

Анализ результатов исследований подтверждает возможность повышения интенсивности процесса вибрационной обработки при использовании щелевого эффекта в конструкции рабочей камеры больше на 23 %, сравнивая первый сегмент со вторым; на 36 %, сравнивая первый сегмент с третьим и на 14 %, сравнивая второй сегмент с третьим. В общем заметно существенное влияние размерного фактора рабочей камеры на интенсивность процесса обработки. Отмечено, что с увеличением размера щели рабочей камеры, интенсивность съема материала снижается.

Изменение интенсивности съема материала сопровождается изменением шероховатости поверхности. Однако на шероховатость поверхности, как известно, влияет ряд факторов зернистость абразива, исходная шероховатость, состав ТЖ и др. [1, 2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Бабичев, А.П., Бабичев, И.А.** Основы вибрационной технологии; изд.2-е, перераб. и доп. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2008. – С. 157–166.
2. **Бабичев, А.П., Мотренко, П.Д., Гиллеспи, Л.К. и др.** Применение вибрационных технологий на операциях отделочно-зачистной обработки деталей (очистка, мойка, удаление облоя и заусенцев, обработка кромок); под ред. д-ра техн. наук, проф. А.П. Бабичева. Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2010, - с.33.
3. **Бабичев, А.П.** Применение вибрационных технологий для повышения качества поверхности и эксплуатационных свойств деталей // Бабичев А.П., Мотренко П.Д. и др. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2006. – 215 с.

4. **Бабичев, А.П.** Инструментальное обеспечение процессов обработки деталей в гранулированных средах: монография / Бабичев А.П., Мотренко П.Д., Костенков С.А., Рожненко О.А. – Ростов н/Д: Издательство ДГТУ, 2011. – 267 с.

5. **Тамаркин, М.А.** Оптимизация технологических параметров процесса вибрационной обработки // Совершенствование процессов отделочно-упрочняющей обработки деталей: межвуз. сб. / РИСХМ. – Ростов н/Д, 1986. – С. 24 – 28.

REFERENCES

1. Babichev, A.P., Babichev, I.A. *Fundamentals of Vibration Techniques*; 2-d ed.revised and supplemented – Rostov-upon-Don: Publishing House of DSTU, 2008. – pp. 157–166.
2. Babichev, A.P., Motrenko, P.D., Gillespy, L.K. et al. *Vibration Techniques Use in Parts Refinement and Finishing* (refinement, washing, removal of burr and barbs, edges treatment); under the editorship of A.P. Babichev, D. Eng., Prof. Rostov-upon-Don: Publishing House of DSTU, 2010, - pp.33.
3. Babichev, A.P. *Vibration Techniques Use for Quality Increase of Surface and Parts Operating Properties* // Babichev A.P., Motrenko P.D. et al. – Rostov-upon-Don: Publishing House of DSTU, 2006. – pp. 215.
4. Babichev, A.P. *Instrumental Support of Parts Machining in Granulated Media*: monograph / Babichev A.P., Motrenko P.D., Kostenkov S.A., Rozhnenko O.A. – Rostov-upon-Don: Publishing House of DSTU, 2011. – pp. 267.
5. Tamarkin, M.A. Technological parameters optimization of vibration treatment process // Parts Finishing-Strengthening Improvement: Inter-college Proceedings / RIAM. – Rostov-upon-Don, 1986. – pp. 24 – 28.

Рецензент д.т.н. С.А. Зайдец

УДК 67.05

DOI: 10.12737/article_59ae90c5c1ad81.23976520

С.А. Берберов, к.т.н.,

В.А. Лебедев, к.т.н.

(Донской государственный технический университет
344010, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)

E-mail: va.lebidev@yandex.ru

Применение фасонных дорнов для калибрования шлицевых отверстий в термообработанных деталях

Представлена конструкция твердосплавного сборного инструмента, обеспечивающая калибрование шлицевых отверстий в термообработанных деталях с высокой точностью, малой шероховатостью поверхности и упрочненным поверхностным слоем.

Ключевые слова: дорнование; калибрование; шлицевое отверстие; дорн; точность.

Forming mandrel use for slot hole calibration in heat-treated parts

A design of the hard-alloy complex tool ensuring calibration of slot holes in heat-treated parts with high accuracy, minor roughness of the surface and a strengthened surface layer is presented.

Keywords: mandrelling; calibration; slot hole; mandrel; accuracy.

