

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МАГНИТОМЯГКОГО СПЛАВА 49КФ

Сидоров С.Ю.

Самарский завод «Прогресс» ГНП РКЦ «ЦСКБ-ПРОГРЕСС», г. Самара

Сплав 49КФ относится к магнитомягким сплавам с высоким магнитным насыщением и повышенной проницаемостью в области высоких индукций. Он применяется при изготовлении деталей электромагнитов агрегатов и узлов пневмогидравлических систем. Спецификой магнитомягких сплавов является существенное снижение их магнитных свойств [1,2] после механической обработки. Стабилизирующий отжиг, применяемый для восстановления магнитных свойств, искажает форму тонкостенной детали или его невозможно выполнить по конструктивным особенностям детали.

В предлагаемой статье изложены результаты экспериментов, проведенных с целью определения возможности применения различных методов механической обработки для обеспечения специальных технических требований, предъявляемых к деталям. Исследовалось влияние точения, шлифования, а также комбинации названных методов в совокупности с алмазным выглаживанием на шероховатость обработанной поверхности и величину магнитной индукции. Кроме того, оценивалось влияние стабилизирующего отжига, проводимого после механической обработки на величину отклонения от круглости детали.

Шероховатость обработанных поверхностей измерялась профилометром модели 293 на кольцевых образцах для контроля магнитных свойств, образцах имитаторах и штатных деталях.

Контроль магнитных свойств (магнитной индукции) осуществлялся баллистическим методом на кольцевых образцах с наружным диаметром 30 мм, внутренним – 20 мм, шириной 5 мм.

Отклонение от круглости у тонкостенных деталей (рис. 1) и образцов имитаторов определялось на кругломере модели Talysond-73 после окончательной механической обработки и после стабилизирующего вакуумного отжига. Механическая обработка поверхностей тонкостенных участков деталей и образцов имитаторов выполнялась с использованием демпфирующих разрезных текстолитовых втулок.

Обработка образцов и деталей осуществлялась по маршруту: закалка (обеспечивает пластичность при механической обработке), предварительная механическая обработка, вакуумный отжиг (обеспечивает магнитные свойства), окончательная механическая обработка, вакуумный отжиг (восстанавливает магнитные свойства). Магнитная индукция при

напряженности $H = 11$ э контролировалась после первого вакуумного отжига, окончательной механической обработки и второго (стабилизирующего) вакуумного отжига.

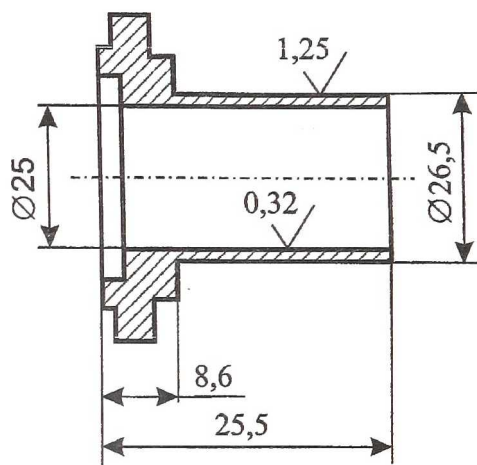


Рис. 1. Эскиз детали

Токарная обработка и алмазное выглаживание образцов и деталей выполнялись на токарно-винторезном станке TOS TRENČIN модели SV18R. При точении применялись резцы, оснащенные пластинами из твердых сплавов BK8, BK10XOM, T15K6, T30K4 и вставками из сверхтвердого материала на основе нитрида бора - композита 01 (K01), заточенные алмазными кругами (шероховатость режущих поверхностей $Ra \leq 0,16$).

Токарная обработка осуществлялась на режимах: скорость резания $v = 20 \dots 40$ м/мин, подача $S = 0,05 \dots 0,07$ мм/мин при постоянной глубине резания $t = 0,1$ мм. В качестве СОТС использовалась масляная смазочно-охлаждающая жидкость МР-7.

Алмазное выглаживание осуществлялось индентором с радиусом при вершине $R = 2,5$ мм. Режим выглаживания: скорость выглаживая $v_g = 30$ м/мин; подача $S = 0,05$ мм/об; усилие прижима $P_y = 50 \pm 5$ Н; СОЖ - индустриальное масло И20.

Шлифование выполнялось абразивными кругами с характеристикой 25A25нМ38К и 25A25нСМ27К. Круглое шлифование осуществлялось на станке LJVNJCA KJKJNDA модели C12U1100, плоское шлифование торцов колец - на станке ЗЛ722В. При шлифовании образцов и деталей охлаждающими жидкостями являлись 3% водный раствор соды или 5% эмульсия

Укринол-1. Для шлифования образцов и деталей использовались следующие режимы:

- для круглого внутреннего шлифования - скорость круга $v_{кр} = 12,6 \dots 15,7$ м/с; скорость детали $v_d = 3,1 \dots 4,5$ м/мин; продольная подача $S_{пр} = 1,2 \dots 1,5$ м/мин; глубина шлифования $S_{2x} = 0,05$ мм/дв.ход; число выходящих ходов $N_e = 5$ дв.ход;
- для круглого наружного шлифования $v_{кр} = 33$ м/с; $v_d = 4,7$ м/мин; $S_{пр} = 1,5$ м/мин; $S_{2x} = 0,05$ мм/дв.х.; $N_e = 5$ дв.ход;
- для плоского шлифования (обработка торцев кольцевых образцов) - $v_{кр} = 35$ м/с; $S_{пр} = 18$ м/мин; $S_x = 1,0$ мм/ход; глубина шлифования $t = 0,05$ мм.

