

$T = 860^{\circ}\text{C}$, $\tau = 8$ ч; $T = 880^{\circ}\text{C}$, $\tau = 8$ ч; $T = 840^{\circ}\text{C}$, $\tau = 10$ ч; $T = 880^{\circ}\text{C}$, $\tau = 10$ ч при охлаждении на спокойном воздухе. Наибольшее среднее значение Ra имеет место в случае обработки заготовок со структурой "феррит + перлит пластинчатый + перлит зернистый 10 %", полученной на режиме $T = 840^{\circ}\text{C}$, $\tau = 10$ ч при первом способе охлаждения.

Наибольшее Ra и наименьшая t_p наблюдались на поверхности заготовок, полученных при охлаждении с печью до 500°C , затем на спокойном воздухе и имеющих структуру "феррит + перлит пластинчатый".

Проведен регрессионный анализ между шероховатостью обработанной поверхности и действительным пределом прочности образцов, вычисленным по эмпирической зависимости [2] :

$$S_B \approx 0,95 \sigma_B (1 + \delta/100) ,$$

где σ_B — предел прочности образцов; δ — относительное удлинение.

Связь между S_B и Ra оказалась относительно слабой: выборочный коэффициент корреляции для всех 36 режимов термообработки равен 0,538, для 12 режимов термообработки при охлаждении с печью до 500°C и затем на спокойном воздухе составил 0,48.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б е л я е в а Г.И., Р у с с и й В.Д., Б а к и н В.А. Влияние термической обработки на обрабатываемость стали резанием. — В кн.: Машиностроение. Мн., 1985, вып. 10, с.117.
2. Развитие науки о резании металлов/Под ред. Н.Н.Зорева. — М., 1967. — 260 с.

УДК 621.914.8

И.Л.БАРШАЙ, канд.техн.наук,
А.Л.АБУГОВ (БПИ)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЦЕССА ИГЛОФРЕЗЕРОВАНИЯ

Иглофрезерование имеет ряд общих черт с процессами фрезерования и шлифования. С фрезерованием его сближает форма стружки и то, что резание производится металлическими стержнями. Общее с процессом шлифования — количество режущих элементов, наличие отрицательных углов резания, а иногда и размеры стружки.

Отличительная особенность иглофрезерования в том, что резание металла возможно при вращении инструмента в различные стороны с попутной и встречной подачей, а также с подачей под углом к оси вращения. Толщина удаляемого слоя за один проход может составлять от 0,002...0,003 до 3...5 мм.

Иглофрезерование дает возможность получить поверхность с параметром Ra до 0,63...0,32 мкм, что зависит в основном от диаметра проволочек (0,2...1,5 мм) и в меньшей степени от усилия прижатия иглофрезы к обрабатываемой поверхности и направления подачи.

Важным преимуществом иглофрез является их долговечность — до 2000 ч непрерывной работы в производственных условиях.

Иглофреза может работать в режимах очистки и резания. В первом режиме поддерживается постоянное усилие прижатия инструмента к обрабатываемой поверхности при значительных колебаниях отношения подачи к скорости резания.

При работе в режиме резания иглофреза жестко закрепляется. Процесс обработки характеризуется практически постоянным соотношением между предельной подачей и глубиной резания при заданной скорости резания. В этом режиме обрабатываются профилированные поверхности с постоянной глубиной резания.

Скорость резания определяет эффективность иглофрезерования и принимается равной 1...2 м/с для работы в режиме резания и до 4...6 м/с – в режиме очистки. Подача зависит от скорости резания, ширины иглофрезы, глубины резания и обычно устанавливается для круглого иглофрезерования 1...3,5 м/мин (иногда до 16 м/мин). Если подача иглофрезы превысит максимально допустимую при данной глубине и скорости резания, то несоответствие между указанными параметрами приведет к снятию слоя меньше заданного или к прекращению резания. Это обстоятельство является определяющим при выборе режимов обработки. Прижатие иглофрезы к обрабатываемой поверхности составляет 600...2100 Н, что соответствует примерно 150...250 Н на 10 мм ширины рабочей части иглофрезы, и зависит от ее жесткости и твердости обрабатываемого материала.

В каждом случае необходимо знать силы, возникающие при обработке и влияющие на выбор параметров режима резания. Для определения равнодействующей силы, отгибающей конец единичного микрорезца-проволочки в точке контакта с обрабатываемой поверхностью, приняты следующие допущения:

действие соседних проволочек постоянно по всей длине проволочки;

изгиб проволочки заменен условным ее изломом на определенном расстоянии от точки закрепления. Это расстояние зависит от упругих свойств материала проволочки и усилия прессования пакета. В общем случае его можно принять $l = (0,2...0,25)L$, где L – длина (вылет) проволочки.

Рассмотрев проволочку, как защемленную балку, нагруженную равномерной нагрузкой от соседних проволочек и силой на конце проволочки, получаем

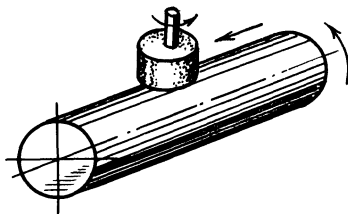
$$P = kF/8 + 3EI_x/L^3 \cdot [mL - i(1 - n)] \operatorname{tg} \theta,$$

где P – усилие на конце проволочки; k – коэффициент уменьшения силы прессования на свободной части проволочки (зависит от упругих свойств ее материала); F – удельная сила прессования одной проволочки; E – модуль упругости проволочки; I_x – момент инерции ее сечения; m – коэффициент допущения замены изгиба проволочки условным ее изломом: $m = 0,75...0,8$; L – длина (вылет) проволочки; i – натяг; n – коэффициент уменьшения глубины резания.

