

рядка — эллиптической линии. Это положение нашло экспериментальное подтверждение.

3. На основании новой схемы и принятого постулата получены формулы для расчета коэффициента  $K_a$ , что позволяет перейти к полному теоретическому расчету силы резания в зависимости от твердости обрабатываемого металла, скорости резания, толщины срезаемого слоя и переднего угла инструмента.

4. Новая схема расчета  $K_a$  и полученные формулы позволяют прогнозировать процесс резания при автоматизированном проектировании технологических процессов и повысить уровень проектирования инструментов, станков и оснастки.

#### Список литературы

1. Розенберг А. М., Розенберг О. А. Расчет сил при резании пластичных металлов // Сверхтвердые материалы.— 1987.— № 4.— С. 48—54.

УДК 621.914.1

А. Л. Абугов

## Новые области применения иглофрезерования

В последние годы все большее распространение в промышленности получает иглофрезерование в качестве отделочно-зачистной и зачистной обработки [1]. В данной статье рассмотрены некоторые новые технологические процессы обработки заготовок иглофрезерованием.

**Подготовка поверхностей под гальванические и лакокрасочные покрытия.** В указанном случае необходимо учитывать, что на качество покрытия существенно влияют шероховатость поверхности (она не должна превышать  $R_a=1,25 \pm 0,32$  мкм), микротвердость упрочненного поверхностного слоя заготовки, а также характер остаточных напряжений, сформированных в таком слое [2]. Поэтому провели исследования с целью оптимизировать параметры режима обработки по критериям достижения определенных значений различных характеристик качества обработанной поверхности.

Иглофрезерование наружных поверхностей трубных заготовок перед нанесением на них гальванического покрытия осуществляли на универсально-фрезерном станке мод. 6М82 с применением специального устройства [3]. Заготовку (диаметр 22 мм; материал сталь 10) устанавливали в центрах, а иглофрезу (наружный диаметр 150 мм; ширина рабочей части 22 мм; диаметр и вылет игл 0,32 и 14 мм соответственно) поджимали к ней с помощью пружины. Режимы обработки: скорость резания  $v=60 \pm 240$  м/мин; продольная подача  $s_{пр}=2,5 \pm 10$  мм/об; круговая подача  $s_{кр}=1,38 \pm 4,46$  м/мин; усилие прижатия иглофрезы к заготовке  $P=150 \pm 250$  Н. В качестве СОЖ использовали эмульсию.

При обработке на указанных режимах качество поверхности характеризуется следующими показателями: параметры шероховатости  $R_a=0,33 \pm 2,6$  мкм,  $R_{max}=4,5 \pm 20$  мкм и  $S_m=170 \pm 560$  мкм; микротвердость поверхностного слоя  $H_1=1600 \pm 2560$  МПа (исходное значение  $H_1=1500 \pm 1550$  МПа); глубина упрочненного поверхностного слоя  $h=0,01 \pm 0,24$  мм; остаточные напряжения в нем  $\sigma_0=-(300 \pm 800)$  МПа (исходное зна-

2. Тиме И. А. Сопротивление металлов и дерева резанию.— С.-Пб, 1870.

3. Виноградов А. А. Расчет усадки стружки и длины контакта ее с резцом // Сверхтвердые материалы.— 1980.— № 2.— С. 58—63.

4. Зорев Н. Н. Исследования элементов механики процесса резания.— М.: Машгиз, 1952.— 363 с.

5. Развитие науки о резании металлов / В. Ф. Бобров, Г. И. Грановский, Н. Н. Зорев и др.— М.: Машиностроение, 1967.— 415 с.

6. Розенберг А. М., Розенберг О. А. К вопросу о напряженно-деформированном состоянии металла в процессе резания // Сверхтвердые материалы.— 1988.— № 5.— С. 41—49.

7. Рейнер М. Реология.— М.: Наука, 1965.— 223 с.

8. Ильяшкин А. А., Ленский В. С. Сопротивление материалов.— М.: Физматгиз, 1959.— 365 с.

9. Еремин А. Н. Физическая сущность явлений при резании сталей.— М.: Машгиз, 1951.— 225 с.

10. Ховах Н. Н. Влияние твердости стали ШХ15 на процесс стружкообразования // Изв. Томск. политехн. ин-та.— 1966.— Т. 147.— С. 180—186.

