

Ф.П.Урывский, Б.С.Коротин, Г.П.Баландин

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПОСЛЕ ВНУТРЕННЕГО ШЛИФОВАНИЯ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Одной из важных задач, стоящих перед современным машиностроением, является высокопроизводительная обработка точных отверстий. Для достижения заданной точности и требуемого качества поверхности отверстий часто применяют шлифование.

При внутреннем шлифовании титановых сплавов обычными кругами в результате высоких температур на контактных поверхностях и малой теплопроводности обрабатываемого материала на поверхности детали образуются растягивающие остаточные напряжения большой величины, а иногда и микротрещины, связанные с этими напряжениями. Указанные дефекты в поверхностном слое понижают эксплуатационные свойства детали.

С целью выявления преимуществ кругов из эльбора перед абразивными в настоящей работе был исследован процесс внутреннего шлифования при обработке титановых сплавов эльборовыми и обычными кругами с точки зрения качества обработанной поверхности. Исследования проводились на внутришлифовальном станке ЗА227. Обработка деталей проводилась методом продольных проходов.

При обработке титановых сплавов использовались следующие круги: К325СМ1К, К425СМ1К и Л25-СТ1-К-100.

В качестве материала при исследовании использовались титановые сплавы ВТ20 и ВТЗ-1. Остаточные напряжения определялись методом непрерывного травления на тензометрической установке с последующими расчетами по методу академика Н.Н.Давиденкова [1].

Исследование проводилось на образцах, имеющих форму колец.

Для выявления влияния технологии подготовки образцов на остаточные напряжения были проведены следующие опыты. Четыре группы образцов были подготовлены по различной технологии. Образцы первой группы были подвергнуты отжигу в вакууме. Образцы второй группы после отжига были обработаны по внутренней поверхности эльборовым кругом. У образцов третьей группы после их изготовления с наружной поверхности травлением был снят слой  $t = 0,2$  мм, а внутренняя поверхность была обработана эльборовым шлифованием. У образцов четвертой группы наружная поверхность была обработана алмазным точением, а

внутренняя - кругом из эльбора на том же режиме, что и у образцов 2 и 3 групп.

У образцов всех четырех групп были определены остаточные напряжения. Эпюры полученных напряжений приведены на рис. 1. Из приведенных результатов видно, что у образцов первой группы (после отжига) остаточные напряжения практически отсутствуют. У образцов второй, третьей и четвертой групп в поверхностном слое на внутренней поверхности образуются растягивающие остаточные напряжения, максимальные величины которых примерно одинаковы. Результаты этих опытов показывают, что остаточные напряжения, образующиеся на наружной поверхности после алмазного точения не оказывают существенного влияния на характер распределения и величину остаточных напряжений на внутренней поверхности. На основании этих экспериментов была разработана технология подготовки образцов для дальнейших исследований.

