

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сунь Цзянь, Сюй Цзунбэнь. Масштабный космический метод в компьютерном зрении. "CNKI; ВанФанг", 2005 г.
2. ГОСТР 57586 –2017 Изделия, полученные методом аддитивных технологических процессов [Электронный ресурс] <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293744/4293744368.pdf>
3. Николай Полещук. AutoCAD 2007: 2D/3D-моделирование. –СПб.: БХВ, 2007. –416 с. –ISBN 978-5-7502-0265-2.

Лю Юйцин (Китай),

Лысак Илья Александрович (Россия)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Лысак Илья Александрович,
канд. техн. наук., доцент ТПУ.

ВЛИЯНИЕ НАТЯГА ДОРНОВАНИЯ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВТУЛОК НА ВЕЛИЧИНУ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Дорнование является одним из распространенных методов, используемых для повышения усталостной прочности цилиндрических отверстий. Процесс включает в себя проталкивание предварительно смазанного инструмента - дорна конической формы в отверстие с несколько меньшим диаметром. Отверстие расширяется в достаточной степени, чтобы вызвать необратимую пластическую деформацию. После удаления дорна окружающий упругий материал стремится вернуться в недеформированное состояние, создавая тем самым соответствующее распределение сжимающих остаточных напряжений вокруг обработанного отверстия. Это остаточное напряжение замедляет развитие и расширение усталостных трещин, и способствует повышению усталостной долговечности [1-3]. Кроме того, преимущество этого метода заключается в улучшении качества и выравнивании поверхности отверстия в результате взаимодействия с дорном.

Известно, что распределение остаточных напряжений чувствительно к параметрам процесса, особенно к натягу и геометрическим характеристикам втулок. Поэтому изучение характера изменения остаточных напряжений после дорнования по схеме сжатия является важной за-

дачей. Контроль остаточных напряжений в таких деталях, как полые цилиндры с различными геометрическими параметрами, путем экспериментальных исследований является трудоемким и длительным процессом, часто требующим разрушения исследуемых образцов. Поэтому актуальной задачей является исследование влияния различных геометрических параметров и натяга на остаточные напряжения в полых цилиндрических деталях после дорнования с помощью систем автоматизированного инженерного анализа (CAE).

Для анализа влияния геометрических параметров и натяга на остаточные напряжения в полых цилиндрических деталях после дорнования разработана математическая модель (рис. 1) [4-5].

Моделирование процесса дорнования осуществлялось с использованием модуля Static Structural программного комплекса ANSYS. В качестве материала втулок использовалась сталь 50, дорнов - сплав ВК8. Диаметр отверстия во втулках составлял $d = 5$ мм. Степень толстостенности втулок - $D/d = 2; 3; 5$ (то есть, наружный диаметр $D = 10; 15; 25$ мм). Относительная длина втулок - $L/d = 1; 2; 4$ (абсолютная длина $L = 5; 10; 20$ мм). Натяг - $a = 1; 5\%$ (диаметры дорнов $d_{\text{дорн}} = 5,05; 5,25$ мм).

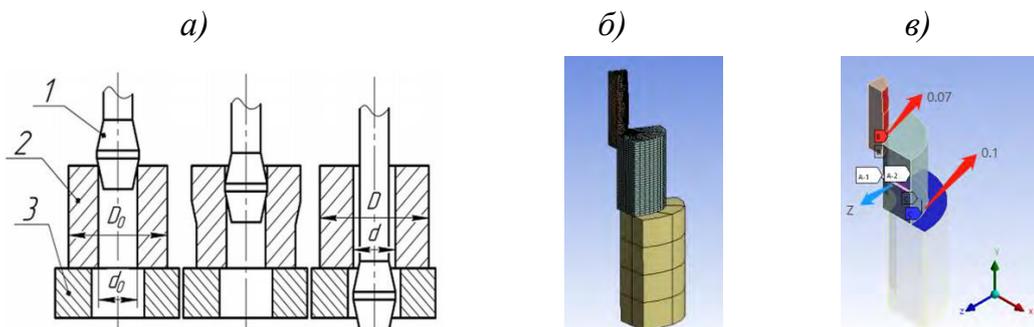


Рис. 1. Схема математической модели:

1 – дорн; 2 – втулка; 3 – опор; d_0 – внутренний диаметр втулки; D_0 – наружный диаметр втулки; d – внутренний диаметр втулки после дорнования; D – наружный диаметр втулки после дорнования

Дорн перемещался через отверстие втулки со скоростью 8 мм/с. После чего, регистрировались значения остаточных напряжений в радиальном, осевом и окружном направлениях. План численного эксперимента представлен в таблице 1.