Дорнование шлицевых отверстий является одним из методов отделочной обработки поверхностей деталей машин пластическим деформированием, обеспечивающим увеличение производительности обработки, повышение точности отверстий, высвобождение дорогостоящего режущего инструмента, исключение брака и повышение эксплуатационных свойств детали.

Шлицевые соединения получили широкое распространение в современных машинах: коробках передач и скоростей тракторов, комбайнов, автомобилей, станков и др. Это объясняется тем, что шлицевые соединения позволяют передавать большие крутящие моменты и центрировать с высокой степенью точности втулки, зубчатые колеса, шестерни относительно шлицевого вала.

В машинах применяют шлицевые соединения прямобочные, эвольвентные и треугольные. Вне зависимости от профиля шлицевых отверстий технология их изготовления вызывает большие затруднения, особенно при центрировании прямобочных шлицевых отверстий по наружному диаметру.

Получение шлицевых отверстий в «сыром» материале не представляет затруднений, так как их легко можно обеспечить протягиванием соответствующими шлицевыми протяжками. Однако в связи с тем, что детали со шлицевыми отверстиями несут большие нагрузки, их изготавливают из высоколегированных сталей, которые подвергаются термообработке или объемной закалке, или предварительному цементированию с последующей закалкой. Часто поверхностная твердость этих деталей достигает 50...55 HRC.

В процессе термической обработки материал детали объемно деформируется и обеспеченная протягиванием точность отверстий нарушается, причем, в основном, происходит усадка отверстий по внутреннему диаметру и ширине шлицев. Восстановление точности шлицевых от-

верстий после термической обработки затруднительно, из-за малого пространства для размещения шлифовального круга, особенно при восстановлении точности по наружному диаметру и боковым поверхностям шлицевого отверстия.

В настоящее время существует ряд методов калибровки шлицевых отверстий после термообработки, такие как режущими протяжками, электрохимическое стравливание слоя материала, хонингование, но они либо малоэффективны, либо имеют малую производительность и, как следствие, большую себестоимость. Так, например, калибровка шлицевых отверстий режущими прошивками, изготовленными из быстрорежущей стали, часто применяемое на производстве, неэффективно из-за невысокой стойкости инструмента (они снимают окалину).

Электрохимическое стравливание материала с поверхности шлицевого отверстия также неэффективно, так как оно не обеспечивает не только точность отверстия но и необходимое качество поверхностного слоя материала, имеет невысокую производительность, требует дополнительные затраты на оборудование для электрохимического стравливания. Хонингование шлицевых отверстий по наружному диаметру и ширине шлица обеспечивает высокую точность и качество поверхностного слоя отверстий, но неэффективно вследствие малой производительности, высокой стоимости обработки больших расходов на хоны, которые быстро выходят из строя из-за наличия заусенцев в отверстии.

Исследования, проведенные в ДГТУ, показали, что наиболее эффективным методом калибровки шлицевых отверстий является дорнование их шлицевыми дорнами, которое осуществляется проталкиванием или протягиванием дорна сквозь шлицевое отверстие или на прессе, или на протяжном станке [1].

Конструктивные особенности шлицевого дорна. Дорн имеет определенную геометрию,

как по наружному диаметру, так и по боковым поверхностям. Это заборные и обратные конуса для плавного входа в шлицевые отверстия и выхода из него, калибрующая ленточка по боковым поверхностям и наружному диаметру.

Для калибрования шлицевых отверстий в термообработанных деталях наиболее эффективны конструкции фасонных сборных твердосплавных дорнов, которые обеспечивают не только высокую точность обработанного отверстия и качество поверхностного слоя, но и технологичны при их изготовлении.

Достоинство таких дорнов заключается в том, что рабочими органами дорнов являются

твердосплавные стандартные пластины группы ВК. Твердосплавная пластина позволяет формировать геометрию боковых поверхностей рабочих частей дорнов (заборные, обратные конуса и ленточку) вне корпуса на заточном или шлифовальном станках.

После обработки пластины собираются на корпусе дорна и закрепляются. Формирование геометрии дорна по наружному диаметру (заборные и обратные конуса и калибрующая ленточка) производится на собранном дорне на круглошлифовальном или заточном станках. Одна из таких конструкций дорна приведена на рис. 1.