На рис. 2 приведены результаты исследования влияния материала

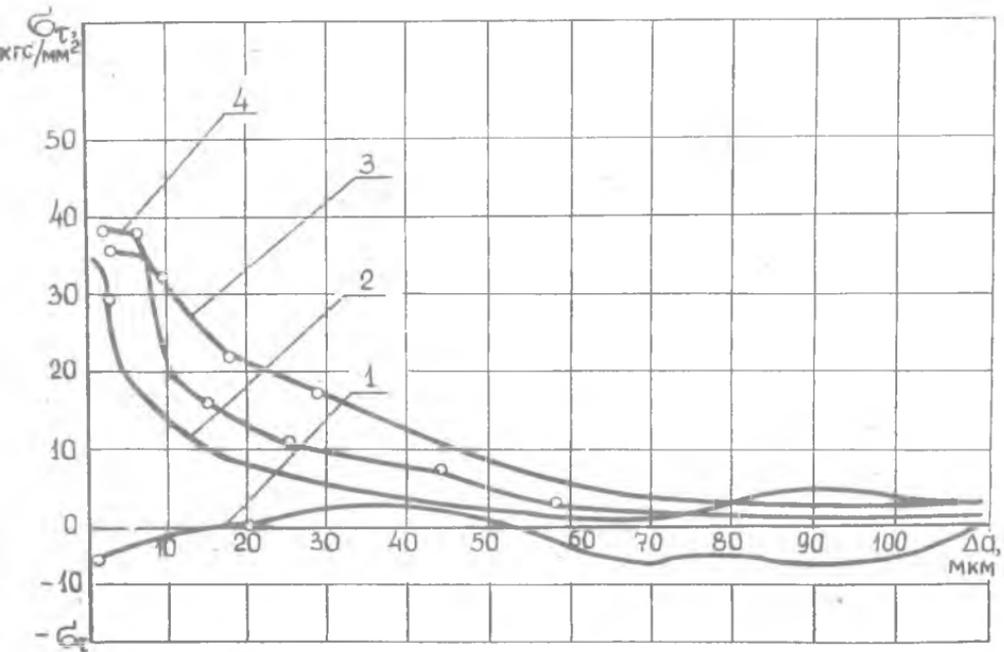


Рис. 1. Влияние технологии подготовки образцов на величину и распределение остаточных напряжений. Круг Л25-СТ1-К-100; режим шлифования:  $V_{кр} = 20$  м/сек;  $V_{дет} = 75$  м/мин;  $S_{поп} = 0,005$  мм/дв.ход;  $S_{пр} = 1,5$  м/мин

зерна шлифовального круга на остаточные напряжения. Из приведенных результатов видно, что при обработке титанового сплава BT20 указанными кругами в поверхностном слое образуются растягивающие остаточные напряжения. Наибольшая величина этих напряжений наблюдается при шлифовании кругами K425CM1K и соответствует  $70 \text{ кг/мм}^2$ . Наименьшая величина  $\sigma_{T \text{ max}}$  ( $45 \text{ кг/мм}^2$ ) имеет место при использовании кругов из эльбора. Аналогичные результаты были получены при шлифовании титанового сплава BT3-I [2]. Таким образом, при обработке титановых сплавов применение эльборового шлифования вместо обычного позволяет снизить величину растягивающих напряжений в 1,5-1,7 раза.

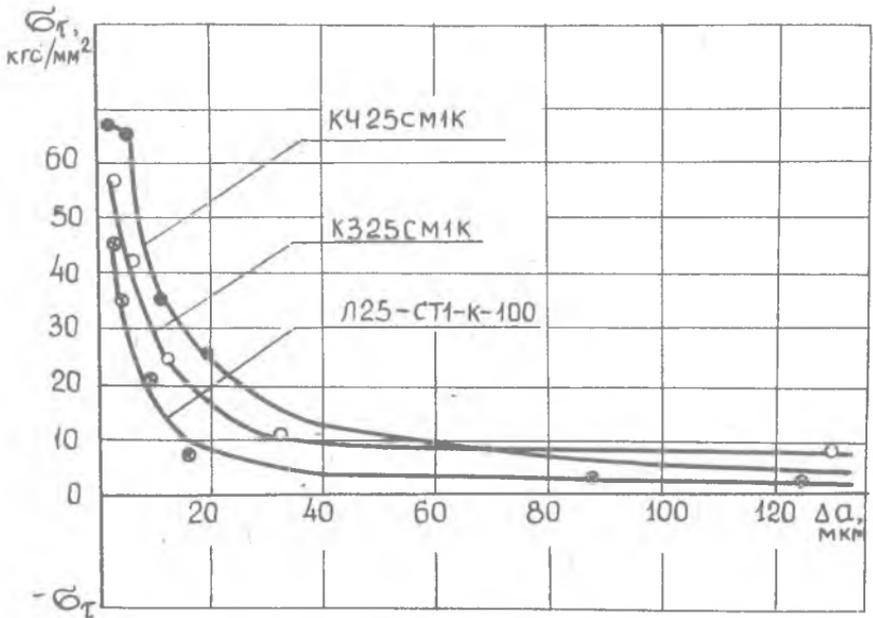


Рис. 2. Влияние материала зерна на остаточные напряжения. Режим шлифования:  $V_{кр} = 20 \text{ м/сек}$ ;  $V_{дет} = 75 \text{ м/мин}$ ;  $S_{доп} = 0,005 \text{ мм/дв.ход}$ ;  $S_{пр} = 1,5 \text{ м/мин}$

В работе исследовано влияние поперечной, продольной подачи и скорости вращения изделия на остаточные напряжения при эльборовом и обычном шлифовании.

