

## ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ТОЧНОМ ТОЧЕНИИ ЗАКАЛЕННЫХ СТАЛЕЙ

М.В. Храмов, И.Н.Разумова

*Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия*

*Приведены результаты исследований остаточных напряжений в зависимости от режимов резания при тонком точении закаленных сталей резцами из эльбора-Р.*

*Ключевые слова: остаточные напряжения, силы резания, поверхностный слой.*

Напряжения 1-го рода в поверхностном слое деталей из закаленных сталей, обработанных резцами из СТМ, определяли по методу акад. Н.Н. Давиденкова и рентгенографически - на дифрактометре «ДРОН-0,5».

Исследования показали, что на величину остаточных напряжений и глубину их залегания наибольшее влияние из режимов резания оказывает подача. На рис. 1 и 2 показаны эпюры остаточных тангенциальных напряжений в поверхностном слое закаленных цементуемых сталей 12Х2НВФМА и 13ХЗНВМ2Ф при различных подачах. Эпюры, представленные на этих рисунках, а также на рис. 4 и 5, получены по методу акад. Н.Н. Давиденкова. С увеличением подачи возрастают как абсолютный максимум сжимающих остаточных напряжений, так и глубина их проникновения. Аналогичные зависимости получены и при точении других закаленных сталей. Абсолютный максимум эпюр остаточных напряжений находится на глубине 8...20 мкм. У всех эпюр отмечен спад напряжений у поверхности. По мере удаления от поверхности абсолютные значения напряжений, пройдя максимум, резко уменьшаются. Снижение это тем больше, чем меньше подача.

На рис. 1 наряду с эпюрами остаточных напряжений, полученных экспериментально, показаны эпюры, рассчитанные теоретически. Как видно из рис. 1, теоретические эпюры дают неплохое совпадение с экспериментальными при глубине  $x \geq 20$  мкм, то есть начиная с той глубины, которая примерно соответствует максимуму экспериментальных эпюр. При  $x \geq 20$  мкм между расчетными и экспериментальными эпюрами имеется большое расхождение. Это объясняется тем, что нагрузка при расчетах остаточных напряжений была принята в виде сосредоточенной силы. Однако даже после кратковременного точения образцов для исследования остаточных напряжений износ по задней поверхности резцов составлял  $h_3 = 0,020...0,025$  мм. Кроме того, расчетные эпюры не учитывают влияния температурного фактора, фазовых превращений, контактных явлений и т. д. И все же расчетная эпюра, не повторяя в точности экспериментальную эпюру остаточных напряжений, с достаточным для практических целей приближением позволяет опре-

делить абсолютный максимум остаточных напряжений, их знак и глубину пластически сформированной зоны.

Аналогичные соотношения расчетных и экспериментальных эпюр остаточных напряжений получены нами при тонком точении других закаленных сталей. Из этого можно сделать вывод, что при тонком точении закаленных цементуемых и инструментальных сталей резцами из СТМ глубина поверхностного слоя, меньше которой расчетные остаточные напряжения не соответствуют экспериментальным, равна примерно 20 мкм.

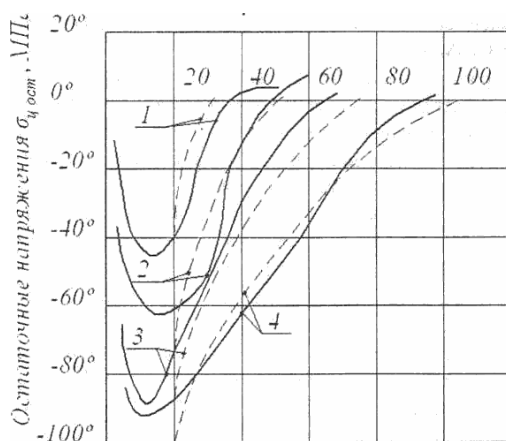


Рисунок 1 - Влияние подачи на тангенциальные остаточные напряжения при точении стали 12X2НВФА твердостью HRC > 57 резцами из эльбора-Р ( $V = 70$  м/мин;  $t = 0,2$  мм):

1 -  $S = 0,04$  мм/об; 2 -  $S = 0,08$  мм/об; 3 -  $S = 0,12$  мм/об; 4 -  $S = 0,16$  мм/об.

Расхождения в определении абсолютного максимума остаточных напряжений между методами акад. Н.Н. Давиденкова и расчетными составляют: при  $S = 0,04...0,08$  мм/об. - 11 %; при  $S = 0,12$  мм/об. - 5,5 %. Расхождения между напряжениями, определенными рентгенографически и по методу акад. Н.Н. Давиденкова, а также расчетным методом, более существенны. Однако здесь следует учесть то, что при рентгенографическом методе мы получаем интегральную картину по некоторой глубине (глубине проникновения лучей). В пользу такого предположения говорят и результаты - при рентгенографическом методе напряжения ниже, чем определенные методами Н.Н. Давиденкова и расчетным.

