

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОГО РАСТЯЖЕНИЯ С МАЛЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ОБРАБОТАННЫХ ДОРНОВАНИЕМ ТОЛСТОСТЕННЫХ ЦИЛИНДРАХ

Арляпов А.Ю., Бознак А.О., Солоха А.И.
Томский политехнический университет
BoznakAO@gmail.com

Введение

Применение дорнования для обработки отверстий в толстостенных цилиндрах ($D/d \geq 3$) позволяет обеспечить их высокую точность (IT6–IT7), низкую шероховатость их поверхности ($Ra = 2 \dots 0,1$ мкм), а также значительно упрочнить поверхностный слой [1, 2]. Вместе с тем, обработка дорнованием часто сопровождается формированием в обрабатываемых цилиндрах значительных остаточных напряжений [1, 3, 4]. При последующей механической обработке наружной поверхности или отверстия цилиндров (точении уступов, фрезеровании пазов, лысок и т.п.) происходит удаление слоев материала с остаточными напряжениями, что ведет к их перераспределению и как следствие к деформации цилиндров и снижению точности их размеров [5]. В связи с изложенным, значительный интерес представляет поиск технологических путей снижения этих напряжений.

Анализ литературы показал, что одним из таких методов может являться применение осевого пластического растяжения цилиндров с малыми (1...2%) деформациями осуществляемое после дорнования [6, 7]. Однако при такой обработке неизбежно некоторое снижение достигнутой ранее точности отверстий.

Цель работы – экспериментально исследовать возможности снижения остаточных напряжений в обработанных дорнованием толстостенных цилиндрах с применением пластического растяжения.

Методика исследования

Эксперименты проводились на образцах (рис. 1) из стали 20 с диаметром отверстий 5 мм и наружным диаметром 15 мм. Суть экспериментов состояла в определении остаточных напряжений и анализе точности отверстий образцов после дорнования и пластического растяжения.

Отверстия в образцах сверлили и рассверливали на токарном станке. Дорнование отверстий выполняли однозубыми дорнами из твердого сплава ВК8 с углом рабочего и обратного конусов 6° и шириной соединяющей их цилиндрической ленточки 3 мм. Эту обработку осуществляли с помощью специального приспособления [8] по схеме растяжения на универсальной испытательной машине УМЭ-10ТМ при скорости 0,008 м/с. В качестве смазочного материала применяли жидкость МР-7.

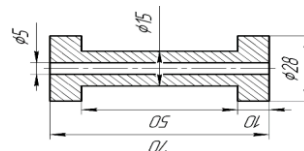


Рис. 1. Экспериментальный образец

Для обеспечения высокой точности и качества поверхностного слоя отверстий дорнование проводили в два цикла. Суммарный натяг составлял 5,1%. Пластическое растяжение образцов выполняли с помощью специального ручного винтового приспособления. При этом осевую пластическую деформацию изменяли от нуля до 1,5%.

Измерение диаметров отверстий образцов выполняли нутромером фирмы «Carl Zeiss Jena» (ФРГ) с ценой деления 0,002 мм. Точность отверстий оценивали по величине рассеивания их диаметров $\Delta d = d_{max} - d_{min}$, где d_{max} , d_{min} – соответственно максимальный и минимальный диаметры в выборке. Осевую остаточную деформацию образцов находили на их наружной поверхности по изменению расстояния между нанесенными на эту поверхность отпечатками конического индентора. Для измерения этой деформации использовался универсальный измерительный микроскоп УИМ-21 с ценой деления 0,001 мм.

Остаточные напряжения определяли методом Г. Закса с использованием формул И.А. Биргера [9]. При этом применяли методику экспериментов по определению остаточных напряжений, описанную в [3, 4].

Результаты и обсуждения

Распределение окружных σ_θ , радиальных σ_r и осевых σ_z остаточных напряжений вдоль радиуса r образцов (эпюры напряжений), обработанных дорнованием с суммарным натягом 5,1% показано на рис. 2. Наибольшими по абсолютной величине являются окружные остаточные напряжения, которые у поверхности отверстия достигают –162 МПа. Рассеивание диаметров отверстий образцов при дорновании с указанными выше натягами уменьшилось с 0,07 мм (IT11) до 0,01 мм (IT7).

При пластическом растяжении образцов обработанных дорнованием происходит резкое снижение по абсолютной величине окружных и радиальных остаточных напряжений (рис. 3). При этом характер эпюр остаточных напряжений в значительной степени сохраняется неизменным.

