

Тусупбекова Г.М.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
НАСЛЕДСТВЕННОСТИ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

G.M. Tusupbekova

INVESTIGATION OF TECHNOLOGICAL HEREDITY FOR MACHINING

УДК: 621.757

Приведено сравнение эпюр остаточных напряжений. Показана схема технологической наследственности остаточных деформаций образцов.

Comparison of residual pressure is resulted. The circuit of a technological heredity of residual deformations of samples is shown.

Под технологической наследственностью понимается явление переноса свойств изделий (деталей) от предшествующих технологических процессов (операций) к последующим. Частичное или полное сохранение этих свойств называют технологическим наследием. Применительно к ПС (поверхностный слой) под технологической наследственностью будем понимать влияние исходного качества ПС на его качество после окончательной обработки.

Для количественной оценки влияния технологической наследственности на конечные остаточные напряжения в ПС и деформации деталей были использованы данные исследования при наиболее типичных сочетаниях операций, когда предварительная обработка проводится литейным, а финишная - абразивным инструментом, а также когда после шлифования деталь подвергается полированию. В связи с этим исследовались операции: 1) строгание + шлифование; 2) фрезерование + шлифование; 3) шлифование + полирование. Эксперименты проводились на плоских образцах из титанового сплава размером 120X20X3,5мм, которые обрабатывались с одной стороны.

Сравнение эпюр остаточных напряжений, образовавшихся только после шлифования (снялся припуск 0,05мм), а также после шлифования предварительно фрезерованной и предварительно строганной стороны образцов показало, что предварительное фрезерование слабо влияет на эпюру остаточных напряжений при последующем шлифовании. Образцы же, прошедшие строгание и последующее шлифование, имели более низкий уровень остаточных напряжений (на 50...70 МПа), чем шлифованные образцы. Полученный результаты объясняются тем, что предварительное строгание создало в ПС титанового сплава начальные напряжения сжатия значительно большей величины и глубины проникновения, чем фрезерования, последующее шлифование вместе со снятым припуском устранило часть остаточных напряжений и нарушило их равновесие напряжений. После раскрепления образцов под действием неуравновешенных моментов и сил образцы деформировались, неуравновешенные напряжения распределились по всему сечению образцов, уравнились и превратились в остаточные напряжения. При этом удаление остаточных напряжений сжатия при шлифовании сторона стала вогнутой. Так как собственно шлифование создало в ПС начальные напряжения растяжения, то в результате такой деформации они уменьшались соответственно величине прогиба - на предварительно фрезерованных образцах меньше, на строганных больше. Однако это снижение не оказало определяющего влияния на величину остаточных напряжений после последующего шлифования (снижение в пределах 10 % в зоне максимальных значений напряжений). В то же время метод обработки перед шлифованием оказывает большое влияние на остаточные деформации, шлифовальных образцов. Показано влияние технологической наследственности на остаточные деформации образцов на сплаве ВТ: 1- фрезерование; 2- строгание; 3-шлифование, V- 30м/с; 4- шлифование фрезерованной стороны; 5- шлифование строганной стороны; 6- шлифование, V- 14 м/с; 7- шлифование фрезерной стороны, V- 14м/с; 8- шлифование фрезерной стороны, V- 14м/с; 9-полирование; 10-полирование шлифованной (V- 30м/с) стороны, зерно 16.

Так на образцах из титанового сплава ВТ5 величина прогиба фрезерования составила $f_1 = -0,06$ мм (обработанная сторона выпуклая). Последующее шлифование фрезерованной поверхности вызвало деформации образцов в обратном направлении, и прогиб составил $f_4 = +0,568$ мм. После строгания остаточные деформации образцов составили $f_2 = -0,205$ мм; шлифование строганной поверхности привело к деформациям в обратном направлении, и конечный остаточный прогиб составил $f_5 = +0,716$ мм.. таким образом, образцы прошедшие строгание и шлифование, имели большие остаточные деформации, чем образцы, фрезерованные и шлифование. Образцы. Шлифованные без предварительного строгания или фрезерования, имели остаточные деформации изгиба $f_3 = 0,515$ мм. Иная картина наблюдалась при низкоскоростном шлифовании образцов, предварительно обработанных строганием или фрезерованием шлифование образцов, предварительно обработанных строганием или фрезерованием, шлифование титанового сплава со скоростью V- 14м/с; создало в ПС напряжения сжатия. Предварительная лезвийная обработка (строгание или фрезерование) также образует в ПС остаточные напряжения сжатия.

