

ПРОЧНОСТЬ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ НА СРЕЗ В ОТВЕРСТИЯХ С ОТБОРТОВКАМИ, ОБРАЗОВАННЫХ ВРАЩАЮЩИМСЯ ПУАНСОНОМ В ТОНКОЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВКАХ

В.И. Гузеев, П.В. Шаламов

STRENGTH OF THE CONNECTING THREAD IN THE FLANGE HOLES MADE BY ROTATING TOOL IN THIN SHEET WORKPIECE

V.I. Guzeev, P.V. Shalamov

Представлены расчетные и экспериментальные данные прочности резьбового соединения на срез в отверстиях с отбортовками, образованных в тонколистовых заготовках вращающимся пуансоном.

Ключевые слова: прочность, нагрев, резьбовое соединение, отверстие с отбортовками.

The calculated and experimental data on the strength of the connecting thread in the flange holes made in thin sheet workpieces by rotating tool are presented.

Keywords: strength, heating, connecting thread, flange hole.

Известен способ формообразования отверстий с отбортовками в тонколистовых заготовках под резьбу, связанный с нагревом материала заготовки за счет сил трения, с последующим пластическим деформированием заготовки [1]. В настоящей работе приведены результаты расчетных и экспериментальных исследований прочности резьбового соединения на срез и микротвердости в зоне деформирования металла.

Разрушение резьбовых соединений (при статических и переменных нагрузках) происходит, как правило, из-за среза витков резьбы, а также из-за разрушения болтов и шпилек по резьбовой части. Сила, вызывающая срез витков резьбы гайки, равняется [2]:

$$F_{\text{ср}} = \pi d L_{\text{св}} K_{\Gamma} K_{\text{м}} \tau_{\text{ср}}, \quad (1)$$

где d – наружный диаметр внутренней резьбы; $L_{\text{св}}$ – длина свинчивания резьбового соединения; K_{Γ} – коэффициент полноты резьбы, характеризующий длину контакта (перекрытие) витков резьбы болта и гайки (для метрической резьбы $M5 \times 0,8$ $K_{\Gamma} = 0,8$ [2]); $K_{\text{м}}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность деформирования витков по высоте гайки при наличии пластической деформации ($K_{\text{м}} = 0,75$ [2]); $\tau_{\text{в.г}}$ – предел прочности на срез (если сталь 08кп, то $\tau_{\text{в.г}} = 200$ МПа [3]).

Длина свинчивания определяется как [4]:

$$L_{\text{св}} = h \left[1 - \frac{(0,866P)^2}{\Delta^2} \right] + \delta, \quad (2)$$

где h – высота нижней отбортовки; P – шаг резьбы; Δ – толщина основания отбортовки; δ – толщина заготовки.

Для проведения расчетов прочности резьбового соединения на срез необходимо знать высоту отбортовок и толщину их основания. Для этого были образованы отверстия с отбортовками в листовых заготовках толщиной 2; 1,5; 1 и 0,8 мм вращающимся пуансоном диаметром 4,2 мм под резьбу $M5 \times 0,8$. Режимы формообразования отверстий, а также длина свинчивания и геометрические параметры отбортовок приведены в таблице. Там же приведены расчетные и экспери-

Контроль и испытания

ментальные значения силы, вызывающей срез витков резьбы в образцах. Для определения экспериментального значения прочности резьбового соединения на срез в образцах была нарезана резьба М5×0,8 и ввинчены анкерные болты. Испытание образцов производилось на прессе Tinius Olsen H100KU при скорости нагружения 1,5 мм/мин. Изменение нагрузки до разрушения витков резьбы фиксировалось компьютером, подключенным к прессу.

Влияние геометрических размеров нижней отбортовки отверстия на расчетную и экспериментальную прочность резьбы на срез

δ , мм	P_{oc} , Н	T , °С	h , мм	Δ , мм	h_1 , мм	$L_{св}$	F_p , Н	$F_{эк}$, Н
2,0	440	540	2,5	0,9	1,0	3,7	5780	9400
1,5	220	400	2,3	0,8	0,8	2,3	4330	6300
1,0	150	350	2,2	0,7	–	1,1	1880	2270
0,8	120	300	2,2	0,7	–	0,9	1600	2210

Примечание. Диаметр пуансона $d = 4,2$ мм, материал пуансона – ВК6, резьба – М5×0,8, материал заготовки – 08кп, материал болта – Ст3.

