-2	-2	+2	+6	+8,5	+14	+22	+29
Δ(200), мкм	0	+1	-4	-6	-4	-4	+0,5	+2	+4	+11	+22	+29

Результаты имеют тот же характер, что и рассмотренные в таблице 1. Однако отрицательные отклонения более значительны. Это может быть связано с другими механическими характеристиками материала, а также другой чистотой профиля выступов при тех же параметрах шероховатости. Возможно и влияние на изменение величины магнитного потока напряжений в металле: в никеле этот эффект выше, чем в стали.

Таким образом, в результате исследований установлены характер и степень влияния параметра шероховатости на результат измерения толщины немагнитных покрытий на магнитных основаниях. Вносимые шероховатостью погрешности до 5÷6 класса обработки (R_z ≈ 20) практически устраняются установкой нуля на непокрытой поверхности. При крупных неровностях даже такой подход не гарантирует от серьёзных погрешностей.

Следует отметить, что при исследованиях был выбран наиболее неблагоприятный, своего рода "предельный", остроугольный с разрывами гребешков вариант профиля неровностей. При обычной обработке прокаткой, фрезерованием или шлифованием колебания показаний, особенно после установки нулевого значения на непокрытой поверхности, не выходят за пределы 1,5÷2 мкм. В то же время, осторожно необходимо относиться к поверхностям, прошедшим дробеструйную подготовку: с шероховатостью здесь может сложиться влияние наклёпа. Проверка нуля на изделии перед покрытием здесь должна быть обязательной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левин, И. Я. Справочник конструктора точных приборов / И. Я. Левин. – М. : Машиностроение, 1967. – 743 с.
2. Гжиров, Р. И. Краткий справочник конструктора / Р. И. Гжиров. – М. : Машиностроение, 1983. – 464 с.

E-mail: ab1@iaph.bas-net.by