Низкоскоростное шлифование (съём 0,05 мм) предварительно фрезерованной поверхности формирует эпюру начальных и остаточных напряжений, которые мало отличаются от эпюры напряжений, образующихся только при шлифовании. В случае шлифования строганной стороны это отличие более значительное, причем, по сравнению со шлифованием со скоростью $V = 30 \text{ м/с}$; направлено в сторону увеличения, а не снижения остаточных напряжений. В связи с этим наблюдается существенное различие как по направлению, так и по величине остаточных деформаций образцов. Так, шлифование с $V = 14 \text{ м/с}$ вызвало остаточные деформации $f_6 = -0,114 \text{ мм}$. После шлифования фрезерованной стороны остаточные деформации составили $f_7 = -0,057 \text{ мм}$. Шлифование строганной стороны привело к изгибу образцов в обратном направлении, величина остаточных деформаций составила $f_8 = 0,096 \text{ мм}$.

Эксперименты по шлифованию стороны образцов, противоположной строганной или фрезерованной стороне, показали, что в случае снятия небольшого припуска предварительная обработка практически не оказывает влияния на остаточные напряжения и деформации образцов при шлифовании.

Собственно процесс полирования, когда удаляются слои металла небольшой толщины (до 0,03 мм) и используется мелкозернистые абразивные или алмазные инструменты (порошки, пасты), вызывает небольшие по сравнению со шлифованием начальные, остаточные напряжения и деформации образцов. Так при полировании образцов из титановых сплавов войлочными кругами с наклеенным абразивным порошком 63С 16 (карбид, зеленой зернистостью 16 мм) максимальные остаточные напряжения составляли +250 МПа (растяжения) на сплаве ВТ5 и - 200 МПа (сжатия) на сплаве ТС5. на глубине 10 ...20 мкм они снижались до 0 и затем переходили в небольшие напряжения обратного знака. Остаточные деформации при этом составили 0,006..0,01 мм.

Процесс полирования образцов после шлифования изменяет эпюру остаточных напряжений в ПС в результате снятия части напряжений вместе с припуском на обработку и непосредственного воздействия на ПС. Эпюра напряжений изменяется на малой глубине (до 0,05 мм), однако при этом возникают большие остаточные деформации образцов. В условиях эксперимента они доходили до $t^*_{\text{ю}} = -0,038 \text{ мм}$ и имели направление, противоположное направлению остаточных деформаций при шлифовании. Таким образом, хотя сам процесс полирования сопровождается образованием небольших начальных напряжений, но в ПС он может существенно изменить эпюру остаточных напряжений от предшествующего шлифования и вместе с удаленной частью остаточных напряжений (с припуском на обработку) значительно нарушить ее уравновешенность. В этом причина высокого уровня и указанного направления остаточных деформаций при полировании предварительно прошлифованных образцов.

При шлифовании с охлаждением жидким CO_2 возникли наибольшие остаточные напряжения сжатия в поперечном направлении, в то время как после шлифования с охлаждением 2 % содовым раствором они не превышали 250 МПа. В результате последовательного шлифования, абразивного алмазного полирования в тонком ПС (0,04 мм) титановых сплавов образуются небольшие остаточные растяжения (до 70 МПа) в направлении шлифования.

Перпендикулярно направлению шлифования образуются остаточные напряжения сжатия 100...150 МПа. Таким образом, остаточные, а значит и начальные напряжения вдоль и поперек направления шлифования имеют не только разную величину, но и разные знаки. В результате при односторонней обработке пластина приобретает седлообразную форму. Это говорит о сложном плосконапряженном состоянии ПС, возникающем при финишной обработке титановых сплавов, а также о том, что изменением направления шлифования и полирования, наряду с выбором методов и режимов обработки, можно регулировать начальные, остаточные напряжения ПС и деформации деталей.

Таким образом, данные исследования показывают, что можно реализовать остаточные напряжения по величине и знаку соответственным подбором режимов обработки, видов обработки и использованием различных охлаждающих жидкостей.

Литература:

1. Мастеров В.А., Борковский В.С. Теория пластической деформации и обработка металлов давлением. - М.: Металлургия, 1989.400с.
2. Направленное формирование свойств изделий машиностроения. /Под ред. А.И. Кондакова М: Машиностроение, 2005.351с.

Рецензент: д.т.н., профессор Муслимов А.П.