

# ИЗМЕНЕНИЕ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ ЗОЛОТНИКОВОЙ ГРУППЫ ИЗ СТАЛЕЙ У8А И 9ХС ПОСЛЕ БОРИРОВАНИЯ В ПОРОШКОВОЙ СРЕДЕ

КОНСТАНТИНОВ В.М., ДАШКЕВИЧ В.Г., КОВАЛЬЧУК А.В.

Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Беларусь

*v\_m\_konst@mail.ru, vladimir\_dvl@tut.by, a-v-kov@yandex.com*

В работе проведены исследования хрупкости диффузионных слоев, полученных в результате борирования в порошковой среде на сталях У8А и 9ХС. Установлены характеристические параметры изменения размеров деталей по различным участкам.

Ключевые слова: химико-термическая обработка, борирование, толщина диффузионного слоя, размерная точность.

The fragility of the diffusion layers and the characteristic parameters of resizing the details, resulting in in boriding powder saturation mixture, for steels and C80W1 and 90CrSi were investigated.

Key words: thermochemical treatment, boriding, thickness of the diffusion layer, dimensional accuracy.

## Введение

Разрушение деталей машин, инструмента и других изделий в большинстве случаев начинается с поверхности. Поэтому реализация объемного легирования сплавов не всегда является эффективным с экономической точки зрения. Одним из эффективных методов поверхностного упрочнения является химико-термическая обработка в порошковых средах. Обработка в таких средах обладает рядом преимуществ, во-первых это способность технологического процесса получить значительную толщину покрытия, во-вторых возможность оперативной корректировки состава насыщающей среды, получение заданной насыщающей способности; в-третьих, возможность изменения фазового состава и морфологии образующегося слоя в широких пределах.

Наибольшее практическое использование из спектра процессов термодиффузионного упрочнения нашли цементация, нитроцементация, азотирование, борирование, алитирование и некоторые другие способы получения диффузионных слоев и покрытий [1–2].

В настоящее время значительное распространение получил процесс борирования, однако потенциал его практического использования еще не реализован полностью, в том числе для повышения износостойкости прецизионных высокоответственных деталей, работающих в условиях высоких контактных нагрузок и недостатка смазки. В случае реализации упрочнения таких деталей возникает необходимость оценки размерной точности обработанных деталей и выявление взаимосвязей между температурно-временными параметрами обработки и изменением геометрических размеров деталей и покрытия (толщины диффузионного слоя) [3]. Определение характера изменения толщины детали за счет диффузионного насыщения представляет определенные трудности, поскольку рост слоя происходит как внутрь изделия, так и наружу. В зависимости от типа стальной основы и температурно-временных характеристик обработки такие результаты могут отличаться. Характеристика толщины диффузионного слоя определяется стандартными методами, в данной работе использовали металлографический.

Отметим, что в случае борирования, как правило, преследуется цель получения покрытия без припуска на окончательную механическую обработку, поскольку механическая обработка (шлифование) таких покрытий затруднительна, по причине высокой твердости и вероятности скалывания борированного слоя на краях деталей.

Определение величины прироста геометрических размеров детали необходимо, преимущественно, для корректировки конструкторской документации, чтобы фактический размер детали с покрытием соответствовал номинальному значению, указанному на чертеже. Однако эта актуальная техническая задача в своем решении имеет некоторые сложности, поскольку на результат измерений оказывает влияние линейная деформация, полученная при обработке, структурные превращения сердцевин и некоторые другие.

В ходе исследования был проведен анализ изменения размеров деталей золотниковой группы из сталей У8А и 9ХС гидромоторов белорусского производства.

#### Материалы и методики

Диффузионное насыщение проводили в порошковой среде в контейнерах, герметизируемых плавким затвором. Оценка изменения размеров деталей после борирования проводилась с использованием микрометра МК-25. В частности измерялась поверхность золотника с номинальным размером 6<sub>-0,12</sub> мм (12 квалитет).

#### Результаты и их обсуждение

Борирование проводили при температуре 950 °С в течение 1 и 2 ч. В результате диффузионного насыщения на сталях были получены боридные слои толщиной от 100 до 150 мкм.

Результаты измерения контрольных точек на деталях (таблица 1) показали, что увеличение размеров идет по всем поверхностям равномерно, кроме участков с криволинейной поверхностью радиусом менее 5 мм, где рост слоя протекает более активно. Около 20–40 % от толщины боридного слоя растет наружу с увеличением геометрических параметров, поэтому при достигаемой величине диффузионного слоя около 150 мкм стоит ожидать увеличения номинальных размеров на 50 мкм на каждую сторону.