Толщина среза  $\alpha_\lambda$  и угол наклона эффективного сечения  $\lambda$  при точении закаленной цементуемой стали 12X2НВФМА. С увеличением подачи, как и следовало ожидать, толщина среза  $\alpha_\lambda$  и угол  $\lambda$  увеличиваются, причем  $\alpha_\lambda$  в 2...4 раза меньше, чем максимальная толщина среза при точении режущей кромкой, выполненной по радиусу.

Влияние скорости резания на остаточные напряжения сложнее влияния подачи. На рис. 3 представлены зависимости тангенциальных остаточных напряжений при точении сталей 12Х2НВФМАи 13ХЗНВМ2Ф.

С увеличением скорости резания абсолютный максимум эпюры остаточных напряжений вначале увеличивается, затем уменьшается. На наш взгляд, это объясняется следующим.

С увеличением скорости резания возрастает температура резания, что приводит к снижению предела текучести обрабатываемого материала. Так как силы резания с увеличением скорости падают незначительно, то для примерно равного уровня сил степень пластической деформации больше при меньшем пределе текучести. Кроме того, при высоких скоростях  $V > 130$  м/мин для тонкого точения закаленных сталей в тонком поверхностном слое возможны термопластические деформации, которые, хотя и не приводят к растягивающим остаточным напряжениям, снижают уровень абсолютных значений сжимающих напряжений, формируемых под действием силового поля.

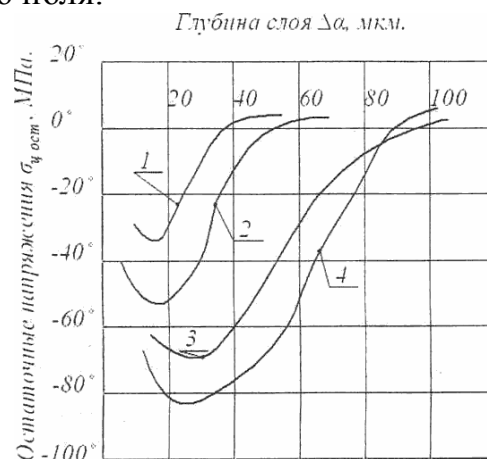


Рисунок 2 - Влияние подачи на тангенциальные остаточные напряжения при точении стали 13ХЗНВМ2Ф твердостью HRC > 57 резцами из эльбора-Р ( $V = 70$  м/мин,  $t = 0,2$  мм): 1 -  $S = 0,04$  мм/об; 2 -  $S = 0,08$  мм/об; 3 -  $S = 0,12$  мм/об; 4 -  $S = 0,16$  мм/об.

Увеличение скорости резания уменьшает глубину пластически деформированной зоны. Это следует рассматривать как результат уменьшения сил резания. При определенных условиях с уменьшением сил резания глубина пластически деформированной зоны может увеличиться. Это происходит в том случае, если предел текучести обрабатываемого материала значительно уменьшается по всей глубине пластически деформированной зоны. Однако при резании этого не происходит, так как температура по мере удаления от обработанной поверхности резко убывает. Поэтому глубина упрочненного слоя при тонком точении закаленных

сталей практически определяется уровнем сил резания, их направлением и пределом текучести обрабатываемого материала при невысоких температурах.