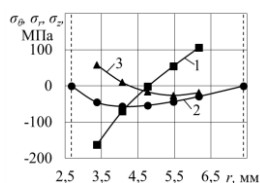


Рис.2. Эпюры окружных 1, радиальных 2 и осевых 3 остаточных напряжений в образцах после дорнования с суммарным натягом 5,1%

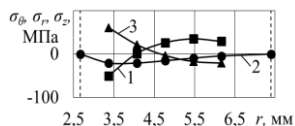


Рис.3. Эпюры окружных 1, радиальных 2 и осевых 3 остаточных напряжений в образцах после дорнования с суммарным натягом 5,1% и пластического растяжения со степенью деформации 0,5%

При деформации растяжения 0,5% окружные остаточные напряжения снижаются с -162 МПа (рис. 2) до -50 МПа (рис. 3), а радиальные – с -57 МПа (рис. 2) до -20 МПа (рис. 3). Осевые остаточные напряжения остаются при этом практически неизменными. Рассеивание диаметров отверстий образцов при этом увеличилось до 0,014 мм (IT8).

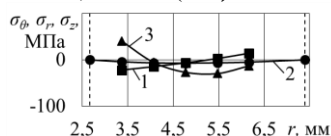


Рис.4. Эпюры окружных 1, радиальных 2 и осевых 3 остаточных напряжений в образцах после дорнования с суммарным натягом 5,1% и пластического растяжения со степенью деформации 1%

Увеличение деформации растяжения до 1% приводит к уменьшению окружных остаточных напряжений до -22 МПа (рис. 4), радиальных – до значений практически равных нулю, а осевых с 58 МПа (рис. 2) до 41 МПа (рис. 4). Рассеивание диаметров отверстий образцов при этом увеличилось до 0,018 мм (IT8).

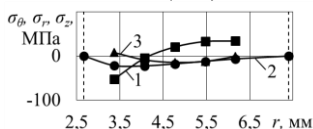


Рис.5. Эпюры окружных 1, радиальных 2 и осевых 3 остаточных напряжений в образцах после дорнования с суммарным натягом 5,1% и пластического растяжения со степенью деформации 1,5%

При увеличении деформации растяжения до 1,5% дальнейшего снижения окружных и радиальных остаточных напряжений не наблюдалось. Осевые напряжения при этом снизились до значений близких к нулю, а рассеивание диаметров отверстий образцов достигло 0,022 мм (IT9).

Заключение

В ходе исследования была экспериментально подтверждена эффективность применения пластического растяжения с малыми деформациями для снижения остаточных напряжений в толстостенных цилиндрах, обработанных дорнованием. Уже при растяжении со степенью деформации 0,5% окружные остаточные напряжения снижаются в 3,2 раза, а радиальные – в 2,9 раза. Однако, пластическое растяжение приводит к падению точности отверстий. В частности, при растяжении со степенью деформации 0,5% точность отверстий падает на один квалитет, а со степенью деформации 1,5% – на два квалитета.

Таким образом, можно предположить, что наиболее рационально применять дорнование в сочетании с осевым пластическим растяжением с деформацией не более 0,5%, так как дальнейшее увеличение деформации не приводит к значительному снижению уровня остаточных напряжений, однако вызывает существенное падение точности отверстий достигнутой при обработке дорнованием.

Список использованных источников

1. Проскуряков Ю.Г. Дорнование отверстий. – Свердловск: Машгиз, 1961. – 192 с.
2. Розенберг А.М., Розенберг О.А. Механика пластического деформирования в процессах резания и деформирующего протягивания. – Киев: Наукова думка, 1990. – 320 с.
3. Скворцов В.Ф., Цыганков Р.С., Бознак А.О. и др. Остаточные напряжения при дорновании отверстий в толстостенных цилиндрах по схемам сжатия и растяжения // Обработка металлов (технология, оборудование, инструмент – 2014. – №3 – С. 45-50.
4. Скворцов В.Ф., Бознак А.О. Влияние длины толстостенных цилиндров на остаточные напряжения, возникающие при одноцикловом дорновании отверстий // Обработка металлов (технология, оборудование, инструмент). – 2015. – №1 – С. 20-26.
5. Монченко В.П. Эффективная технология производства полых цилиндров. – М.: Машиностроение, 1980. – 248 с.
6. Вишняков Я.Д., Пискарев В.Д. Управление остаточными напряжениями в металлах и сплавах. – М.: Металлургия, 1989. – 254 с.
7. Скворцов В.Ф., Арляпов А.Ю., Оголь И.И. и др. Снижение остаточных напряжений в обработанных дорнованием толстостенных цилиндрах пластическим растяжением // Обработка металлов (технология, оборудование, инструмент – 2014. – №2 – С. 14-20.
8. Скворцов В.Ф., Арляпов А.Ю., Охотин И.С. Дорнование глубоких отверстий малого диаметра // Справочник. Инженерный журнал. Приложение. – 2012. – №2. – С. 1-24.
9. Биргер И.А. Остаточные напряжения. – М.: МАШГИЗ, 1963. – 232 с.