

Ю.А.Копытин, Д.Л.Скуратов

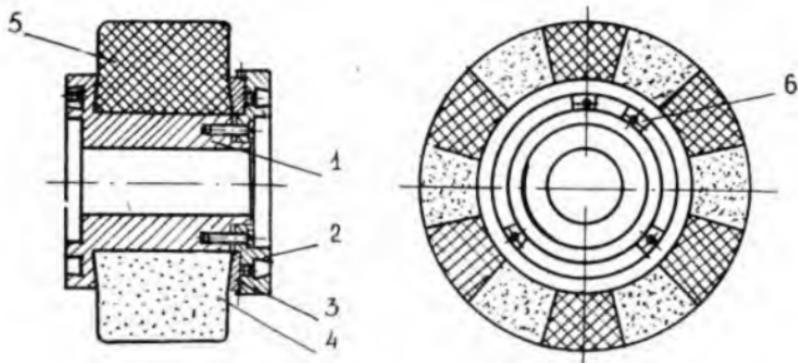
ЭЛЕКТРОХИМИКО-МЕХАНИЧЕСКОЕ ШЛИФОВАНИЕ ВЫХОДНОЙ КРОМКИ  
ЛОПАТОК СВОРНЫМИ КОМПОЗИЦИОННЫМИ КРУГАМИ

В серийном производстве шлифование выходной кромки турбинных лопаток I-й ступени осуществляется методом электрохимико-механического шлифования (ЭХМШ). В качестве абразивного инструмента используется металлический электрод с алмазосносным слоем толщиной 0,3 мм, нанесенным гальваническим методом. Данный способ обработки выходной кромки турбинных лопаток является весьма производительным, но обладает рядом существенных недостатков. Во-первых, алмазный инструмент дорог, во-вторых, при нанесении алмазного порошка не всегда удается достичь равномерности его покрытия по рабочей поверхности инструмента. А так как он не может быть подвергнут правке вследствие небольшой толщины алмазного слоя, то это приводит к недопустимому изменению размеров выходной кромки турбинных лопаток. С целью исключения указанных недостатков были выполнены исследования по определению целесообразности применения на этой операции абразивных шлифовальных кругов с токопроводными секторами.

Основными требованиями, которым должны удовлетворять абразивные круги для ЭХМШ, являются: достаточно высокая электропроводность; хорошие режущие свойства, не уступающие обычным абразивным кругам; способность к восстановлению формы и режущих свойств с помощью обычных правящих средств. Таким образом, эти круги должны представлять собой комбинацию обычного абразивного круга и электрода для электрохимической обработки. Абразивная часть обеспечивает достаточную формоустойчивость композиционного круга, а токопроводная часть обеспечивает надежность протекания электрохимического процесса в межэлектродном зазоре.

Сборный композиционный шлифовальный круг, представленный на рис.1, состоит из чередующихся абразивных и токопроводных секторов, закрепленных в планшайбе и склеенных между собой. При этом конструкцией круга обеспечено закрепление каждого сектора в отдельности. Это вызвано тем, что при термообработке как абразивных, так и токопроводных секторов происходит изменение их размеров. В результате этого нельзя закреплять все сектора одним прижимным кольцом.

Подвод электрического тока к токопроводным секторам осуществ-



Р и с. 1. Сборный композиционный круг для электрохимико-механического шлифования: 1 - корпус; 2 - крышка; 3 - сектор прижимной; 4 - сектор абразивный; 5 - сектор токопроводный; 6 - грузик балансировочный

лялся через металлическую планшайбу.

Абразивные и токопроводные секторы сборного композиционного шлифовального круга для ЭХМШ изготавливались прессованием в специально изготовленной пресс-форме. Токопроводные секторы изготавливались из смеси, содержащей 75% графита ГЛ-1 в состоянии поставки (ГОСТ 5279-74) и 25% фенол-формальдегидной резольной смолы СФ-342А в состоянии поставки (ГОСТ 18694-80).

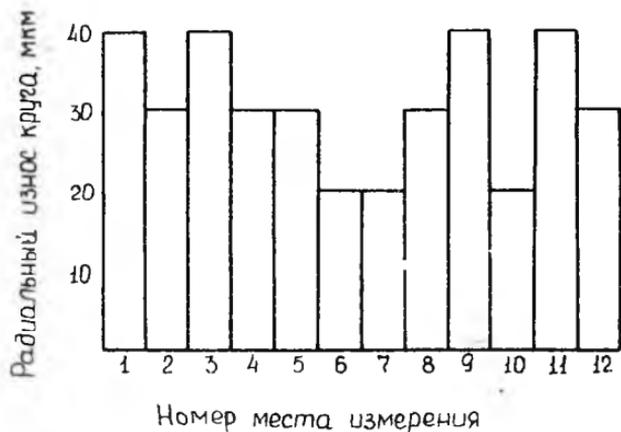
Абразивные секторы изготавливались по серийной технологии на связке 51<sup>б</sup> твердости СМ2 из абразивного зерна 91А зернистости 16 и 25.

Исследования проводились на специально модернизированном для ЭХМШ универсальном плоскошлифовальном станке модели ЗГ71М.

