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 $D/d \ge 3$, 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 возрастать, снижаться, 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.

Окружные остаточные напряжения определяли методом Н.Н. Давиденкова, по методике, описанной в работе [12].

Установлено, что из геометрических параметров толстостенных цилиндров наибольшее влияние на окружные остаточные напряжения σ_{θ} оказывает степень их толстостенности D/d. С ее увеличением указанные напряжения во всех исследованных случаях возрастают по абсолютной величине (Рис. 1).

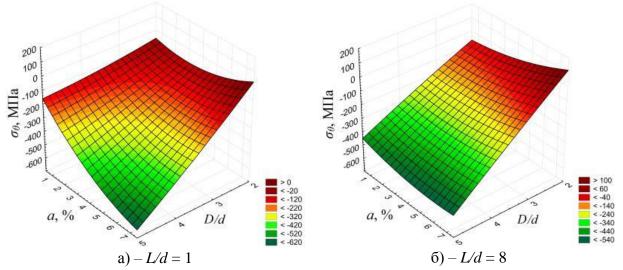


Рис. 1. Зависимости окружных остаточных напряжений σ_{θ} от натяга дорнования a и степени толстостенности D/d при разных относительных глубинах отверстия L/d

При D/d=3 влияние относительной глубины отверстий L/d на окружные остаточные напряжения является несущественным (Рис. 2, a). С увеличением степени толстостенности до D/d=5 влияние относительной глубины отверстий становится более заметным, особенно при обработке с малым натягом a (менее 1%). Необходимо отметить, что с ростом L/d влияние натяга a на окружные остаточные напряжения ослабевает (Рис. 2, δ).

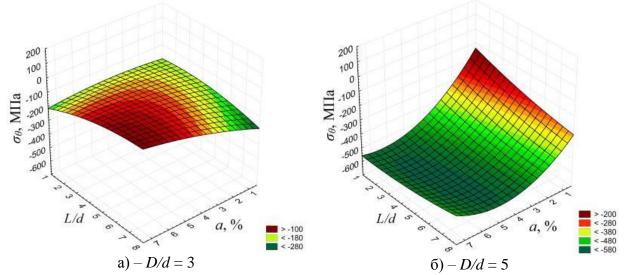


Рис. 2. Зависимости окружных остаточных напряжений σ_{θ} от относительной глубины отверстия L/d и натяга дорнования a при разных степенях толстостенности D/d

Влияние натяга a на окружные остаточные напряжения при степени толстостенности D/d = 2 незначительно (Puc. 1), а при L/d = 8 увеличение натяга приводит к появлению

XII Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиностроения»

растягивающих остаточных напряжений. При бо́льших 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, a), а для D/d=3 это L/d=2 (Рис. 2, a). При меньших относительных глубинах отверстия увеличение натяга приводит к росту сжимающих остаточных напряжений, а при бо́льших, 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. ... дра. 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. $1990.-320~\rm c.$
- 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. Проскуряков, Ю. Г. Объемное дорнование отверстий / Ю. Г. Проскуряков, 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). $-2014.- \mathbb{N} 2.- \mathbb{C}.45-50.$
- 9. Farhangdoost, K. The effect of mandrel speed upon the residual stress distribution around cold expanded hole / K. Farhangdoost, A. Hosseini // Procedia Engineering. 2011. T. 10. C. 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. C. 65-70.