

УДК 621.9

Устойчивость индентора при выглаживании цветных металлов

Телков И.А.

Современное производство требует повышения производительности обработки как при резании металлов, так и при поверхностном пластическом деформировании (ППД). Протекание процесса ППД при повышенных скоростях характеризуется вибрациями и колебательными процессами. Эти процессы негативно влияют на качество обработанной поверхности. Граница перехода от устойчивого положения индентора при выглаживании к вибрирующему практически неуловима. Особенно это ярко выражено при обработке таких материалов, как алюминий, медь, титан и их сплавы. В работе приведены результаты экспериментальных исследований по определению граничных технологических факторов обработки, соответствующих устойчивому протеканию процесса при выглаживании цветных металлов. Также приведена методика нахождения упрощенного критерия устойчивости индентора при выглаживании деталей из цветных металлов.

Ключевые слова: колебания, устойчивость.

Введение

Современные методы поверхностного пластического деформирования (ППД) характеризуются высокой интенсификацией режимов, достигаемой за счет применения новых конструкторско-технологических средств. В этих условиях одним из основных направлений повышения производительности обработки и долговечности работы инструмента является расчет и обеспечение устойчивости процесса обработки от вынужденных и автоколебательных вибраций. Особое значение имеет решение этих вопросов для обработки деталей из материалов, процесс обработки которых характеризуется повышенной склонностью к появлению вибраций.

Это изделия из цветных металлов (Al, Cu, Ti) и их сплавов с высокими требованиями к шероховатости обработанной поверхности, изготавливаемых из пластичных алюминиевых сплавов. Для обеспечения работоспособности таких деталей требуется обеспечить шероховатость поверхности $Ra=0,05 \div 0,08$ мкм высокой однородности без царапин, рисок и жировых пленок. Такую поверхность целесообразно обрабатывать методом выглаживания.

В процессе выглаживания при достижении определенного значения скорости (при про-

чих равных условиях обработки) возникают колебания, нормально направленные к вектору обработки. [1, 3].

Обеспечение устойчивого протекания процесса при его максимальной производительности возможно при сочетании технологических факторов, при которых еще не происходит переход к вибрациям.

Для этого необходимо решить следующие задачи:

1. Экспериментально определить сочетание технологических факторов, при которых происходит переход к вибрациям
2. Предложить упрощенный расчет критерия устойчивости процесса, так как точно рассчитывать предельную скорость устойчивости индентора достаточно сложно [2].

Цель работы – рассмотреть вопросы устойчивости индентора при выглаживании цветных металлов.

Результаты исследований

При проведении экспериментальных исследований по определению зависимости скорости начала вибраций от технологических факторов выглаживания использована функция знака вида:

$$A = \text{sign}[y(V, S)], \quad (1)$$

где: V – скорость выглаживания, м/мин;
 S – подача, мм/об.

Функция принимает значение -1 , если вибрации отсутствуют, и значение $+1$, если обработка проходит с вибрациями.

По экспериментальным данным построен график (рис. 1), выражающий зависимость наличия вибраций индентора от скорости и подачи при выглаживании. График имеет три зоны:

- стационарная или устойчивая зона «Нет вибраций», в которой гарантированно отсутствуют вибрации (значения функции -1);
- вибрационная зона «Вибрации», в которой гарантированно наличие вибраций (значения функции $+1$);
- переходная зона, в которой происходят переходные процессы от устойчивого положения индентора к вибрирующему.

Из графика видно, что с увеличением подачи точка устойчивости сдвигается в сторону более высоких скоростей. Выше определенного значения подача не оказывает никакого влияния на вибрации. Это объясняется тем, что при увеличении подачи уменьшается коэффициент перекрытия следов обработки. При достижении подачей значения, при котором коэффициент перекрытия равен единице, дальнейшее ее повышение не уменьшает коэффициент. Проведенные исследования показывают, что это справедливо для алюминия и его сплавов.

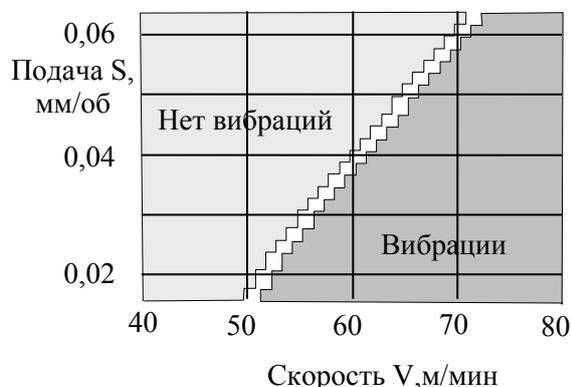


Рис. 1. Зависимость наличия вибраций индентора от скорости и подачи.

В результате статистической обработки данных получено регрессионное уравнение:

$$A = \text{sign}(0,905 - 0,0093V - 154,8S - 0,00041V^2 + 4,52VS - 2140S^2) \quad (2)$$

Соотношение наличия вибраций наблюдаемых и предсказанных по регрессионной модели и коэффициент корреляции этих величин представлены на рис. 2.