Таблица 1

Изменение размеров деталей после борирования

Режим	Сталь	Толщина боридного слоя, мкм	Толщина детали в контрольной точке, мм		Прирост толщины за счет диффузионного слоя, мм
			до обработки	после обработки	
950 °С, 1 ч	У8А	120	5,98	6,05	0,07
	9ХС	100	6,06	6,11	0,05
950 °С, 2 ч	У8А	150	5,89	5,92	0,12
	9ХС	140	5,97	6,09	0,12

В рассматриваемом случае при выдержках 1–2 ч значительного различия в приросте слоя на сталях У8А и 9ХС не наблюдается, скорость прироста в исследуемом интервале времени составила 50–70 мкм/ч, что вполне согласуется с литературными данными и опытом упрочнения подобных сталей.

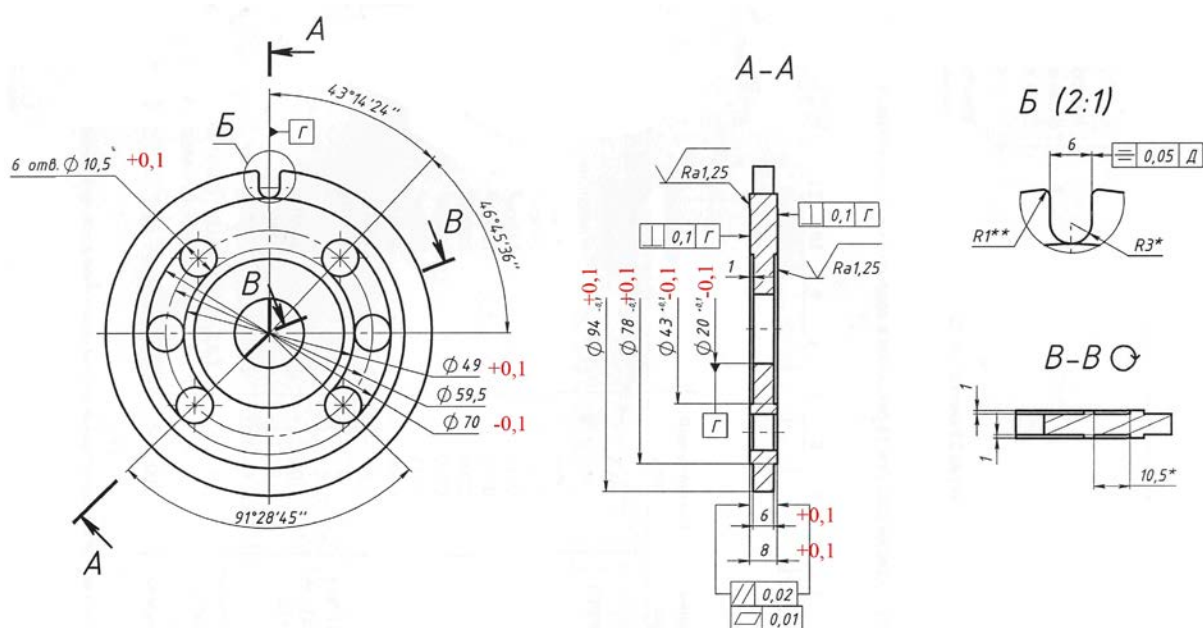


Рис. 1 Прирост размеров к номинальному значению (выделено цветом)

Таким образом, для включения борирования в цикл обработки прецизионных стальных деталей требуется корректировка конструкторской документации с целью учета изменения размеров в результате их роста при борировании. Следует также отметить, что для охватывающих размеров (отверстия), происходит не увеличение размера, а его уменьшение. Так, например, номинальный размер центрального посадочного отверстия исследуемых деталей на исследованных режимах обработки уменьшился на 100 мкм и составил 19,9 мм вместо 20,0 мм.

### Выводы

При разработке технологии термодиффузионного упрочнения деталей и инструмента с применением химико-термической обработки, в частности борирования, необходимо устанавливать характеристику прироста слоя на упрочняемых поверхностях. Установлено, что тип стальной основы, на которую наносится диффузионное покрытие за счет химического состава и структуры способен изменять величину прироста слоя, т.е. распределение той части слоя, которая растет наружу и той, которая растет внутрь.

Экспериментально установлено, что для инструментальных сталей У8А и 9ХС скорость прироста слоя для процесса термодиффузионного борирования в интервале времени 1–2 ч составила 50–70 мкм/ч, причем до 40 % от толщины боридного слоя растет наружу с увеличением геометрических размеров деталей.

### Литература

1. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: Справочник / Под ред. Л.С. Ляховича. – Москва: Металлургия, 1981 – 424 с.
2. Ворошнин, Л.Г., Борирование стали. / Л.Г. Ворошнин, Л.С. Ляхович. – М.: Металлургия, 1978 – 126 с.
3. Крукович, М.Г. Пластичность борированных слоев / М.Г. Крукович, Б.А. Прусаков, И.Г. Сизов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 384 с.