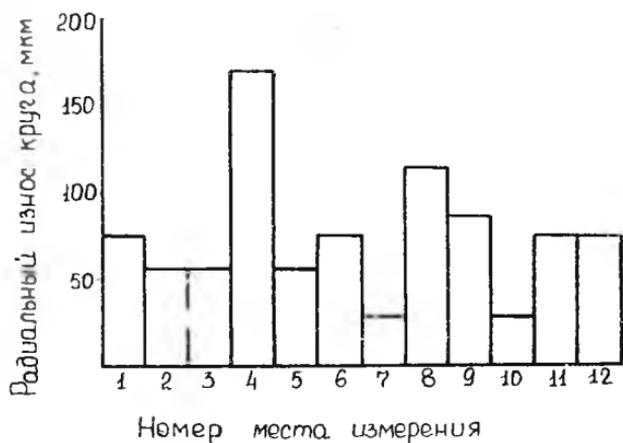
Работоспособность кругов оценивалась по двум показателям: износу кругов и производительности обработки.

На рис.2 и 3 приведены результаты экспериментов по определению радиального износа сборных композиционных кругов для ЭХМШ с абразивными секторами 91А25СМ2 и абразивными секторами 91А16СМ2 после снятия 3500 мм<sup>3</sup> материала при обработке выходной кромки лопаток из сплава ЖС6ВФН. Радиальный износ кругов определялся в середине каждого из 12 секторов.

Шлифование выходной кромки турбинных лопаток сборным композиционным шлифовальным кругом с абразивными секторами 91А25СМ2 осу-



Р и с. 2. Радиальный износ сборного композиционного круга для ЭХМШ с абразивными секторами 91A25CM2



Р и с. 3. Радиальный износ сборного композиционного круга для ЭХМШ с абразивными секторами 91A16CM2

ществлялось на режиме:  $v_{кр} = 26$  м/с;  $S_{пол} = 0,67$  мм/мин;  $I = 17$  А;  $U = 18$  В. Шлифование сборным композиционным шлифовальным кругом с абразивными секторами 9IAI6CM2 осуществлялось на режиме:  $v_{кр} = 26$  м/с;  $S_{пол} = 0,6$  мм/мин;  $I = 30$  А;  $U = 18$  В. Состав электролита был одинаков для обоих вариантов:  $NaN_3 - 12\%$ ,  $Na_2CO_3 - 1\%$ , остальное-вода. Температура электролита  $t_{эЛ} = 20^\circ\text{C}$ .

Из приведенных данных видно, что, несмотря на то, что шлифование сборным композиционным кругом с абразивными секторами 9IA25CM2 осуществлялось на более напряженном режиме по сравнению с шлифованием сборным композиционным кругом с абразивными секторами 9IAI6CM2, износ рабочей поверхности круга зернистостью 25 в 2 раза меньше и более равномерен, чем у круга зернистостью 16.

Производительность сборных композиционных кругов с абразивными секторами 9IA25CM2 и абразивными секторами 9IAI6CM2 оценивалась по двум показателям – объемной производительности и удельному износу композиционного круга. Режимы шлифования:  $v_{кр} = 26$  м/с;  $S_{пол} = 0,3-0,7$  мм/мин;  $U = 18$  В.

Исследования показали, что объемная производительность растет по линейному закону с ростом поперечной подачи. Рост объемной производительности по линейному закону свидетельствует о том, что износ кругов при шлифовании выходной кромки очень незначителен.

На рис.4 показаны зависимости удельного износа сборных композиционных кругов и величины технологического тока от поперечной подачи. Величина удельного износа характеризует работоспособность шлифовальных кругов. Из графиков (см.рис.4,а) видно, что на всех подачах удельный износ круга с абразивными секторами 9IA25CM2 значительно меньше удельного износа круга с абразивными секторами 9IAI6CM2, хотя величина технологического тока для круга зернистостью 16 на всех подачах больше, чем для круга зернистостью 25 (см.рис.4,б). То есть сборный композиционный круг с абразивными секторами 9IA25CM2 является более работоспособным.

Рост технологического тока при шлифовании кругом с абразивными секторами 9IAI6CM2 обусловлен уменьшением сопротивления межэлектродного зазора между шлифовальным кругом и обрабатываемой выходной кромкой лопатки.

Из графиков видно, что наименьший удельный износ для обоих кругов происходит при работе на подачах  $S_{пол} = 0,45-0,5$  мм/мин. На этих подачах абразивные секторы снимают практически только растравливаемый слой. При меньших подачах резко снижается сила тока вследствие увеличения зазора между шлифовальным кругом и обрабатываемой по-

верхностью. В этом случае механическое резание преобладает над электрохимическим съемом. При работе на подачах  $S_{\text{поп}} > 0,5$  мм/мин, несмотря на рост технологического тока, механический съем также доминирует над электрохимическим.

Проведенные исследования показывают, что применение сборного композиционного шлифовального круга с абразивными секторами 91A25CM2 на связке 51<sup>б</sup> при шлифовании выходной кромки лопаток из сплава ЖС6ВФИ весьма целесообразно на режимах:  $v_{\text{кр}} = 25$  м/с;  $S_{\text{поп}} = 0,45-0,5$  мм/мин. Возможно применение кругов и на подачах  $S_{\text{поп}} > 0,5$  мм/мин, однако в этом случае износ круга будет значительно возрастать.

Р и с. 4. Зависимости удельного износа круга (а) и величины технологического тока (б) от поперечной подачи: 1 - сборный композиционный с абразивными секторами 91A25CM2 на связке 51<sup>б</sup>; 2 - сборный композиционный с абразивными секторами 91A16CM2 на связке 51<sup>б</sup>