- Доверительный интервал - 95%

Рис. 2. Соотношение вибраций наблюдаемых и предсказанных по регрессионной модели.

При определении упрощенного критерия устойчивости процесса выглаживания необходимо принять следующие допущения.

1. В процессе обработки выглаживанием или обкатыванием со стороны металла на каждую элементарную площадку индентора ΔF действует элементарная сила Δp_i , направленная нормально к этой площадке.

2. Равнодействующая от элементарных сил будет равна равнодействующей от усилий выглаживания:

$$\bar{P} = \sum_{n=1}^{\infty} \bar{\Delta p}_i = \bar{P}_x + \bar{P}_y + \bar{P}_z, \quad (1)$$

где: P_x, P_y, P_z – составляющие усилия выглаживания.

Причем составляющая по оси z будет численно равна усилию, создаваемому упругим элементом выглаживающего устройства (см. рис. 3):

$$P_z = -P_{cm}, \quad (2)$$

3. Индентор движется с постоянной скоростью ($V=const.$). Следовательно, для упрощения решения задачи, достаточно рассмотреть движущийся индентор как тело радиусом R , покоящееся в канавке (см. рисунок). На тело действуют силы: P_z , прижимающая его к канавке и равнодействующая T , выталкивающая его из канавки. Очевидно, что тело сохранит устойчивое положение в том случае, если момент от силы P_z относительно точки A больше или равен моменту от силы T относительно точки A .

В плоскости XOY действует сила, равная:

$$\vec{T} = \vec{P}_x + \vec{P}_y \quad \text{или} \quad T = \sqrt{P_x^2 + P_y^2}, \quad (3)$$

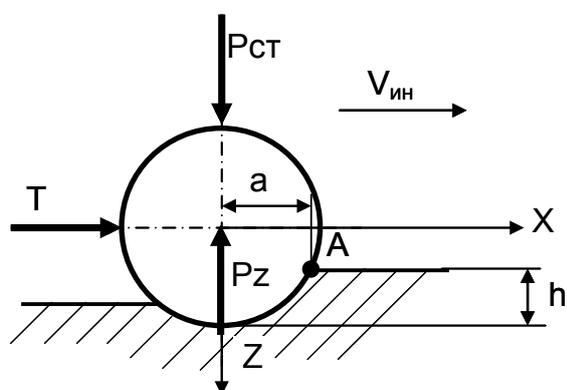


Рис 3. Расчетная схема.

Условие устойчивости запишется:

$$P_z a \geq T(R - h), \quad (4)$$

где: h – глубина внедрения индентора;
 a – расстояние от оси индентора до точки A , находящейся на границе площади контактной зоны.

Заключение

1. Основное влияние на появление вибраций в данной точке (при прочих равных условиях обработки) оказывают скорость выглаживания и подача. Увеличение подачи положительно сказывается на стабильности про-

цесса выглаживания, т.е. в большем диапазоне скоростей положение индентора устойчиво во время обработки.

2. Технологические расчеты по назначению безвибрационных режимов обработки ППД вследствие сложности процессов упруго-пластической деформации, протекающих в зоне контакта, затруднены. Поэтому предлагается упростить критерий расчета устойчивости процесса выглаживания или обкатывания деталей.

Литература

1. Кудинов В.А. Динамика станков. – М.: Машиностроение, 1967. – 360 с.
2. Телков И.А. Систематическая составляющая профиля шероховатости после поверхностно-пластического деформирования // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2011, № 1(8). – С. 73-76.
3. Телков И.А. Автоколебательные перемещения индентора в направлении скорости при поверхностном пластическом деформировании // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2012, № 2. – С. 73-76.

References

1. Kudinov V.A. Machine dynamics. – M: Mashinostroenie, 1967. - 360 p.
2. Telkov I.A. Regular component of the profile of the roughness after superficial plastic deformation // Engineering industry and life safety, 2011, № 1 (8). - P. 73-76.
3. Telkov I.A. Self-oscillatory movement of the indenter in the direction of the velocity at the surface plastic deformation // Engineering industry and life safety, 2012, № 2. - P. 73-76.

Статья поступила в редакцию 10 ноября 2012 г.

For modern production requires a high performance metal cutting and superficial plastic deformation (SPD). The process SPD at high speeds is accompanied by vibrations and processes of oscillatory. These processes reduce the quality of the machined surfaces. The transition from a stable position of the indenter for smoothing to the

vibrating almost unnoticeable. This is especially pronounced in the processing of materials such as aluminum, copper, titanium and their alloys. The results of experimental studies to determine the boundary of technological factors of machining, appropriate of sustainable process smoothing nonferrous metals. Describes a method of finding a simplified of stability criterion of the indenter for smoothing of parts of non-ferrous metals.

Keywords: fluctuation, stability.

Телков Иван Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»