

М. В. КАСЬЯН, Г. С. МИНАСЯН, Э. О. ХУРШУДЯН

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ФОРМИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНЫХ МАКРОНАПРЯЖЕНИЙ ПРИ РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ

В ряде случаев преждевременный выход деталей или их сопряжений из строя является результатом заметного влияния остаточных напряжений, формируемых при обработке этих деталей резанием. Остаточные напряжения являются по существу одним из многочисленных показателей качества поверхности деталей, причем показателем, требующим к себе пристального внимания. Однако кропотливость методов оценки величин макронапряжений является причиной того, что не всегда этот показатель выявляется в полноценном освещении. Известно, что приповерхностный слой обрабатываемой детали несет на себе следы всех видов холодной обработки, начиная от черновой, осуществляемой лезвийным инструментом, и кончая финишной обработкой, чаще всего осуществляемой шлифованием. Иначе говоря, наследственность этого слоя, в особенности, когда последующей обработкой не снимаются результаты предварительной. И если детали со значительными напряжениями не подвергаются термообработке, то дефектом в этом случае надо считать только характер сложения напряжений остаточных с внешними. Положение заметным образом меняется, когда в результате термической обработки поведение поверхностного слоя, деформированного и напряженного, сильно отражается на эксплуатационных показателях детали.

В связи с этим создание методов, дающих возможность оценить все составляющие остаточных напряжений, нужно считать вопросом весьма актуальным. В этом именно разрезе предлагается в статье новый метод, дающий возможность определять одновременно и тангенциальные нормальные и касательные остаточные напряжения.

В качестве такого универсального метода предложена схема «пружины» [1]. В этом случае один и тот же виток образца пружины дает возможность одновременно регистрировать две составляющие остаточных напряжений. Образцы, предварительно имеющие форму втулки с наружным диаметром $d_n = 38$ мм и внутренним $d_{вн} = 30$ мм при длине $L = 100$ мм, изготовлены для сопоставимых опытов из сталей трех марок: Ст3, Ст40Х и Р6М5 и отожжены при соответствующих термических режимах. Эти втулки, после обработки резанием, прорезались винтовым пазом от одного торца до середины втулки, как показано на рис. 1. Таким образом, подготовленный для изучения образец представляется своей

верхней частью как пружина с прямоугольным витком, тогда как нижняя ее часть оставляется без прорезей в виде втулки. Шаг витка составляет $l=16$ мм, а угол подъема $\alpha=8^\circ 30'$ при ширине $b=13$ мм и толщине $h=3$ мм. Сохраненная в виде цельной втулки часть в последующем использовалась как отдельные кольца с размерами витков пружин в качестве контроля для сопоставления результатов определения остаточных напряжений существующим методом с результатами нового метода. Из этой остаточной части втулки отрезались два кольца, одно из них использовалось для определения тангенциальных остаточных напряжений, второе — для определения касательных напряжений. Чтобы избежать того или иного влияния краевого эффекта, использовались только средние кольца и витки. Надо сказать, что в статье [2] опыты с пружинными образцами проводились при самых разных параметрах режимного поля, в настоящей же статье мы приводим лишь методику нового метода и сопоставляем результаты опытов существующего и нового методов с сохранением полной идентичности получения образцов.

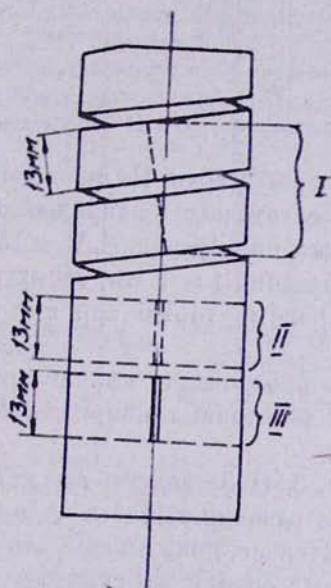


Рис. 1. Общий вид образца, подготовленного к исследованиям остаточных напряжений.

I — витки используемые при новом методе; II — часть опытной втулки для определения тангенциальных нормальных напряжений методом колец; III — часть втулки для определения касательных напряжений методом колец.