чение  $\sigma_0=200 \pm 300$  МПа). В результате оптимизации процесса установлено, что минимальная шероховатость поверхности  $R_a=0,33$  мкм обеспечивается при  $v=150$  м/мин,  $s_{пр}=2,5$  мм/об,  $s_{кр}=4,46$  м/мин и  $P=150$  Н.

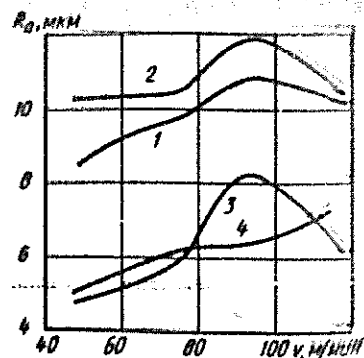
Решив компромиссные задачи [4], установили также следующие зависимости: при заданном значении  $R_a=0,4$  мкм максимальная производительность (обусловленная минутной подачей  $s=0,363$  м/мин) достигается при  $v=137$  м/мин,  $s_{пр}=10$  мм/об,  $s_{кр}=2,51$  м/мин и  $P=150$  Н; максимальная микротвердость поверхностного слоя при  $h=0,1$  мм составляет  $H_1=2160$  МПа и достигается при  $v=60$  м/мин,  $s_{пр}=10$  мм/об,  $s_{кр}=1,38$  м/мин и  $P=250$  Н. Изменение показателей качества обработанных поверхностей в зависимости от параметров режима иглофрезерования в основном имеет нелинейный характер.

**Подготовка поверхностей под газотермические покрытия.** В отличие от поверхностей, подготовленных под гальванические покрытия, на поверхностях, подготовленных под газотермические покрытия, должен быть сформирован развитый микрорельеф (характеризующийся большими значениями параметров шероховатости), обеспечивающий необходимую прочность сцепления покрытий с основным металлом.

При исследовании плоские поверхности из стали 60С2 обрабатывали цилиндрической иглофрезой (наружный диаметр 150 мм; диаметр и вылет игл 1 и 16 мм соответственно) с прерывистой рабочей поверхностью. Прерывистость обеспечивалась благодаря наличию 36 пазов, причем два любых соседних паза имели различную глубину.

Установлено, что параметры шероховатости имеют максимальные значения ( $R_a=6 \pm 7$  мкм,  $R_{max}=28 \pm 30$  мкм и  $S_m=160 \pm 180$  мкм) при  $v=40 \pm 60$  м/мин, подаче  $s=0,8 \pm 1,2$  м/мин и натяге  $l=1,0 \pm 1,5$  мм. Кроме того, на поверхности видны следы (глубиной до 50 мкм) единичных игл.

При нанесении газотермического покрытия марки ПТ-ЮНХ16СРЗ с подслоем марки ПТ-Ю5Н на поверх-



Зависимость параметра шероховатости поверхности  $R_a$  от скорости  $v$  при иглофрезеровании покрытий различных марок: 1 — ПТ-ЮНХ15СР2 (исходное значение  $R_{a,ис}$  = 17 мкм); 2 — ПТ-ЮНХ16СР3 ( $R_{a,ис}$  = 13 мкм); 3 — ПТ-Ю5Н ( $R_{a,ис}$  = 13,5 мкм); 4 — БрОФ ( $R_{a,ис}$  = 15 мкм) ( $s$  = 0,5 м/мин;  $i$  = 2 мм)

ность, обработанную иглофрезерованием, прочность сцепления на отрыв покрытий с основным металлом составляет 16—18 Н/мм<sup>2</sup>.

Обработку газотермических покрытий осуществляли иглофрезой (наружный диаметр 150 мм, диаметр и вылет игл 0,32 и 14 мм соответственно) со сплошной рабочей поверхностью. Установлено, что покрытия с твердостью более 290 НВ характеризуются низкой обрабатываемостью иглофрезерованием. При обработке покрытий марки ПТ-ЮНХ15СР2 или ПТ-ЮНХ16СР3 с твердостью 340—380 НВ наблюдается лишь снижение шероховатости поверхности с  $R_a = 13,5 \div 17$  мкм до  $R_a = 9 \div 10$  мкм; поверхностный слой покрытия практически не удаляется. При обработке покрытий марки ПТ-Ю5Н (200—230 НВ) или БрОФ (110—180 НВ) шероховатость поверхности снижается с  $R_a = 13,5 \div 15$  мкм до  $R_a = 4 \div 6$  мкм, однако поверхностный слой снимается.

