

11. **Elseth G.** An Experimental Study of Oil/Water Flow in Horizontal Pipes: PhD. Porsgrunn, The Norwegian Univ. Sci. and Technol., 2011.

12. **Babelli I. M. M.** Development of Multiphase Meter Using Gamma Densitometer Concept // Proc. Int. Nucl. Conf. Kuala Lumpur, 1997. P. 371—389.

13. **Bukur D. B., Daly J. G., Patel S. A.** Application of γ -ray Attenuation for Measurement of Gas Holdups and Flow Regime Transitions in Bubble Columns // Ind. Eng. Chem. Res. 1996. V. 35. P. 70—80.

14. **Федеральный закон РФ** от 30 ноября 2011 г. № 347-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в целях регулирования безопасности в области использования атомной энергии».

15. **Filippov Yu. P. e. a.** Modular data acquisition system for cryogenics // ICEC 22. Seoul, 2008. P. 419—424.

16. **Демьянов А. А. и др.** Измерение содержания компонентов и расхода нефтяных скважин // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2007. № 8. С. 3—8.

17. **Filippov Yu. P., Panferov K. S.** Diagnostics of salty water-in-oil-two-phase flow // Int. J. Multiphase Flow. 2012. V. 41. P. 36—43.

18. **Небогина Н. А.** Влияние состава нефти и степени ее обводненности на структурно-механические свойства эмульсий: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. хим. наук. Томск, 2009.

19. **Quintero C. G. e. a.** Modelling and characterization of diluted and concentrated water-in-crude oil emulsions: comparison with classical behaviour // Rheol. Acta. 2008. V. 47. P. 417—424.

Дата принятия 28.08.2013 г.

ЛИНЕЙНЫЕ И УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

621.992.7

Определение качества внутренней резьбы при обработке пластическим деформированием

В. А. КОСАРЕВ, Н. Д. СУГРОВА

Московский государственный технологический университет «Станкин», Москва, Россия,
e-mail: voko55@yandex.ru

Рассмотрен метод контроля, проведена оценка точности изготовления и определено качество заполнения профиля внутренней резьбы, получаемой пластическим деформированием металла.

Ключевые слова: внутренняя резьба, пластическое деформирование, заполнение профиля.

The method of control and estimation of the accuracy and quality of filling the profile of the internal thread obtained by processing of plastic deformation is considered.

Key words: internal thread, plastic deformation, profile filling.

В условиях развития автоматизации процесса металлообработки в машиностроении, как базовой отрасли, проблема повышения эффективности производства и обеспечения высокого качества продукции занимает особое место и привлекает внимание ученых и производственников. Основной тенденцией современного машиностроения является повышение точности изготовления деталей как важнейшее условие надежности любых технологических систем [1].

Изготовление деталей машин путем холодной обработки металлов давлением имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с обработкой резанием. К ним относятся: экономия металла, сокращение технологического времени, увеличение усталостной прочности и долговечности деталей, повышение чистоты и точности обработки. Отсутствие стружки дает возможность для автоматизации технологических операций. Одним из примеров эффективного

использования такого рода обработки деталей является холодное накатывание внутренней резьбы (пластическое деформирование) [2], при котором точность и качество обработки зависят в значительной степени от заполнения профиля резьбы металлом, а главными факторами выступают пластические свойства металла и расчет диаметра отверстия под накатку. Существующие диапазоны физико-механических свойств металлов и методики расчета диаметра под накатку резьбы не дают возможности из теоретических соображений точно подобрать параметры обработки. Поэтому на практике проводят предварительный расчет подачи инструмента на глубину h_1 и подготовку отверстия детали, после чего опытным путем делают коррекцию [3, 4].

Для анализа и исследования точности внутренней резьбы и качества заполнения профиля при пластическом деформировании предлагается следующий метод контроля

[5—7]. Заготовка детали с предварительно обработанным отверстием с припуском под расточку и радиальным разрезом с одной стороны (см. рис. 1, а, б) устанавливается на станке. Перед накаткой резьбы отверстие растачивается на расчетный диаметр D_0 (см. рис. 1, в).

Для получения контрольного образца деталь разрезают вдоль оси рядом с участком предварительного разреза. Измерение проводят в сечении предварительного разреза по накатанному отпечатку профиля резьбы на большом инструментальном микроскопе БМИ с использованием цифровой фотоаппаратуры. Также применяют аналогичные микроскопы со встроенной цифровой видеозаписью [8, 9].

На рис. 2 приведены снимки образцов и изображены теоретический профиль внутренней резьбы, выполненный по стандарту [10] (линия 1), верхний предел поля допуска $Td_2/2$ для степени точности 6H (линия 3) и фактический профиль готовой резьбы 2.

На рис. 2, а показан профиль резьбы, который удовлетворяет условиям заданной точности на ее изготовление, так как находится в поле допуска и образующая среднего диаметра профиля резьбы совпадает с теоретической. На рис. 2, б изображен фактический профиль резьбы, который выходит за пределы поля допуска, и находится ниже допустимого внутреннего диаметра.