Для упрощения описания схемы нового метода на рис. 2 приводится установка испытания пружинного образца. Принимаются все возможное, чтобы избежать влияния тангенциальных остаточных напряжений при определении касательных, и наоборот. Во всех случаях определений процесс и его показатели фиксировались автоматически, а эти данные использовались для расчета на основе уравнений Н. А. Биргера [3] и С. И. Иванова [4]. Мы нашли возможным результаты сравнитель-

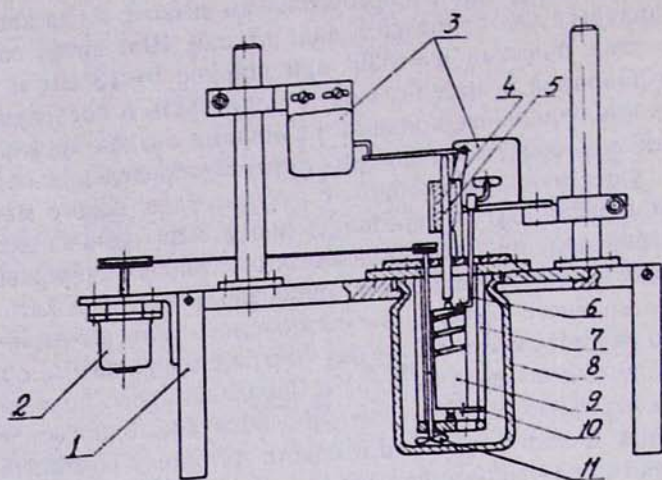


Рис. 2. Общий вид установки для определения остаточных напряжений новым методом.

1—стол, 2—электродвигатель, 3—индуктивный датчик, 4—направляющая, 5—шток, 6—плечо рычага, 7—стакан, 8—стеклянный сосуд, 9—испытуемый образец, 10—упор, 11—смеситель.

ных опытов представить графически. На рис. 3, I приведены в сопоставлении тангенциальные остаточные напряжения при обработке Ст3 в следующих условиях: скорость резания $V = 75,2$ м/мин, подача $S = 0,14$ мм/об, глубина резания $t = 1$ мм; геометрия инструмента, армированного твердым сплавом Т15К6 при $\alpha = 6^\circ$, $\gamma = 6^\circ$, $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$, $\lambda = 0$.

При этом буквой *a* обозначена кривая результатов, полученных новым приемом оценки остаточных напряжений, а *b* — существующим методом.

На следующем рис. 3, II оставлены все исходные условия резания такими же, но скорость резания принята $V = 191$ м/мин. Эти данные, построенные весьма тщательно, показывают, что результаты опытов, проведенных двумя методами оценки, по существу одинаковы как по ходу изменений напряжений по глубине, так и по величине их. Максимальные отклонения по величине получаются на расстоянии от поверхности в 50—100 мкм. Зоны перехода от напряжений сжатия к растягивающим остаются одними и теми же, несмотря на то, что скорость резания во втором случае увеличена в 2,5 раза.

Мы не наблюдали существенных изменений, когда изучали остаточные напряжения при обработке Ст40Х. Результаты этих опытов приведены на рис. 3, III. Условия резания для этого материала таковы: скорость резания $V = 120$ м/мин, подача $S = 0,084$ мм/об и глубина резания $t = 1$ мм при предыдущей геометрии резца. Данные экспериментов, результаты которых приведены на рис. 3, IV, отличаются лишь тем, что при их получении скорость резания была увеличена до