Результаты исследования показали, что при обработке титановых сплавов обычными и эльборовыми кругами с  $S_{\text{поп}} = 0,0025-0,010 \text{ мм/дв.х}$  в поверхностном слое наблюдаются растягивающие остаточные напряжения. Увеличение поперечной подачи способствует росту максимальных величин остаточных напряжений (рис.3). Такой характер зависимости

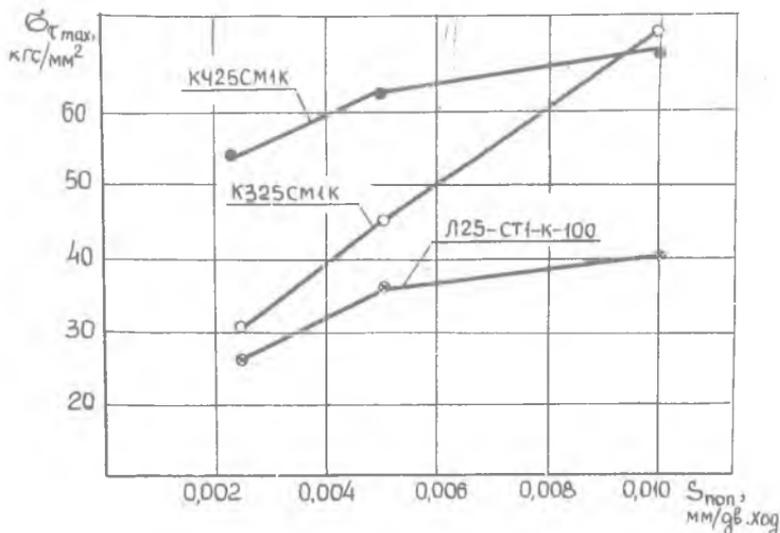


Рис.3. Влияние поперечной подачи на величины максимальных остаточных напряжений. Режим шлифования:  $V_{\text{кр}} = 20 \text{ м/сек}$ ;  $V_{\text{дет}} = 75 \text{ м/мин}$ ;  $S_{\text{пр}} = 1 \text{ м/мин}$

от  $S_{\text{поп}}$  объясняется повышением интенсивности теплового источника на обрабатываемой поверхности с увеличением поперечной подачи. Максимальные величины растягивающих остаточных напряжений для всех  $S_{\text{поп}}$  меньше при обработке эльборовыми кругами, чем кругами K325CM1K и K425CM1K. Уменьшение  $\sigma_{\tau}$  при шлифовании кругами из эльбора вызвано понижением контактных температур, связанным с уменьшением коэффициента трения и улучшением отвода тепла из зоны обработки. Это приводит к понижению температуры на контактных поверхностях изделие-круг, к уменьшению термопластических деформаций, которые являются доминирующим фактором в образовании растягивающих остаточных напряжений.

Результаты исследования влияния продольной подачи на остаточные напряжения показали, что увеличение  $S_{\text{пр}}$  при шлифовании титановых сплавов обычными и эльборовыми кругами способствует небольшому

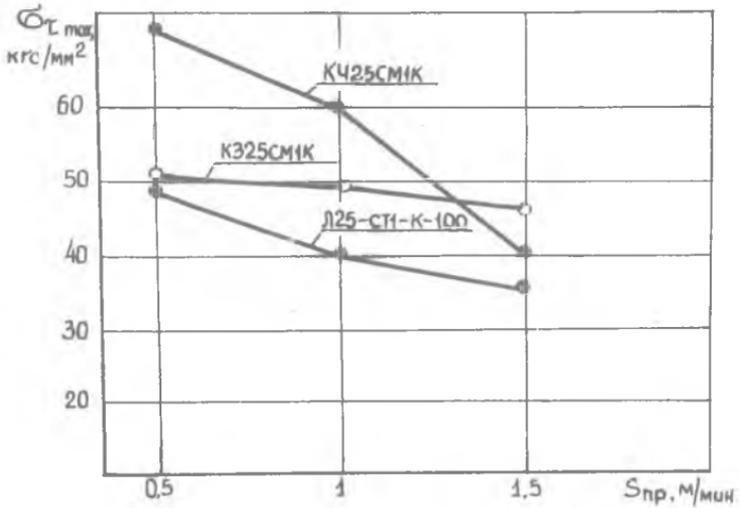


Рис.4. Влияние продольной подачи на величину остаточных напряжений. Режим шлифования:  $V_{кр} = 20$  м/сек;  $V_{дет} = 75$  м/мин;  $S_{поп} = 0,005$  мм/дв.ход