В обоих случаях качество получаемой резьбы определяется по точности резьбовой впадины по среднему диаметру, т. е. разницей между измеряемой высотой профиля H_1^* относительно диаметра отверстия D_0 , погрешность которого предварительно находили, и теоретической высотой профиля H_1 в соответствии с [10] для обрабатываемой резьбы.

Теоретический d_2 и фактический d_2^* средние диаметры рассчитывали по формулам

$$d_2 = D_0 + 2(H_1 - H_n); \quad d_2^* = D_0 + 2(H_1^* - H_n),$$

где H_n — высота ножки резьбового профиля.

Отклонение профиля резьбы по среднему диаметру $\delta_{Td2} = (d_2^* - d_2)/2$. При положительном δ_{Td2} средний диаметр отклоняется в сторону поля допуска $Td_2/2$ на внутреннюю резь-

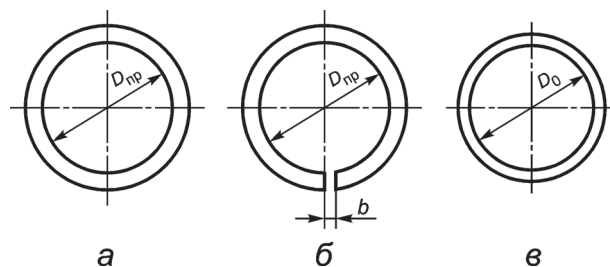


Рис. 1. Последовательность подготовки отверстия в детали: а — предварительная обработка по диаметру $D_{пр}$; б — радиальный разрез с одной стороны по оси детали на ширину b ; в — расточка по диаметру D_0 под резьбу

бу. Отрицательное δ_{Td2} указывает на отклонение среднего диаметра в сторону отверстия, при этом нарезается неполный профиль резьбы.

Оценку значений d_2^* , получаемых при помощи цифровой аппаратуры и компьютерной обработки, и $d_{2изм}^*$, определяемых при измерении исследуемых образцов на микроскопе БМИ, осуществляли через коэффициент приведения $k_{пр} = d_{2изм}^* + d_2^*$.

Для оценки качественной характеристики высоты заполнения профиля резьбы и более объективного сравнения результатов экспериментальных исследований введен коэффициент высоты профиля $\epsilon_h = (h_1' - h)/e$, где h_1' — действительная высота профиля получаемой резьбы; h — минимальная высота профиля резьбы изделия по [11]; e — допуск внутреннего диаметра на резьбу.

Качественным считается заполнение, при котором профиль резьбы соответствует стандартам [10—12] как по боковым сторонам, так и по внутреннему диаметру. При этом внутри профиля отсутствует незаполненное металлом пространство. Внутренний диаметр получаемой резьбы находится в пределах допуска, если $0 \leq \epsilon_h \leq 1$; при условии $\epsilon_h > 1$ он меньше, а при $\epsilon_h < 0$ больше допустимого.

На рис. 3 показаны полученные профили резьбы при изменении расчетного диаметра под накатку $D_0^* = D_0 + \Delta h$,

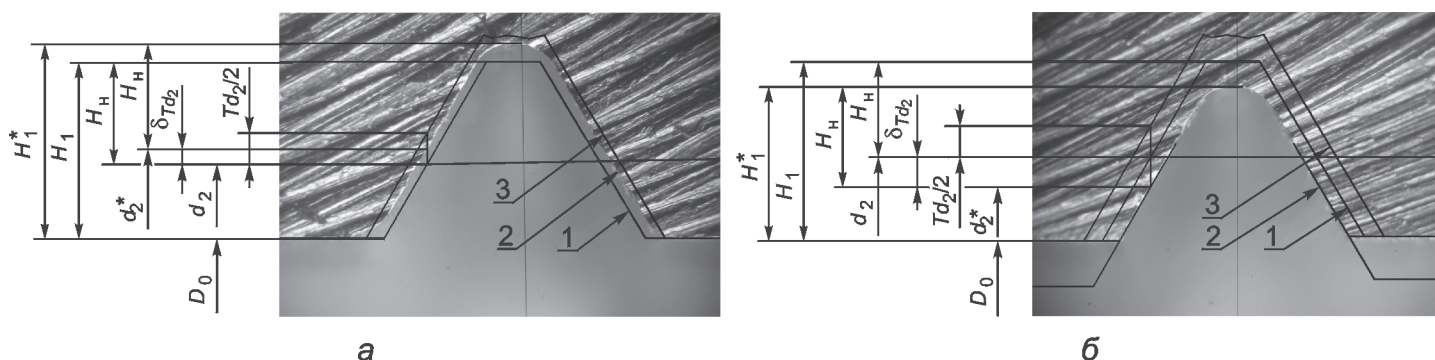


Рис. 2. Макросхемы измерения профиля обработанной резьбы и определения отклонения профиля резьбы δ_{Td2} по среднему диаметру: а, б — профили резьбы в зоне поля допуска и вне ее, соответственно