Шероховатость на каждом образце и каждой детали измерялась в 8-ми сечениях, после чего определялось среднее значение, среднее квадратическое отклонение, выборочные показатели асимметрии и эксцесса. По выборочным показателям асимметрии и эксцесса, а также по их средним квадратическим отклонениям проверялась гипотеза о нормальности распределения значений замеров шероховатости [3]. С использованием функции Лапласа при выбранной вероятности попадания в интервал $P(X \leq x_i) = 0,99$ определялось максимальное значение шероховатости, получаемой при заданных условиях обработки. Статистическая оценка максимального значения параметра шероховатости Ra по результатам обработки 10-ти деталей по каждому варианту обработки для 5-ти вариантов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Выборочные характеристики параметра шероховатости Ra

Вид механической Обработки	Характеристики параметра Ra , мкм		
	Среднее	Среднее квадратическое отклонение	Квантиль уровня $P = 0,99$
Точение (твердый сплав)	0,481	0,198	0,942
Точение (K01)	0,406	0,141	0,734
Точение(K01)+ выглаживание	0,134	0,025	0,192
Шлифование	0,415	0,078	0,597
Шлифование + выглаживание	0,124	0,037	0,210

Следует отметить, что среднее квадратическое отклонение значений шероховатости измеренных на одной детали, обработанной точением, обычно в 2 и более раз меньше среднего квадратического отклонения указанного в табл. 1. На деталях, обработанных шлифованием или комбинированным методом, это различие не превышает 1,5 раза.

Сравнение по непараметрическому критерию Краскела и Уоллиса [3] выборок значений магнитной индукции образцов одной плавки, обработанных резцами, оснащенными твердым сплавом ВК8, ВК10ХОМ, Т15К6 и Т30К4, на одном режиме подтвердило гипотезу о принадлежности их одной генеральной совокупности. Проверка объединенной выборки по критерию согласия Шапиро-Уилка W при уровне значимости $\alpha = 0,05$ позволила принять гипотезу о нормальности распределения и оценить стандартное отклонение значений индукции образцов, обработанных по штатному техпроцессу (окончательная механическая обработка осуществлялась точением твердосплавными резцами на режимах, обеспечивающих шероховатость поверхности по параметру Ra не более 1,00 мкм, с последующим однократным вакуумным отжигом).

Проверка выборки значений магнитной индукции образцов одной плавки, обработанных шлифованием, по критерию Шапиро-Уилка тоже позволила принять гипотезу о нормальном распределении.

Дисперсионный анализ результатов измерения магнитной индукции образцов, обработанных точением, показал значимые изменения выборочного среднего в зависимости от номера плавки (химического состава) исследуемого сплава на всех стадиях контроля магнитной индукции. Во время проведения описываемых исследований и при анализе результатов магнитного контроля по контрольным образцам производственных партий деталей были выявлены плавки, образцы и детали из которых после механической обработки проходили повторный (с изменением режима) стабилизирующий вакуумный отжиг, с целью обеспечения требования по минимально допустимой величине магнитной индукции.

Попарное сравнение между собой выборок результатов измерений магнитной индукции на образцах, изготовленных из материала одной плавки с одинаковым значением предельного уровня шероховатости поверхности $Ra \leq [Ra]$, позволяют говорить о незначимости различия влияния технологических условий при точении твердосплавными резцами, точении композитом К01, точении с последующим выглаживанием и шлифования с последующим выглаживанием (в условиях проведенных экспериментов) на рассеяние значений контролируемого параметра, что видно из табл. 2. Кон-

троль отклонения от круглости у десяти деталей по наружной поверхности диаметром 26,5 мм (толщина стенки 0,75 мм) после механической обработки (точение с шероховатостью $Ra \leq 0,8$ мкм и выглаживание с шероховатостью $Ra \leq 0,32$ мкм) показал увеличение отклонения от круглости у всех деталей после стабилизирующего вакуумного отжига. Распределение значений выборки изменения отклонения от круглости, полученной в описанных экспериментах, не противоречит нормальному закону распределения с характеристиками $\bar{X}=2,7$ мкм, $s = 1,08$ мкм.

Таблица 2

Значения выборочных медиан магнитной индукции

Вид механической Обработки	Магнитная индукция В, гс	
	После механической обработки	После стабилизирующего отжига
Точение	14950	20600
Точение + выглаживание	12650	19900
Шлифование	13950	20150
Шлифование + выглаживание	13800	19850

По результатам описанных экспериментов были разработаны технологические рекомендации (инструкция) по механической обработке деталей из сплава 49КФ, позволяющие, в зависимости от специальных технических требований, предъявляемых к деталям чертежом, и состава имеющегося оборудования, выбрать соответствующие методы и условия обработки.

Список литературы

1. Хрульков В.А. Механическая обработка изделий из магнитных материалов. М.: Машиностроение, 1966. 164 с.
2. Гавриш А.П. Шлифование и доводка магнитных материалов/Под ред. З.И. Кремня. – Л.: Машиностроение, 1985. 117 с.
3. Степнов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справочник.- М.: Машиностроение, 1985.- 232 с.