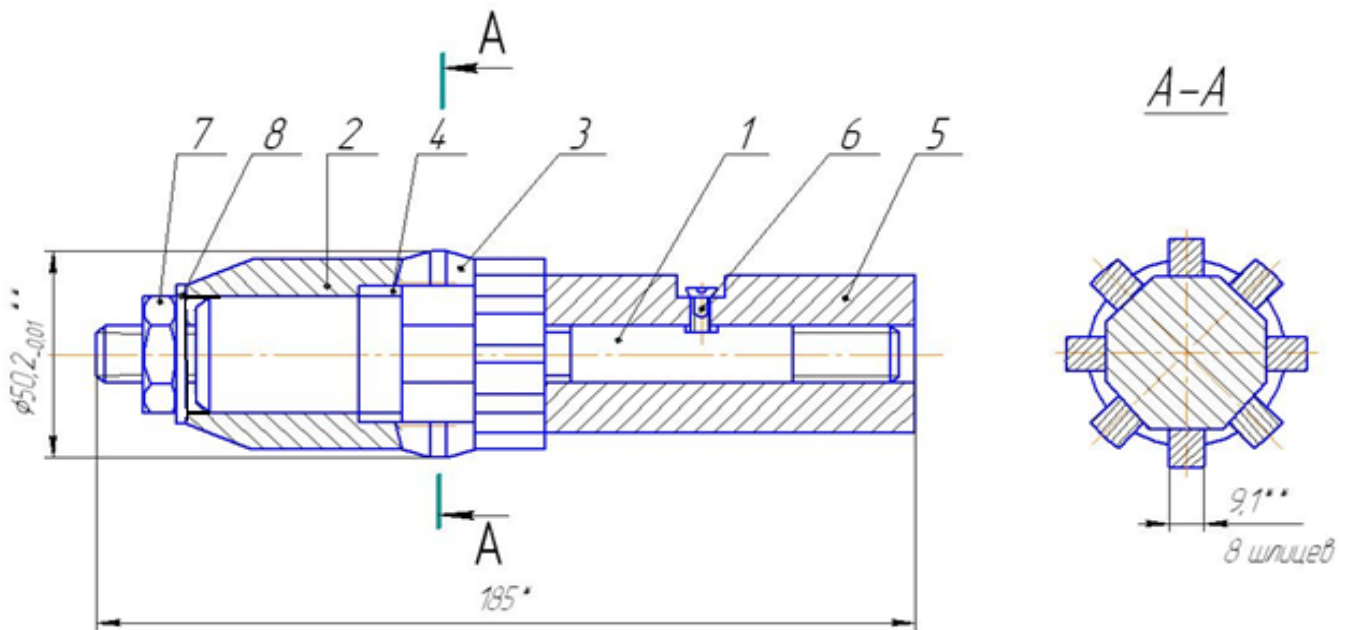


Рис. 1. Дорн для калибрования шлицевых отверстий:

1 – оправка; 2 – сепаратор; 3 – корпус; 4 – пластины; 5 – хвостовик; 6 – винт; 7 – гайка; 8 – шайба

Твердосплавные пластины 3 устанавливаются на корпусе 1, на котором предварительно подготовлен шлифованным многоугольник по количеству шлицев. Пластины закрепляются на корпусе при помощи сепаратора 2, который ориентирует пластины по углу. Для компенсации погрешностей пластин по длине на поверхности сепаратора 2 в стыке с пластинами наклеивается резиновая прокладка 4. Пластины, таким образом, по углу могут самоустанавливаться по шлицевому отверстию, так как их задача калибровать отверстие по наружному диаметру и ширине шлицев. Исправлять погрешность шлицевых отверстий по углу такой дорн не предназначен.

Дорнование производится с натягом (превышение размера дорна над соответствующими размерами отверстия). Предварительные исследова-

ния показали, что наилучшие результаты получаются при заборных и обратных конусах, шириной ленточки, натяги дорнования зависят от множества факторов и колеблются в допустимых пределах. В результате прохождения дорна сквозь шлицевое отверстие, благодаря натягу и геометрии дорна, происходит пластическая деформация поверхности детали, как по наружному диаметру, так и по боковым поверхностям шлицев. Точность шлицевого отверстия возрастает, шероховатость поверхностного слоя уменьшается, создаются благоприятные напряжения сжатия и, как следствие, повышается износостойкость детали.

Исследование процесса калибрования шлицевых отверстий. Основная же задача дорнования – обеспечение точности шлицевых отверстий по наружному диаметру и ширине

шлицев. Исследования показали, что поле рассеивания параметров отверстий, полученное после термообработки деталей, уменьшается в 1,5–2 раза после обработки дорнами и повышает точность шлицевых отверстий на 1–2 качества точности. Повышение точности шлицевых отверстий происходит за счет пластических деформаций поверхностных слоев шлицев в результате процесса дорнования.