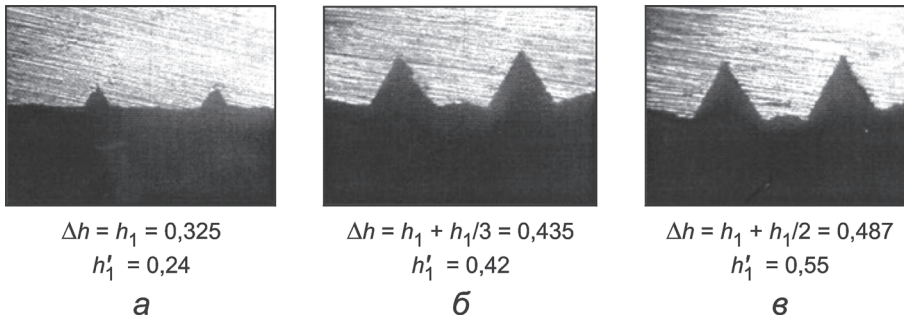


Рис. 3. Профили резьбы, полученные при изменении расчетного диаметра под накатку: а, б, в — при разных подачах Δh (мм) на выбранную глубину наката и параметрах обрабатываемой резьбы $S = 1$ мм, $h = 0,541$ мм, $e = +150$ мкм; h'_1 — действительная высота профиля в мм

где Δh — подача под выбранную глубину наката. Действительная высота профиля h'_1 (см. рис. 3, а, б, в) составила 0,24; 0,42; 0,55 мм для трех вариантов подач, соответственно, при заданной высоте $h = 0,541$ мм. Из результатов эксперимента видно, что при увеличении подачи на большую глубину, чем расчетная h_1 , возможно получение полного профиля резьбы. Подбор оптимальной подачи h_1 инструмента при формообразовании внутренней резьбы пластическим деформированием осуществляется сравнением фактической высоты профиля резьбы с теоретической H_1 (см. рис. 2).

Таким образом, данный метод контроля и способ оценки качества накатываемой внутренней резьбы дает возможность не только более точно подбирать параметры отверстия под обработку, но и получать информацию об изменении параметров профиля резьбы в зависимости от различных технологических факторов, что обеспечивает повышение качества формообразования.

Л и т е р а т у р а

1. Гречишников В. А. Основные направления повышения эффективности инструментальной техники // Технология машиностроения. 2010. № 3. С. 26—29.
2. Гречишников В. А. и др. Резьбообразующий инструмент: Учеб. пособие: Пенза: Изд-во Технол. ин-та, 1999.
3. Григорьев С. Н. и др. Проблемы метрологического обеспечения подготовки производства в машиностроении // Измерительная техника. 2012. № 5. С. 27—29; Grigoriev S. N. e. a. The problems of metrological support for the preparation of production in machine construction // Measurement Techniques. 2012. V. 55. N 5. P. 526—529.

4. Григорьев С. Н. и др. Контроль параметров процесса резания на основе диагностирования инструмента и заготовки // Там же. С. 46—49; Grigoriev S. N. e. a. Control of parameters of the cutting process on the basis of diagnostics of the machine tool and workpiece // Ibid. P. 555—558.

5. Телешевский В. И., Глубоков А. В., Глубокова С. В. Автоматизированный выбор методов и средств измерений отклонений расположения // Измерительная техника. 2012. № 6. С. 30—34; Teleshevsky V. I., Glubokov A. V., Glubokova S. V. The automated choice of methods and instruments for measuring deviations of arrangement // Measurement Techniques. 2012. V. 55. N 6. P. 637—642.

6. Григорьев С. Н. и др. Современное состояние и перспективы развития метрологического обеспечения машиностроительного производства отрасли // Измерительная техника. 2012. № 11. С. 56—60; Grigoriev S. N. e. a. Contemporary state and outlook for development of metrological assurance in the machine-building industry // Measurement Techniques. 2012. V. 55. N 11. P. 1311—1315.

7. Григорьев С. Н., Телешевский В. И. Проблемы измерений в технологических процессах формообразования // Измерительная техника. 2011. № 7. С. 3—8; Grigoriev S. N., Teleshevskii V. I. Measurement problems in technological shaping processes // Measurement Techniques. 2011. V. 54. N 7. P. 744—749.

8. Телешевский В. И., Шулепов А. В., Красюк О. Ю. Компьютеризация измерительных микроскопов с цифровым анализом изображений // Измерительная техника. 2006. № 8. С. 39—43; Teleshevskii V. I., Shulepov A. V., Krasnyuk O. Y. Computerization of measuring microscopes with digital analysis of images // Measurement Techniques. 2006. V. 49. N 8. P. 797—802.

9. Педь С. Е., Дариенко Е. В. Оценка погрешностей координатных измерений параметров сечений цилиндрических поверхностей // Измерительная техника. 2011. № 8. С. 17—20; Ped S. E., Darienko E. V. Error estimates in coordinate measurements of the cross section parameters of cylindrical surfaces // Measurement Techniques. 2011. V. 54. N 8. P. 874—878.

10. ГОСТ 9150—2002. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Профиль.

11. ГОСТ 24705—2004. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные параметры.

12. ГОСТ 8724—2002. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги.

Дата принятия 12.08.2013 г.