С увеличением скорости  $v$  высота микронеровностей  $R_a$  на поверхности покрытий всех марок первоначально растет (см. рисунок). Это объясняется ростом глубины внедрения игл в обрабатываемую поверхность. Дальнейшее увеличение скорости ( $v > 60$  м/мин) для покрытий всех марок, кроме марки БрОФ) приводит к повышенному тепловыделению в зоне контакта иглофрезы — покрытие и в результате микроплавления неровностей поверхности ее шероховатость снижается, однако остается больше, чем при  $v = 50 \div 60$  м/мин.

Зачистка заусенцев на листовых заготовках. При применении цилиндрической иглофрезы в зависимости от направления ее вращения возможны две схемы удаления заусенцев: так называемая базовая (т. е. со стороны боковой поверхности заусенца) и торцовая (т. е. со стороны торцевой поверхности заусенца), при этом

сама иглофреза может быть установлена по жесткой или упругой схеме.

Исследовали различные сочетания указанных схем удаления заусенцев и установки иглофрезы. Выявлено, что при обработке листовых заготовок любой толщины оптимальным (с точки зрения полного удаления заусенца) является сочетание упругая схема установки — базовая схема удаления заусенца.

При обработке тонких листовых заготовок целесообразно использовать торцовые иглофрезы для удаления заусенцев одновременно с обеих сторон боковой поверхности заготовки. Это подтверждается результатами, полученными при обработке листовых заготовок (толщиной 2 мм) из титановых сплавов торцовыми иглофрезами (наружный и внутренний диаметр рабочей поверхности 150 и 80 мм соответственно; диаметр и вылет игл 0,5 и 21 мм соответственно). Режимы обработки:  $v = 36 \div 108$  м/мин (на средней линии рабочей поверхности иглофрезы);  $s = 0,5 \div 1,25$  м/мин; натяг  $i = 2,5 \div 4$  мм. При указанной обработке не только полностью удаляются заусенцы, но и образуются фаски на краях боковой поверхности заготовки. Оптимальный угол фаски  $55-56^\circ$  обеспечивается при  $v = 70 \div 75$  м/мин;  $s = 1 \div 1,25$  м/мин;  $i = 2,5 \div 3,0$  мм.

#### Выводы

1. Метод иглофрезерования характеризуется широкими технологическими возможностями.
2. Разработаны технологические процессы (с использованием указанного метода) подготовки поверхностей заготовок для последующего нанесения на них гальванических, лакокрасочных и газотермических покрытий, а также обработки газотермических покрытий и зачистки заусенцев на листовых заготовках.
3. Выявлены основные особенности новых технологических процессов, определены оптимальные параметры режима обработки.

#### Список литературы

1. Абугов А. Л. Иглофрезерование цилиндрических и плоских заготовок // Станки и инструмент. — 1991. — № 6. — С. 32—33.
2. Абугов А. Л., Баршай И. Л., Худолей Т. Б. Прогрессивная технология и оборудование для механической подготовки деталей под гальванические и лакокрасочные покрытия. Обзор. информ. — Минск: БелНИИИТИ, 1989. — 36 с.
3. Абугов А. Л. Иглофрезерная обработка цилиндрических деталей // Машиностроитель. — 1987. — № 6. — С. 21—22.
4. Смирidonov A. A. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. — М.: Машиностроение, 1981. — 184 с.

### ВНИМАНИЮ ПРЕДПРИЯТИЯ, ОРГАНИЗАЦИИ И КООПЕРАТИВОВ!

Если Вам необходима реклама своей продукции и Вы хотите, чтобы о ней узнал широкий круг советских и иностранных специалистов, предприятий и фирм, наш журнал поможет Вам в этом. Ежемесячный журнал «Станки и инструмент» распространяется по подписке как в нашей стране, так и за рубежом.

Стоимость публикации рекламного объявления зависит от занимаемой им журнальной площади. При желании заказчика возможна повторная публикация.

С предложениями обращаться по адресу: 125130, Москва, Старопетровский пр-д, д. 11, корп. 2. Редакция журнала «Станки и инструмент».

Справки по телефону 153-94-51.