На рис. 2 приведена зависимость остаточных деформаций металла от натяга дорнования при обработке деталей из различных материалов, которая имеет прямолинейный характер.

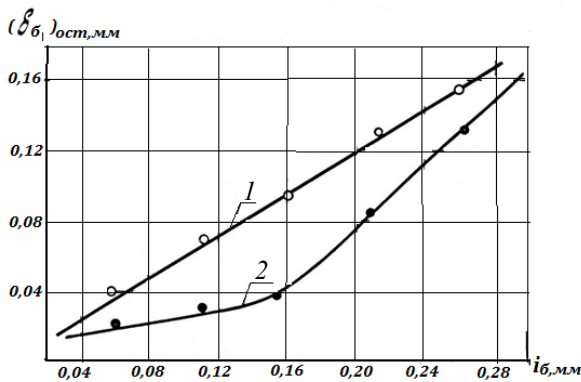


Рис. 2. Зависимости остаточных деформаций металла от величины натяга по боковой поверхности:

1 – сталь 40X, объемно-закалённая до твердости 48...52 HRC; 2 – сталь 20X, цементированная на глубину 0,8...1,1 мм и закалённая до твердости 58...62 HRC

Малый угол наклона зависимости 1 к оси абсцисс, свидетельствует о том, что остаточная деформация по боковому диаметру шлицевого отверстия при дорновании втулок из стали 40X, закалённой до твердости 48...52 HRC, намного меньше натяга дорнования. Следовательно, величины обратных упругих деформаций в этом случае из общей суммы абсолютной деформации (натяг дорнования i_B) имеет наибольшее значение.

Одним из важнейших элементов, определяющих форму рабочей поверхности дорна, являются углы заборного конуса α , так как заборной частью осуществляется основная деформация обрабатываемого металла и от неё в значительной степени зависит усилие дорнования P и качество поверхности. При правильном выборе углов заборных конусов шлицевых дорнов тяговое усилие будет минимальным, высота шероховатости поверхности обрабатываемого отверстия также будет получаться наименьшей, ввиду преимущественного радиального течения металла.

На рис. 3 приведены результаты исследований изменения высоты шероховатости поверхности Rz шлицевых отверстий втулок от величины заборного угла α фасонного дорна.

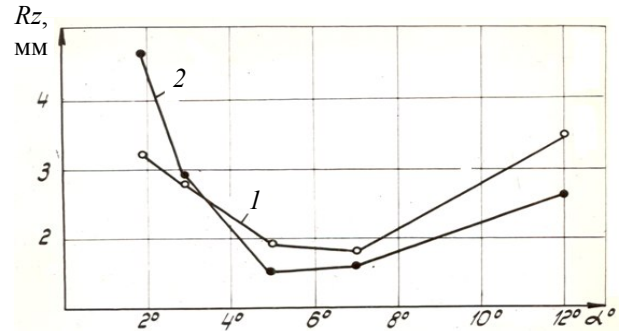


Рис. 3. Зависимость высоты шероховатостей поверхности Rz и тяговых усилий P от величины заборного конуса:

1 – сталь 20X, цементированная и закалённая до твердости 58...62 HRC; 2 – сталь 40X, закалённая до твердости 48...52 HRC

Исследования показали, что оптимальная геометрия дорнующего инструмента $\alpha = 4...6^\circ$ обеспечивает наивысшее качество обработанной поверхности шлицевого отверстия и наименьшую величину тягового усилия дорнования.

Заключение

Калибрование шлицевых отверстий в термообработанных деталях с использованием предложенной конструкции твердосплавного сборного шлицевого дорна является эффективным методом отделочно-упрочняющей обработки, обеспечивающим получение поверхностей высокого качества.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берберов С.А., Берберова Н.И., Кешишьян К.С. Повышение качества шлицевых отверстий в термообработанных деталях дорнованием // Упрочняющие технологии и покрытия. 2015. №8. С. 10–13.

REFERENCES

1. Berberov S.A., Berberova N.I., Keshishyan K.S. Quality increase of slot holes in heat-treated parts by mandrelling // *Hardening Technologies and Coatings*. 2015. №8. pp. 10–13.

Рецензент д.т.н. Я.Н. Отений