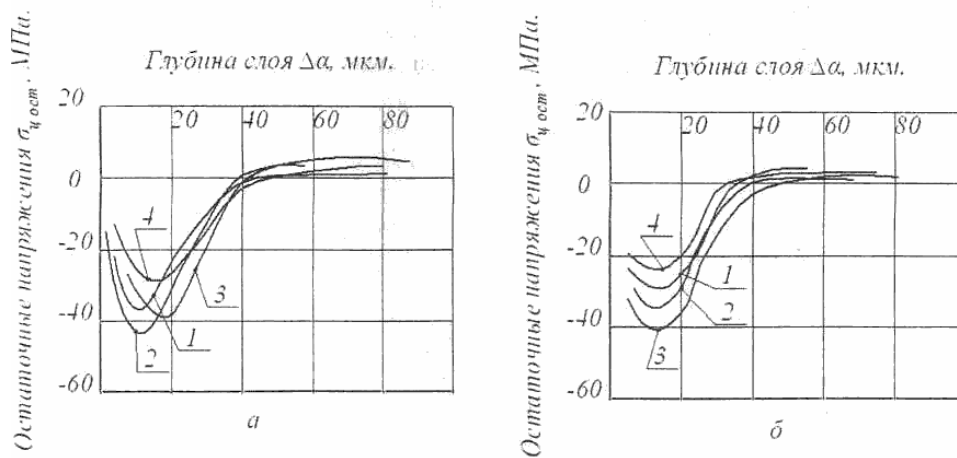


Рисунок 3 - Влияние скорости резания на тангенциальные остаточные напряжения ( $S = 0,04$  мм/об;  $t = 0,2$  мм): а - 12Х2НВФА; б - 13ХЗНВМ2Ф:  
 1 -  $V = 40$  м/мин; 2 -  $V = 70$  м/мин; 3 -  $V = 112$  м/мин; 4 -  $V = 144$  м/мин

Глубина резания практически не влияет на остаточные напряжения. Это подтвердили и наши исследования.

Характер влияния режимов резания на осевые остаточные напряжения примерно такой же, как и на тангенциальные (рис. 4).

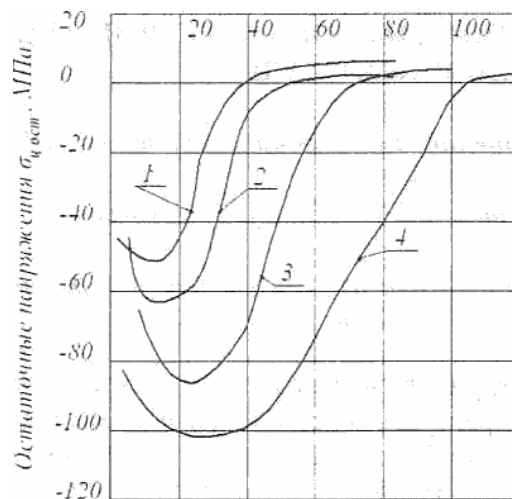


Рисунок 4 - Влияние подачи на осевые остаточные напряжения при точении стали 12Х2НВФА резцами из эльбора-Р ( $V = 70$  м/мин,  $t = 0,2$  мм):  
 1 -  $S = 0,04$  мм/об; 2 -  $S = 0,08$  мм/об; 3 -  $S = 0,12$  мм/об; 4 -  $S = 0,16$  мм/об

Износ инструмента оказывает значительное влияние на остаточные напряжения. С увеличением износа резца по задней поверхности возрастают силы реза-

ния и уменьшается угол  $\omega$  равнодействующей силы резания. При изменении  $h_3$  от 0 до 0,2...0,25 мм все это приводит к увеличению абсолютного максимума сжимающих остаточных напряжений (рис. 5). При дальнейшем увеличении износа резца абсолютный максимум остаточных напряжений снижается, хотя силы продолжают расти, особенно  $P_n$ . Такое явление объясняется возрастающей ролью теплового фактора. Следует отметить, что действие силового фактора все равно остается преобладающим и в поверхностном слое закаленных сталей на всех стадиях износа резца формируются сжимающие остаточные напряжения.

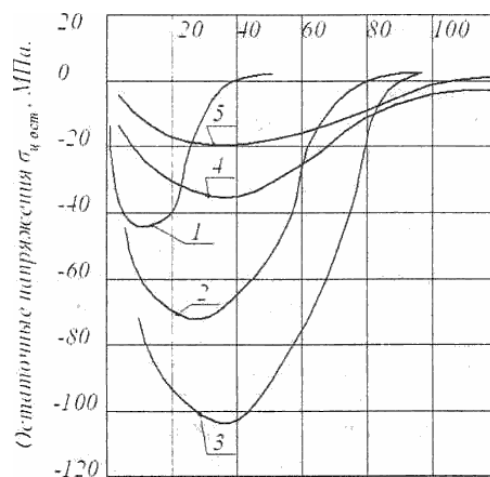


Рисунок 5 - Влияние износа резца по задней поверхности на тангенциальные остаточные напряжения при точении стали 12Х2НВФА резцами из эльбора-Р ( $V = 70$  м/мин;  $S = 0,04$  мм/об;  $t = 0,2$  мм):

1 –  $h_3 = 0$ ; 2 –  $h_3 = 0,1$  мм; 3 –  $h_3 = 0,2$  мм; 4 –  $h_3 = 0,3$  мм; 5 –  $h_3 = 0,4$  мм

#### Библиографический список

1. Б.А.Кравченко, А.Б.Кравченко. Физические аспекты теории процесса резания металлов. Самара: Самар.гос.технич.ун-т, 2006. – 167 с.