Из таблицы следует, что для всех образцов расчетная нагрузка на срез витков резьбы меньше экспериментальной. Такое различие может быть связано с пластическим упрочнением в зоне формообразования отверстий. Для проверки данного утверждения были проведены эксперименты на прочность резьбового соединения на срез в заготовках толщиной 2 мм с отверстиями, образованными различными методами. В одном случае отверстие было образовано вращающимся пуансоном с последующим срезом верхней и нижней отбортовок, а в другом – отверстие было образовано сверлом диаметром 4,2 мм. После этого в отверстиях была нарезана резьба М5×0,8 и проведено разрушение резьбы на прессе Tinius Olsen H100KU. Результаты проведения экспериментов приведены на графиках (рис. 1 и 2). Из анализа графиков видно, что прочность резьбового соединения в заготовке, образованного вращающимся пуансоном, составляет 6100 Н, а образованного сверлением – 4110 Н.

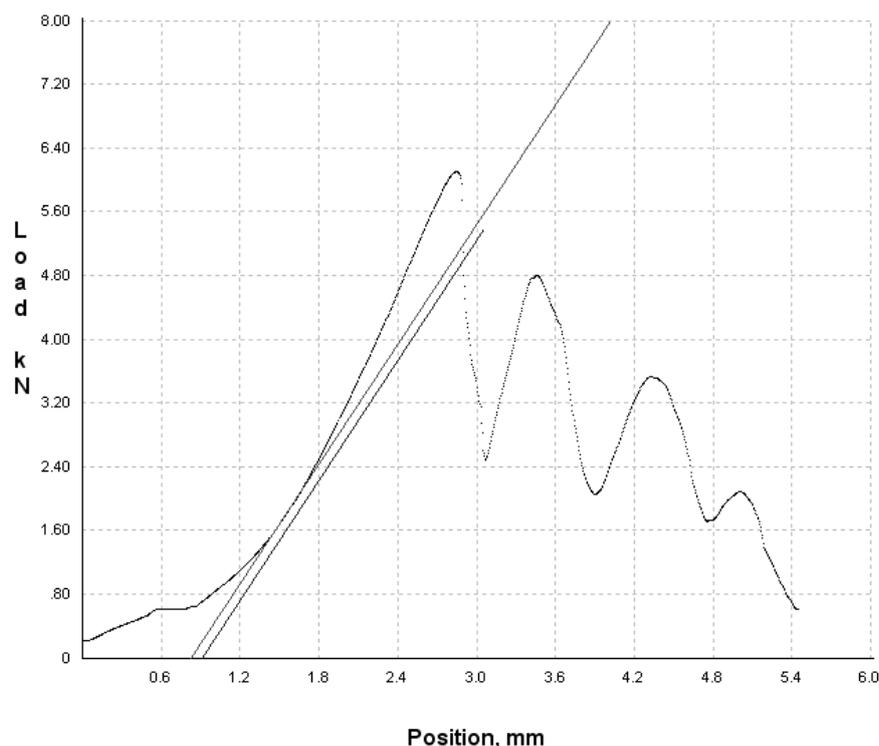


Рис. 1. Диаграмма разрушения резьбового соединения М5х0,8 в образце толщиной 2 мм со срезанными отбортовками