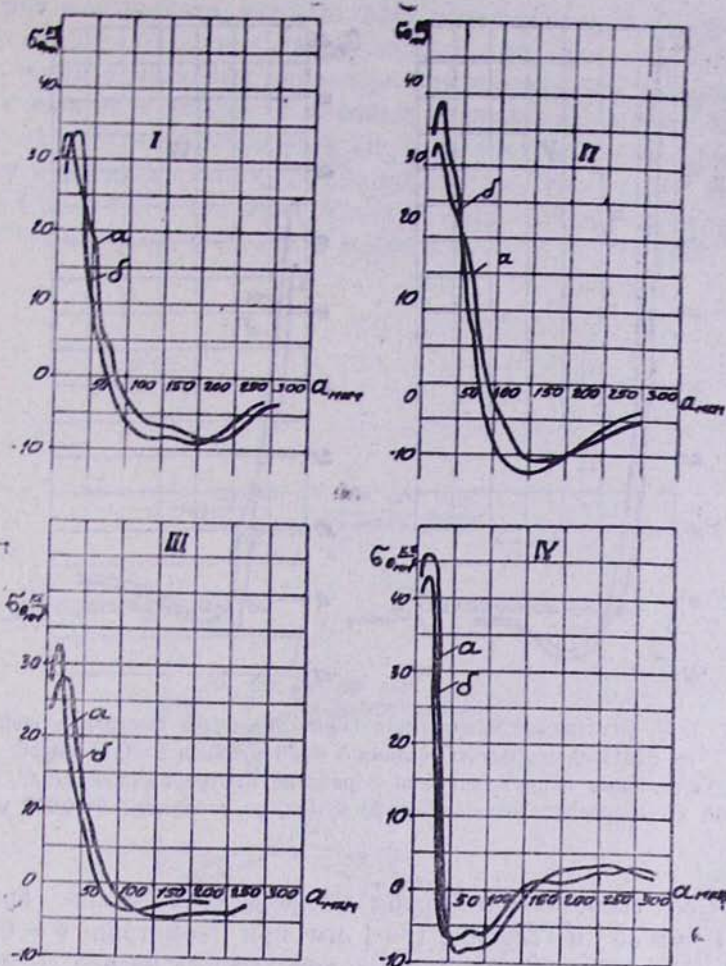


Рис. 3, I. Остаточные напряжения — глубина их распространения при обработке Ст3 со скоростью $V=75,2$ м/мин.

II. Остаточные напряжения при обработке Ст3 при скорости резания $V=191$ м/мин.

III. Остаточные напряжения при обработке Ст40X со скоростью резания $V=120$ м/мин.

IV. Остаточные напряжения при обработке Ст40X со скоростью $V=191$ м/мин.

$V = 191$ м/мин, а подача несколько снижена, до $S = \text{мм/об.}$ И здесь отмечается полная идентичность поведения тангенциальных остаточных напряжений, но отличием нужно считать то, что по мере углубления в условиях использования более высокой скорости резания напряжения вновь переходят нулевую зону. Это положение фиксируется при использовании обоих методов. На рис. 3, V и 3, VI приведены такие же сравнительные результаты, но при обработке быстрорежущей стали Р6М5 при

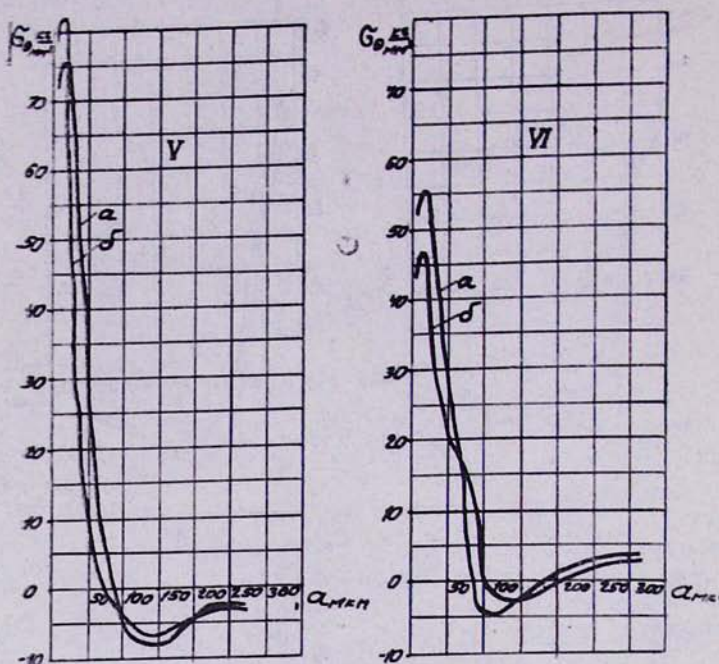


Рис. 3. V. Остаточные напряжения при обработке быстрорежущей стали Р6М5 со скоростью резания $V=120$ м/мин и $S=0,14$ мм/об.
 VI. Остаточные напряжения при обработке быстрорежущей стали Р6М5 с той же скоростью резания $V=120$ м/мин, но с подачей $S=0,097$ мм/об.