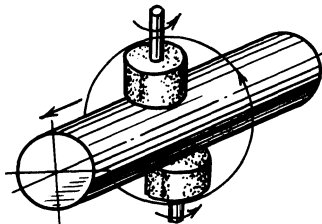
Коэффициент уменьшения глубины резания определяется отношением глубины резания к натягу. При иглофрезеровании глубина резания и натяг не равны. Глубина резания возрастает с увеличением натяга до максимального значения, а затем уменьшается.

Для определения усилия в пучке, контактирующем с обрабатываемой поверхностью, необходимо единичное усилие умножить на количество проволочек в этом пучке.

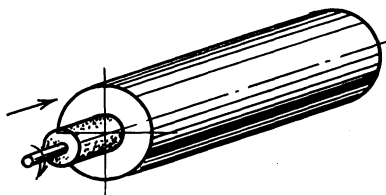
Наружное торцовое
иглофрезерование



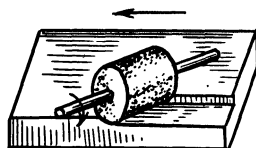
Наружное торцовое плане-
тарное иглофрезерование



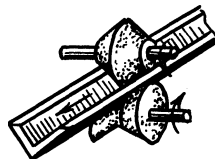
Внутреннее иглофрезерование
полным периметром иглофрезы



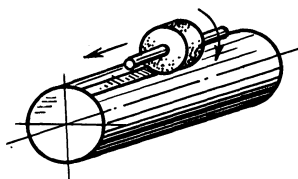
Круглое иглофрезерование
на продольно-строгальных станках



Круглое иглофрезерование
профильными иглофрезами



Иглофрезерование отдельных
элементов детали поперечное



Способ обработки	Принципиальная схема процесса обработки
Наружное круглое иглофрезерование	
Наружное круглое планетарное иглофрезерование	
Внутреннее круглое планетарное иглофрезерование	
Торцовое иглофрезерование на универсальных и продольно-фрезерных станках	
Круглое иглофрезерование всей ширины поверхности	
Иглофрезерование отдельных элементов детали продольное	

Наиболее распространено круглое иглофрезерование, при котором используется цилиндрическая иглофреза. Метод торцового иглофрезерования по сравнению с круглым позволяет повысить производительность в 2...3,5 раза. При планетарном торцовом иглофрезеровании пара соосно расположенных торцовых иглофрез вращается вокруг своих осей, а планетарно — вокруг оси детали, которая перемещается поступательно с подачей 30...50 м/мин.

В табл. 1 представлена классификация методов иглофрезерования. Не исключено дальнейшее увеличение их числа и расширения области применения.

УДК 539.3+629.114

А.Е.КРУШЕВСКИЙ, канд. техн. наук,
А.А.ФЕДУТА (БПИ)

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАМ

Повреждения криволинейных участков лонжеронов полуприцепов, имеющих двутавровое поперечное сечение, выражается либо в потере устойчивости стенки, либо в отрыве нижней полки от стенки и разрушении нижней полки.

В качестве объекта исследования была принята трехмерная модель кривого бруса, нагруженного по торцам изгибающими моментами, действующими в плоскости кривизны. При нагружении в стенках криволинейных элементов возникают значительные радиальные напряжения сжатия слоев, что и является основной причиной их повреждения. Эти напряжения достигают 40...45 % максимальных напряжений в полках элемента.

Теория расчета кривых брусьев, основанная на гипотезе плоских сечений, может быть использована только для приближенной оценки напряжений в полках лонжеронов.

Анализ поломок рам, исключая поломки усталостного характера, показывает, что наряду с деформациями изгиба в плоскости кривизны элемента в нем возникают значительные деформации изгиба из плоскости кривизны и деформации кручения.

В настоящей работе на основе смешанного вариационного метода в перемещениях рассматривается напряженное состояние криволинейных элементов при действии нагрузки из плоскости кривизны. Задача решается в трехмерной постановке при точном выполнении краевых условий на внешнем контуре двутавра и коробчатого сечения.

Ввиду трудности определения крутящих и изгибающих моментов, действующих по торцам криволинейного элемента, все расчеты проведены для его срединного сечения от единичной нагрузки. Отдельно рассчитаны случаи изгиба из плоскости и кручения.

Вариационное уравнение Лагранжа в цилиндрической системе координат $q_1 = \theta$, $q_2 = r$, $q_3 = z$:

$$\frac{d}{d\theta} \int_F (\vec{e}_\theta \cdot \mathbf{T}) \delta \vec{u} dF - \int_F \mathbf{T} \cdot \delta \mathbf{E} r dF + \int_F \vec{K} \cdot \delta \vec{u} r dF + \oint_s \frac{\vec{F}_n \cdot \delta \vec{u} r}{\sqrt{1-n_\theta^2}} ds = 0.$$