Таблица 1

План численного эксперимента

D/d	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5	5
L/d	1	1	2	2	4	4	1	1	2	2	4	4	1	1	2	2	4	4
a, %	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5
Тип линии		----		————			----		————			----		————	

На рис. 2 представлены распределения остаточных напряжений вдоль радиальной траектории, расположенной на полувысоте втулок. Здесь по оси абсцисс отложен радиальный размер втулки (без учета отверстия), по оси ординат - величина соответствующего остаточного напряжения.

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы. При одинаковом натяге (a) бóльшие значения радиальных и окружных остаточных напряжений наблюдаются в сечениях втулок с бóльшим относительным диаметром (D/d) из-за разницы в размере области упругой деформации. Величина осевых остаточных напряжений тесно связана с относительной длиной втулок (L/d), при этом наибольшие их значения наблюдаются в сечениях втулок с меньшей степенью толстостенности. Кроме того, во втулках с $D/d = 2$; $a = 5\%$ и, в меньшей степени, $D/d = 5$; $a = 1\%$ возникают растягивающие окружные напряжения, что неблагоприятно сказывается на выносливости обработанных деталей. Такие режимы нельзя считать предпочтительными.

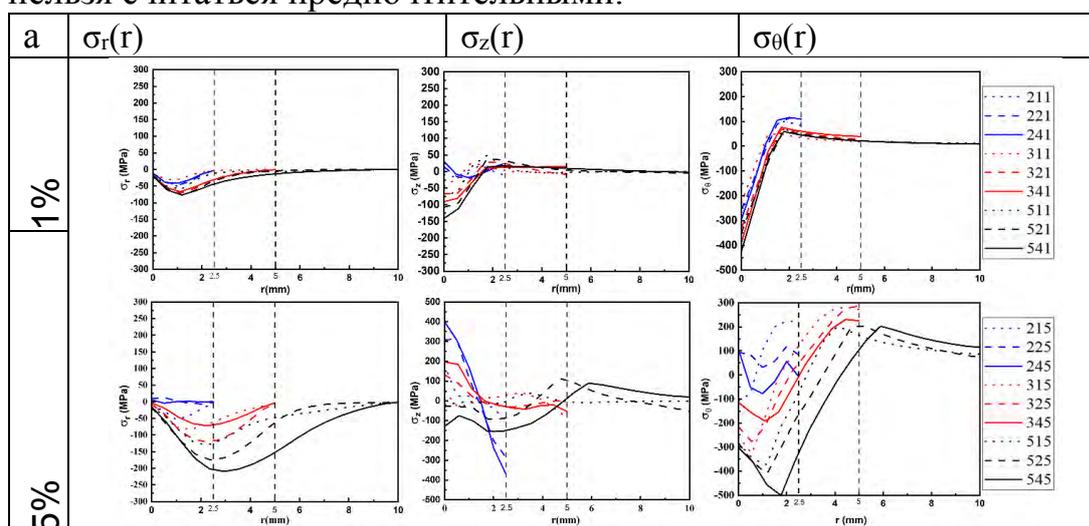


Рис. 2. Графики радиальных (σ_r), осевых (σ_z) и окружных (σ_θ) остаточных напряжений в сечениях втулок в соответствии с планом численного эксперимента (табл. 1)

Таким образом, относительные длина и диаметр втулок могут оказывать совокупное лимитирующее влияние при назначении натяга дорнования, что в итоге должно учитываться при выборе технологической схемы и режимов обработки отверстий наряду с возможными искажениями торцевых поверхностей деталей, усадки отверстий и т.д., что требует проведения дальнейших комплексных исследований напряженно-деформированного состояния обрабатываемых изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Монченко, В. П. Эффективная технология производства полых цилиндров / В. П. Монченко. – М.: Машиностроение, 1980. – 248 с.
2. Розенберг, А. М. Механика пластического деформирования в процессах резания и деформирующего протягивания / А. М. Розенберг, О. А. Розенберг. – Киев: Наукова думка. 1990. – 320 с.
3. 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.
4. Лю, Ю. Исследование напряженно-деформированного состояния толстостенных втулок после обработки одноцикловым дорнованием с использованием комплекса ANSYS / Ю. Лю, И. А. Лысак // Современные проблемы машиностроения: сборник трудов XIV Международной научно-технической конференции, г. Томск, 25-30 октября 2021 г. –Томск: Томский политехнический университет, 2021. - С. 99-100.
5. Лысак, И. А. Численное исследование остаточных напряжений в цилиндрических образцах, подвергнутых одноцикловому дорнованию по схеме сжатия / И. А. Лысак, Ю. Лю, Г. В. Лысак // Ползуновский альманах. - 2021. - №4. - с. 33-35.