

**ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТОЛСТОСТЕННЫХ
ЦИЛИНДРОВ И НАТЯГА НА ОКРУЖНЫЕ ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ,
ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ОДНОЦИКЛОВОМ ДОРНОВАНИИ ОТВЕРСТИЙ**

А.О. Бознак, к.т.н.,

А.Ю. Арляпов, к.т.н.

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

тел. +7 (3822) 60-63-89

E-mail: boznakao@gmail.com

После дорнования отверстий в деталях типа толстостенных цилиндров (со степенью толстостенности $D/d \geq 3$, где d – диаметр их отверстий, а D – их наружный диаметр) формируются существенные по величине макронапряжения, обусловленные несовместностью пластических деформаций по толщине стенки [1-3]. Как правило, наибольшими по величине являются окружные остаточные напряжения σ_θ [1-5]. Величина этих напряжений, как показали исследования [1-7], главным образом определяется натягом дорнования a , степенью толстостенности цилиндров D/d , а также механическими свойствами их материала. Увеличение степени толстостенности цилиндров и натяга дорнования сопровождается ростом окружных остаточных напряжений [3-5], а влияние схемы обработки (растяжения или сжатия) и скорости движения дорна является незначительным [8, 9]. В работе [10] отмечено, что и длина цилиндров L (глубина отверстий) может существенно влиять на величину формирующихся остаточных напряжений, однако влияние это оказывается неоднозначным. В частности, при обработке цилиндров с $D/d = 3$ их длина существенно сказывается на окружных остаточных напряжениях [10]. С уменьшением их длины окружные остаточные напряжения у отверстия в зависимости от натяга дорнования могут как возрасти, снизиться, так и оставаться практически неизменными по величине [10]. При этом, влияние длины цилиндров с $D/d = 5$ на эти напряжения практически отсутствует [10].

Так как влияние длины цилиндров с $D/d = 3$ на окружные остаточные напряжения изменяется с ростом натяга, можно предположить, что данные параметры оказывают совместное влияние, которое не может быть описано простой зависимостью. Вместе с тем, остаточные напряжения в поверхностном слое являются одним из важнейших параметров качества поверхности, существенно влияющим на эксплуатационные показатели деталей машин (усталостную прочность, износостойкость, контактную жесткость и т.д.) [1, 2, 7, 11], поэтому выявление закономерностей формирования этих напряжений при дорновании является важной практической задачей.

Для выявления совместного влияния натяга дорнования a , степени толстостенности цилиндров D/d и относительной глубины их отверстий L/d на окружные остаточные напряжения σ_θ , был проведен эксперимент на образцах из стали 50 (НВ 2170...2290 МПа, $\sigma_{0,2} \approx 470$ МПа) с диаметром отверстий $d = 5$ мм и степенью толстостенности D/d равной 2, 3, 4 и 5. Относительная глубина отверстий образцов L/d принималась равной 1, 2, 4 и 8. Отверстия получали сверлением спиральными сверлами с последующим развертыванием ручными развертками. Дорнование выполняли на испытательной машине УМЭ-10ТМ с помощью специального приспособления [5] за один цикл по схеме со сжатием. При этом использовали однозубые дорны из твердого сплава ВК8 с углами рабочего и обратного конусов 6° и шириной соединяющей их цилиндрической ленточки 3 мм. Натяги дорнования a составляли 0,9; 3,3; 5,2 и 7,1%. В качестве смазочного материала при дорновании применяли масляную СОЖ МР-7. Скорость дорнования была равна 8 мм/с.

растягивающих остаточных напряжений. При больших степенях толстостенности для каждого ее значения существует такая относительная глубина отверстия, при которой натяг дорнования практически не влияет на окружные остаточные напряжения. Например, для $D/d = 2$ это $L/d = 1$ (Рис. 1, а), а для $D/d = 3$ это $L/d = 2$ (Рис. 2, а). При меньших относительных глубинах отверстия увеличение натяга приводит к росту сжимающих остаточных напряжений, а при больших, соответственно, к их снижению (Рис. 1 и 2).

Наблюдаемые закономерности свидетельствуют о том, что зависимость окружных остаточных напряжений, сформированных в обработанных дорнованием толстостенных цилиндрах, от исследуемых факторов (D/d , L/d и a) является сложной, в которой влияние одних факторов нивелируется влиянием других и наоборот.

Список литературы:

1. Мазеин, П. Г. Моделирование формирования остаточных напряжений и деформаций при поверхностном пластическом деформировании стальных деталей : автореф. дис. ... д-ра. техн. наук : 05.02.08 / Мазеин Петр Германович. – Челябинск, 1994. – 35 с.
2. Монченко, В. П. Эффективная технология производства полых цилиндров / В. П. Монченко. – М. : Машиностроение, 1980. – 248 с.
3. Розенберг, А. М. Механика пластического деформирования в процессах резания и деформирующего протягивания / А. М. Розенберг, О. А. Розенберг. – Киев : Наукова думка. 1990. – 320 с.
4. Скворцов, В. Ф. Остаточные напряжения при дорновании отверстий малого диаметра в полых толстостенных цилиндрах с большими натягами / В. Ф. Скворцов, И. С. Охотин, А. Ю. Арляпов // Известия Томского политехнического ун-та. – 2010. – Т. 316. – № 2. – С. 24-27.
5. Скворцов, В. Ф. Дорнование глубоких отверстий малого диаметра / В. Ф. Скворцов, А. Ю. Арляпов, И. С. Охотин // Справочник. Инженерный журнал. Приложение. – 2012. – № 2. – С. 1-24.
6. Проскураков, Ю. Г. Объемное дорнование отверстий / Ю. Г. Проскураков, В. Н. Романов, А. Н. Исаев. – М. : Машиностроение, 1984. – 223 с.
7. Розенберг, А. М. Качество поверхности, обработанной деформирующим протягиванием / А. М. Розенберг, О. А. Розенберг, Э. И. Гриценко, Э. К. Посвятенко. – Киев : Наукова думка, 1977. – 188 с.
8. Скворцов, В. Ф. Остаточные напряжения при дорновании отверстий в толстостенных цилиндрах по схемам сжатия и растяжения / В. Ф. Скворцов, Р. С. Цыганков, А. О. Бознак, В. С. Федотов // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2014. – № 3. – С. 45-50.
9. Farhangdoost, K. The effect of mandrel speed upon the residual stress distribution around cold expanded hole / K. Farhangdoost, A. Hosseini // Procedia Engineering. – 2011. – Т. 10. – С. 2184-2189.
10. Скворцов, В. Ф. Влияние длины толстостенных цилиндров на остаточные напряжения, возникающие при одноцикловом дорновании отверстий / В. Ф. Скворцов, А. О. Бознак // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2015. – № 1. – С. 20-26.
11. Кувалдин, Ю. И. Технологические остаточные напряжения и их влияние на точность механической обработки резанием / Ю. И. Кувалдин. – Киров : КирПИ, 1991. – 80 с.
12. Скворцов, В. Ф. Применение метода Н. Н. Давиденкова для оценки окружных остаточных напряжений в обработанных дорнованием полых цилиндрах / В. Ф. Скворцов, А. Ю. Арляпов, А. О. Бознак, И. И. Оголь // Системы. Методы. Технологии. – 2016. – № 4. – С. 65-70.