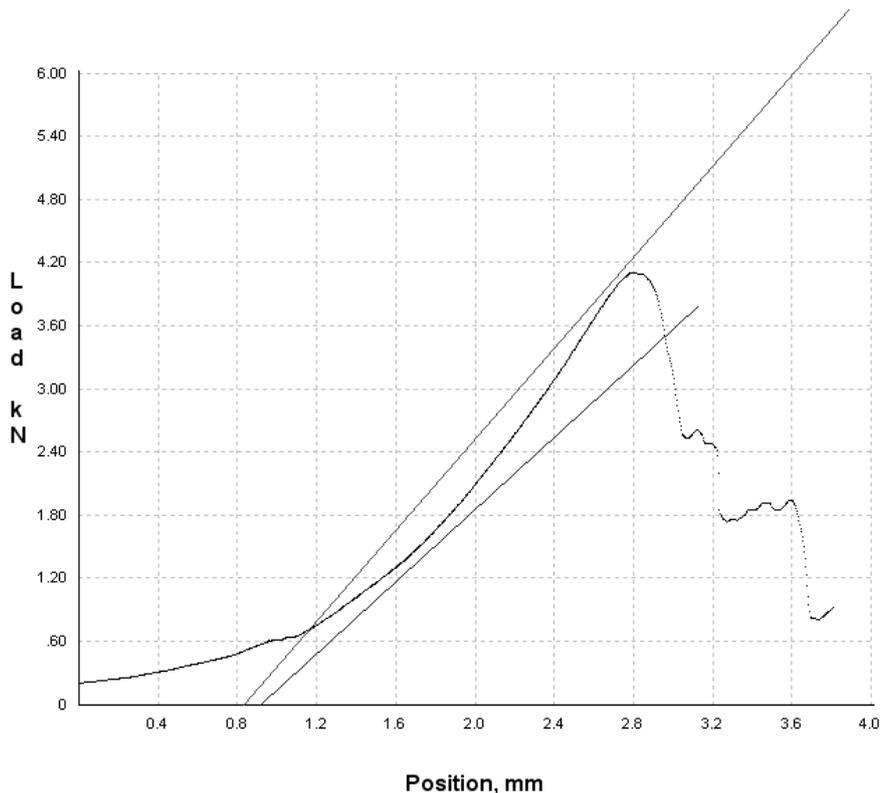


Рис. 2. Диаграмма разрушения резьбового соединения М5х0,8 в образце толщиной 2 мм, отверстие в котором образовано сверлением

Для подтверждения вышеприведенных результатов были проведены исследования микротвердости металла в зоне отверстия, в котором производилось нарезание резьбы. Для этого были изготовлены образцы отверстий с отбортовками в заготовках, полученных из стали 08кп толщиной 2,0 и 0,8 мм вращающимся пуансоном диаметром 4,2 мм, на которых было произведено измерение микротвердости (рис. 3 и 4). Образцы распиливались по оси отверстия. Распиленные поверхности шлифовались и полировались на двухшпиндельном шлифовальном станке ПШСМ-2 и с помощью твердомера марки ПМТ-3 замерялась микротвердость поверхности образцов на различном расстоянии от отверстия. Результаты измерения микротвердости приведены на рис. 5 и 6.

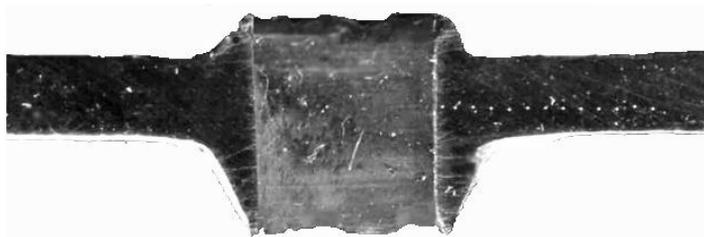


Рис. 3. Образец шлифа для измерения микротвердости в зоне деформированного металла отверстия: $\delta = 2,0$ мм, $d = 4,2$ мм



Рис. 4. Образец шлифа для измерения микротвердости в зоне деформированного металла отверстия: $\delta = 0,88$ мм, $d = 4,2$ мм

L , мм	НВ	№ точки
0,1	169	1
0,5	144	2
1	136	3
1,5	127	4
2	128	5
2,5	134	6
3	132	7

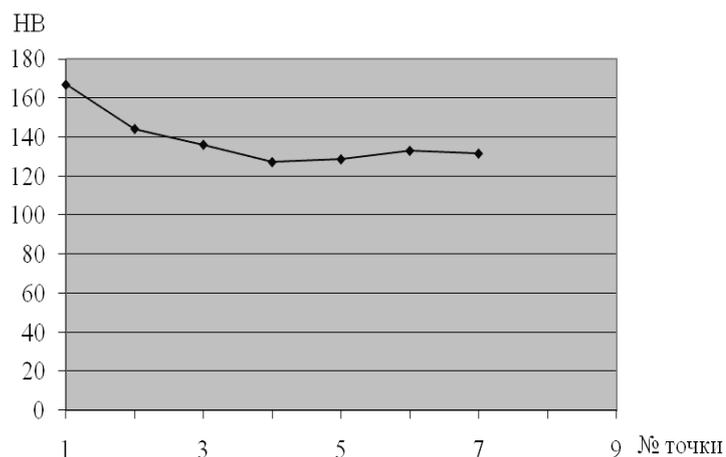


Рис. 5. Микротвердость металла образца при удалении от поверхности деформирования: $\delta = 0,8$ мм, $d = 5$ мм