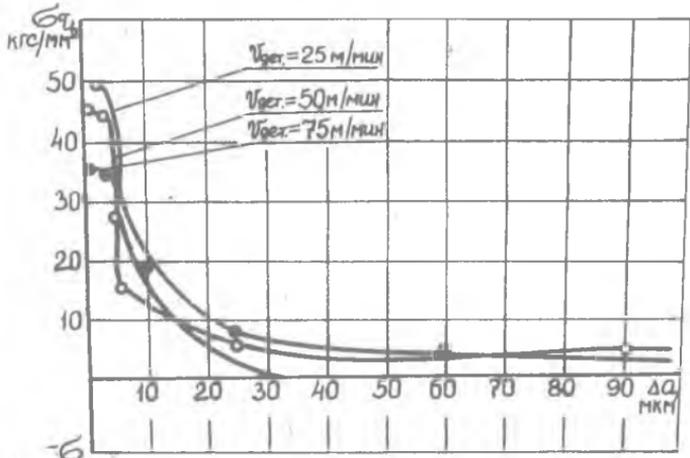


Рис.5. Влияние скорости вращения детали на величину остаточных напряжений. Круг Д25-СТ1-К-100. Режим шлифования:  $V_{кр} = 20$  м/сек;  $S_{пр} = 0,005$  мм/дв.ход;  $S_{пр} = 1,5$  мм/мин

снижению величин остаточных напряжений. Такой характер влияния этого параметра режима шлифования на остаточные напряжения можно объяснить следующим образом. С увеличением продольной подачи уменьшается продолжительность теплового воздействия, что приводит к снижению нагрева изделия. При этом ослабляется относительное влияние температурного фактора, и остаточные напряжения растяжения, имеющие тепловую природу, снижаются.

На рис. 4 показана связь между максимальными величинами остаточных напряжений и продольной подачей для кругов с различным материалом зерна при обработке сплава ВТ20. Из приведенных результатов видно, что наименьшие  $\sigma_{\text{max}}$  имеют место при обработке кругами из эльбора. Аналогичная картина была получена и при обработке титанового сплава ВТЗ-1.

Исследования влияния скорости вращения изделия на остаточные напряжения (рис. 5) показали, что увеличение этого параметра режима шлифования приводит к снижению максимальных величин остаточных напряжений. Характер такого влияния скорости вращения на исследуемые напряжения объясняется тем, что ее увеличение приводит к снижению интенсивности теплового источника, образующегося на шлифуемой поверхности в результате уменьшения количества тепла, выделяемого в изделие. Проведенные методом калориметрирования эксперименты по определению количества тепла, выделяемого в деталь при шлифовании, подтверждают такое объяснение [3].

Из результатов изложенных исследований следует, что применение кругов из эльбора вместо обычных при обработке внутренних поверхностей у деталей из титановых сплавов позволяет снизить величины растягивающих напряжений в 1,5 - 2 раза.

#### Л и т е р а т у р а

1. Д а в и д е н к о в Н.Н. Измерение остаточных напряжений в трубах. Ж.Т.Ф., вып. I., 1931.
2. У р ы в с к и й Ф.П., К о р о т и н Б.С., Б а л а н д и н Г.П. Исследование процесса внутреннего шлифования деталей из титановых и жаропрочных сплавов и высокопрочных сталей эльборовыми кругами. (Отчет). ИИ8-3. КуАИ, Куйбышев, 1974, с. 44.
3. У р ы в с к и й Ф.П., К о р о т и н Б.С., Б а л а н д и н Г.П. Исследование качества обработанной поверхности лопаток из титановых сплавов. (Отчет). 74-3. КуАИ, Куйбышев, 1970, с. 43.