резании со скоростью в первом случае $V = 120$ м/мин, при подаче $S = 0,14$ мм/об и глубине $t = 1$ мм при геометрии $\gamma = 0^\circ$, $\alpha = 6^\circ$, $\varphi = 90^\circ$, $\varphi_1 = 15^\circ$ и $\lambda = 0^\circ$. Данные, приведенные на рис. 3, VI, отличаются лишь тем, что они получены при той же скорости резания, но при $S = 0,097$ мм/об подаче. И при обработке этой стали мы видим, что особой разницы в полученных двумя методами значениях нет. Следовательно, оба метода, универсальный и существующий при определении тангенциальных остаточных напряжений, приводят к одним и тем же результатам.

В связи с этим мы решили сопоставить и результаты определения обоими методами касательных остаточных напряжений, тем более, что полнота сравнительных данных выявится яснее. На рис. 4, I, II, III, IV представлены кривые, характеризующие зависимость величин касательных напряжений по глубине от поверхности, причем и здесь мы ограничились исследованиями до 300 мкм, поскольку в этой зоне напряжения уже затухают. Здесь буквой a обозначены показатели, полученные при использовании «пружинного» метода, а буквой b — обычного. Опыты велись по сталям первых двух марок (Ст3 и Ст40Х), при тех же режимах

и геометрии инструмента, которые были использованы при определении тангенциальных остаточных напряжений. Сопоставляя данные, можно отметить почти одинаковый характер влияния режимов резания на величины и знак касательных остаточных напряжений. Может быть, точность опыта или метод повлияли лишь на расположение максимумов. Сказанное относится лишь к случаю обработки Ст3 (I и II). При переходе же к Ст40X (III и IV) напряжения меняют свой знак, и это устанавливается при использовании обоих методов.

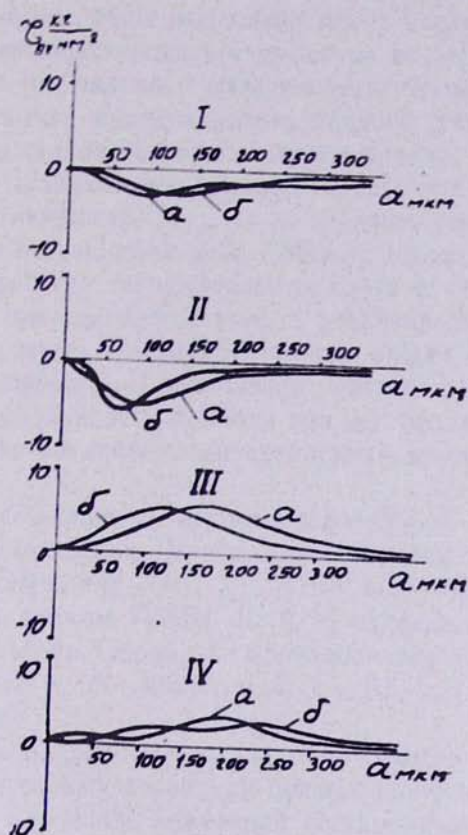


Рис. 4. I, II, III, IV. Соответственно касательные напряжения при обработке Ст3 и Ст40X ранее приведенными режимами.

Обобщая изложенное, можно прийти к заключению, что предложенный метод приводит к тем же результатам, что и существующий, являясь более универсальным, разрешает на одном образце определить два вида остаточных напряжений.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. В. Касьян и Э. Э. Хуршудян. Способ определения остаточных тангенциальных напряжений в полых цилиндрах. Авт. свед. № 522403.
2. М. В. Касьян, Э. О. Хуршудян. Исследование основных компонентов остаточных напряжений, возникающих в процессе резания металлов. См. настоящий сборник.
3. И. А. Биргер. Остаточные напряжения, М., Машгиз, 1963.
4. С. И. Иванов. Исследование остаточных касательных напряжений в цилиндрической детали методом колец. Труды Куйбышевского авиационного института, вып. 53, 1971.