L , мм	НВ	№ точки
0,1	187	1
0,5	162	2
1	148	3
1,5	136	4
2	136	5
2,5	136	6
3	133	7
3,5	130	8
4	130	9
4,5	127	10
5	127	11
5,5	127	12
6	126	13

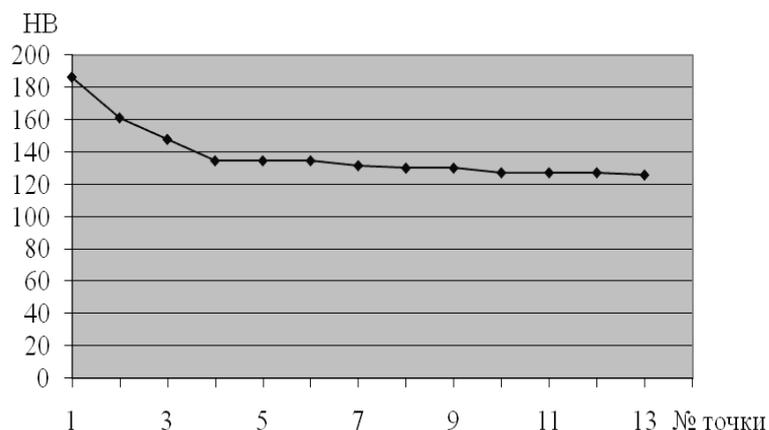


Рис. 6. Микротвердость металла образца при удалении от поверхности деформирования: $\delta = 2,0$ мм, $d = 5$ мм

Анализируя данные, представленные на рис. 5 и 6, можно увидеть, что в зоне деформации, прилегающей к внутренней поверхности отверстия, изготовленного вращающимся пуансоном в листовой заготовке толщиной 2,0 и 0,8 мм, происходит упрочнение металла. Зона упрочнения отверстия заготовки толщиной 0,8 мм составляет 1 мм (рис. 5), а для отверстия, образованного в заготовке 0,8–2,5 мм (рис. 6). Высота резьбы в обеих ситуациях составляет 0,52 мм при $P = 0,8$.

Следовательно, резьба в отверстии находится в зоне упрочнения, что объясняет более высокие значения нагрузки разрушения витков резьбы в проведенных экспериментах, по сравнению с расчетными значениями (см. таблицу).

Литература

1. Шаламов, П.В. Формирование отверстий вращающимся пуансоном в листовой заготовке / П.В. Шаламов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2011. – Вып. 18. – № 31 (248). – С. 81–84.
2. Иванов, М.Н. Детали машин: учеб. для вузов / М.Н. Иванов. – М.: Высш. шк., 1984. – 336 с.

3. *Общетехнический справочник / под ред. Е.А. Скороходова. – М.: Машиностроение, 1982. – 416 с.*

4. *Гузеев, В.И. Определение параметров отбортовки и длины свинчивания при изготовлении отверстия вращающимся пуансоном в тонколистовом металле / В.И. Гузеев, П.В. Шаламов, С.Е. Радийчук // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2010. – № 2. – С. 25–29.*

Поступила в редакцию 15 февраля 2012 г.

Гузеев Виктор Иванович. Доктор технических наук, профессор, почетный машиностроитель России, заведующий кафедрой «Технология машиностроения», Южно-Уральский государственный университет. Область научных интересов – совершенствование технологических процессов для станков с ЧПУ. Тел.: (351) 267-92-73; e-mail: tbikump@susu.ac.ru

Viktor I. Guzeev. The doctor of engineering science, professor, the head of Engineering techniques department, South Ural state university. The area of scientific interests – improving the efficiency of operations face milling on CNC machines. Tel.: (351) 267-92-67; e-mail: tbikump@susu.ac.ru

Шаламов Павел Викторович. Старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения», Южно-Уральский государственный университет. Область научных интересов – формообразование резьбовых соединений в тонколистовых заготовках. Тел.: (351) 267-92-67; e-mail: traktor1977@mail.ru

Pavel V. Shalamov. Assistant professor of Engineering techniques department, South Ural state university. The area of scientific interests – manufacturing carving connection in sheet metal. Tel.: (351) 267-92-67; e-mail: traktor1977@mail.ru